



steanlab вчера в 01:52

Письмо химика 3D-печатнику. Растворители для пластмасс и защита от НИХ

3D-принтеры, DIY или Сделай сам, Здоровье гика, Лайфхаки для гиков, Химия

Tutorial

DIY посвящается...

Одним из наиболее часто задаваемых вопросов в моей консультационной практике являются вопросы связанные с растворением/склеивкой пластмасс с помощью всевозможных органических растворителей. В последнее время произошел настоящий всплеск интереса к химии высокомолекулярных соединений, связанный с появлением доступных 3D принтеров и необходимостью ориентироваться в «чернилах» для них (т.е. полимерных нитях-филаментах). Лишний раз убеждаюсь в том, что ни один, даже самый продвинутый «музей науки» с эффектным шоу не может так заставить IT-шника интересоваться пластмассами, как собственный 3D-принтер. Так что, читатель, если тебе хоть раз приходилось думать чем склеить пластмассу, которую не клеил default-ный суперклей, если мучали сомнения по поводу растворения поддержек свежееотпечатанной детали, да и просто интересно, чем можно отмыть клей от магазинного ценника на подарке — прошу под кат. Также настоятельно рекомендую страницу отправить в закладки не только тем, кто часто занимается склеиванием пластмасс, но и всем тем, кому час приходится работать с различными растворителями/разбавителями. Делалось для себя — подарено Хабру!



Как я уже писал пару раз в комментариях к своим статьям, в последнее время периодически у меня возникает мысль сделать себе «выставочный» стенд, на котором были бы представлены образцы пластмасс. Просто потому что практически каждый второй вопрос химического толка звучит «а что это за пластик». О чем это говорит, говорит о том, что возможности 3D печати привлекли такое внимание общества к пластикам, полимерам и т.п. какое не смогли бы сделать и сотни онлайн-популяризаторов науки. Ну и в целом, посматривая на эти тенденции можно смело констатировать, что будущее, будущее не столько за металлами, сколько за композитами и новыми видами полимеров. Так что, те кто сегодня задумывается над выбором химической специальности — рассмотрите этот вариант. Поэтому в очередной раз и ваш покорный слуга решил внести свою скромную лепту и рассказать о том, с чем мне постоянно приходится сталкиваться. Сегодня читаем про растворители для

пластмасс и особенности работы с ними. Для начала — небольшое теоретическое введение.

«Матчасть — та часть, что с матерком...»

Рассказать в двух словах о растворении полимеров не получится при всем желании, потому что тема это объемная и неоднозначная (можно да сказать «потянет на университетский курс», привет вам, Леонид Петрович Круль, отдаю долг за 8-ку по ВМС). Неплохой (читай учебный) обзор для людей с достаточно высоким уровнем технической (химии и инженеры) грамотности можно почитать [здесь](#). О процессе растворения будет сказано ниже, пока же пару слов о выборе растворителя (или почему что-то растворяет пластик, а что-то — нет).

В целом, подбор подходящего растворителя производится двумя методами:

1. Используя [параметры растворимости Гильдебранда](#). Такой расчет применяется, если полимер (p) и растворитель (s) имеют одинаковый параметр полярной и водородной связи, тогда работает следующее простое правило:

$|\delta_s - \delta^p| \leq 3.6 \text{ МПа}^{1/2}$

В качестве примера приведу параметры Гильдебранда для некоторых полимеров:

HILDEBRAND PARAMETER OF SOME POLYMERS		
Compound	Exper. $\delta_h \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$	Predicted $\delta_h \text{ (J/cm}^3)^{1/2}$
Polyethylene (PE)	16.8	16.5
Polycarbonate (PC)	20.0	20.3
Poly(tetrahydrofuran) (PTMO)	18.3	18.1
Poly(caprolactone) (PLC)	19.9	19.8
Poly(ethylene sulfide)	18.8	19.7
Poly(ethylene terephthalate) (PET)	21.9	22.0

Кто хочет проверить себя — может на досуге посчитать растворимость :). Искать константы можно и нужно вот в этой книге. Важно отметить, что параметры Гильдебранда полезны только для неполярных и слабополярных смесей в отсутствие водородных связей (дипольный момент <2 D (Дебая). Для остальных случаев используется метод 2.

Примечание: для тех, кто традиционно «знал, да забыл», напоминаю, что по нормам IUPAC (что за они — смотреть в статье про таблицу Менделеева) растворители качественно сгруппированы в неполярные, полярные апротонные и полярные протонные растворители, для разделения на группы которых, часто используется их диэлектрическая постоянная. Чаще всего протонный растворитель представляет собой растворитель, который имеет атом водорода, связанный с кислородом (как в гидроксильной группе), азотом (как в аминогруппе) или фтором (как во фтористом водороде). В целом, любой растворитель, который содержит подвижный H⁺, называется протонным растворителем. Молекулы таких растворителей легко отдают протоны (H⁺) другим реагентам. И наоборот, апротонные растворители протоны отдавать не могут, так как H⁺ не содержат. Они обычно имеют большие диэлектрическую проницаемость и высокую полярность. На картинке ниже приведены примеры распространенных растворителей, разбитых на классы.

Растворитель	Химическая формула	Ткип	Диэлектрическая постоянная	Плотность	Дипольный момент (D)
Неполярные растворители					
Гексан	CH ₃ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₃	69 °C	2	0.655 г/мл	0.00 D
Бензол	C ₆ H ₆	80 °C	2.3	0.879 г/мл	0.00 D
Толуол	C ₆ H ₅ CH ₃	111 °C	2.4	0.867 г/мл	0.36 D
1,4-диоксан	(CH ₂ CH ₂ O) ₂	101 °C	2.3	1.033 г/мл	0.45 D
Хлороформ	CHCl ₃	61 °C	4.8	1.498 г/мл	1.04 D
Диэтиловый эфир	(CH ₃ CH ₂) ₂ O	35 °C	4.3	0.713 г/мл	1.15 D
Полярные апротонные растворители					
Дихлорметан (DCM)	CH ₂ Cl ₂	40 °C	9.1	1.3266 г/мл	1.60 D
N-метилпирролидон	CH ₃ NC(O)C ₃ H ₆	202 °C	32.2	1.028 г/мл	4.1 D
Тetraгидрофуран (THF)	C ₄ H ₈ O	66 °C	7.5	0.886 г/мл	1.75 D
Этилацетат (EtOAc)	CH ₃ CO ₂ CH ₂ CH ₃	77 °C	6	0.894 г/мл	1.78 D
Ацетон	CH ₃ C(O)CH ₃	56 °C	21	0.786 г/мл	2.88 D
Диметилформамид (DMF)	HC(O)N(CH ₃) ₂	153 °C	38	0.944 г/мл	3.82 D
Ацетонитрил (MeCN)	CH ₃ CN	82 °C	37	0.786 г/мл	3.92 D
Диметилсульфоксид (DMSO)	CH ₃ S(O)CH ₃	189 °C	47	1.092 г/мл	3.96 D
Пропиленкарбонат (PC)	C ₄ H ₆ O ₃	242 °C	64	1.205 г/мл	4.90 D
Полярные протонные растворители					
Муравьиная кислота	HCO ₂ H	101 °C	58	1.21 г/мл	1.41 D
n-бутанол	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₂ OH	118 °C	18	0.810 г/мл	1.63 D
Изопропанол (IPA)	(CH ₃) ₂ CH(OH)	82 °C	18	0.785 г/мл	1.66 D
Нитрометан	CH ₃ NO ₂	101 °C	35.87	1.1371 г/мл	3.56 D
Этанол (EtOH)	CH ₃ CH ₂ OH	79 °C	24.55	0.789 г/мл	1.69 D
Метанол (MeOH)	CH ₃ OH	65 °C	33	0.791 г/мл	1.70 D
Уксусная кислота (AcOH)	CH ₃ CO ₂ H	118 °C	6.2	1.049 г/мл	1.74 D
Вода	H ₂ O	100 °C	80	1.000 г/мл	1.85 D

Возвращаемся к подбору растворителя. Как я уже писал, если Гильдербрант не подошел — используем Хансена.

2. Используя параметры растворимости Хансена, для каждого растворенного вещества можно составить приблизительный сферический «объем» растворимости с радиусом R. Только растворители, которые имеют параметры растворимости Хансена в этом объеме, могут растворять данный полимер:

$$[4(\delta_{d2} - \delta_{d1})^2 + (\delta_{p2} - \delta_{p1})^2 + (\delta_{h2} - \delta_{h1})^2]^{1/2} \leq R$$

Радиус взаимодействия R зависит от типа полимера. Значения R обычно находятся в диапазоне от 4 до 15 МПа^{1/2}. Параметры Хансена, необходимые для расчета растворимости своей системы можно найти в этой [книге](#). Для наглядности на картинке ниже приведены параметры Хансена (по аналогии с Гильдербрантом) для некоторых широко используемых полимеров.

AVERAGE PARTIAL SOLUBILITY PARAMETERS, MPa ^{1/2}			
Compound	δ_p	δ_d	δ_h
Poly(vinylchloride), PVC	8.8	18.6	5.8
Polychloroprene, Neoprene	4.3	19.5	3.1
Polyethylene, PE	0.0	17.6	0.0
Poly(isobutylene)	2.5	16.2	4.3
Polypropylene	0.0	18.0	0.0
Nylon 6,6	5.1	18.2	13.7
Poly(1,4-butadiene)	2.3	17.3	2.6
Polyisoprene	1.1	16.9	-0.4
Poly(ethylene terephthalate), PET	7.3	18.2	7.9
Poly(ethyl methacrylate), PEMA	7.8	17.9	3.4
Poly(methacrylic acid)	12.5	17.4	16.0
Poly(methyl methacrylate), PMMA	10.5	18.8	5.7
Poly(acrylonitrile), PAN	15.1	20.0	7.9
Polystyrene, PS	5.9	18.7	3.5
Polysulfone	8.8	18.7	6.1
Poly(vinyl alcohol), PVOH	12.5	17.5	10.0
Poly(vinyl acetate)	11.3	20.9	9.7
Poly(vinyl butyrate), PVB	4.4	18.6	13.0
Poly(vinyl butyral)	9.5	19.1	8.0
Poly(tetrafluoroethylene), PTFE	0.0	14.0	0.0

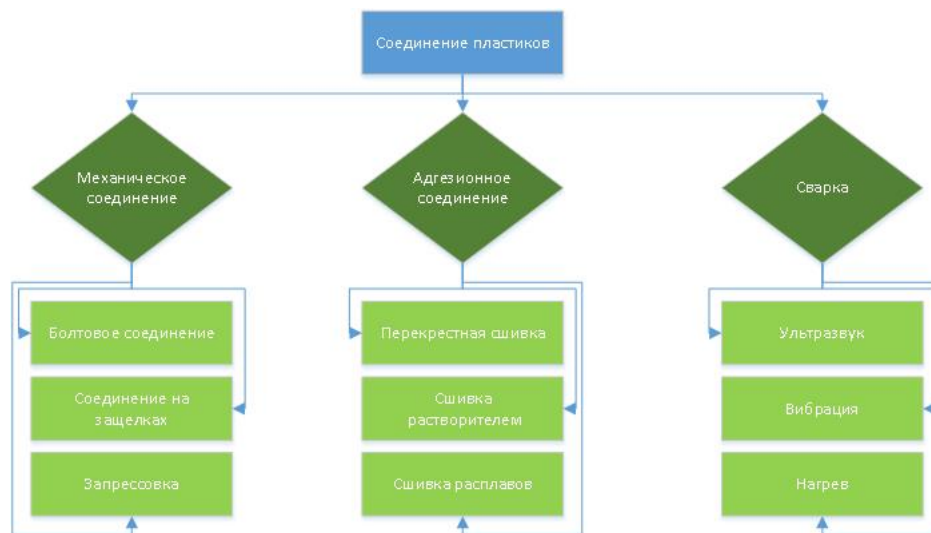
Если вдруг кому-то действительно будет нужно проводить целенаправленный скрининг растворителя для своего полимера по методу Хансена, рекомендую обратить внимание на программу HSPiP, которая отлично с этой задачей справляется. По [ссылке](#) — обзор и описание работы.

В целом можно сказать следующее. Во-первых, «золотое правило растворения» — *подобное растворяется в подобном* — работает и для полимеров. Т.е. соединения со сходной химической структурой более склонны к растворению, чем соединения с разной структурой. Во-вторых, чем выше молекулярная масса полимера, тем ближе должен быть параметр растворимости растворителя и полимера для растворения полимера в растворителе. Для линейных и разветвленных полимеров график зависимости растворимости от параметра растворимости для ряда растворителей достигнет максимума, когда параметры растворимости (Хансен/Гильдербрандт) растворенного вещества и растворителя совпадают. В случае сшитого полимера объем набухания, то есть поглощение растворителя, достигнет максимума, когда параметры растворимости растворителя совпадают с параметрами полимера. В третьих, параметры растворимости полимеров не сильно изменяются с температурой, тогда как параметры низкомолекулярных соединений часто заметно уменьшаются с повышением температуры, поэтому чем выше молекулярная масса полимера, тем ближе должен быть параметр растворимости растворителя для растворения полимера в растворителе.

Ладно, надеюсь утомил читателя не сильно. Спешу перейти от теории к практике.

Химическая сварка пластмасс

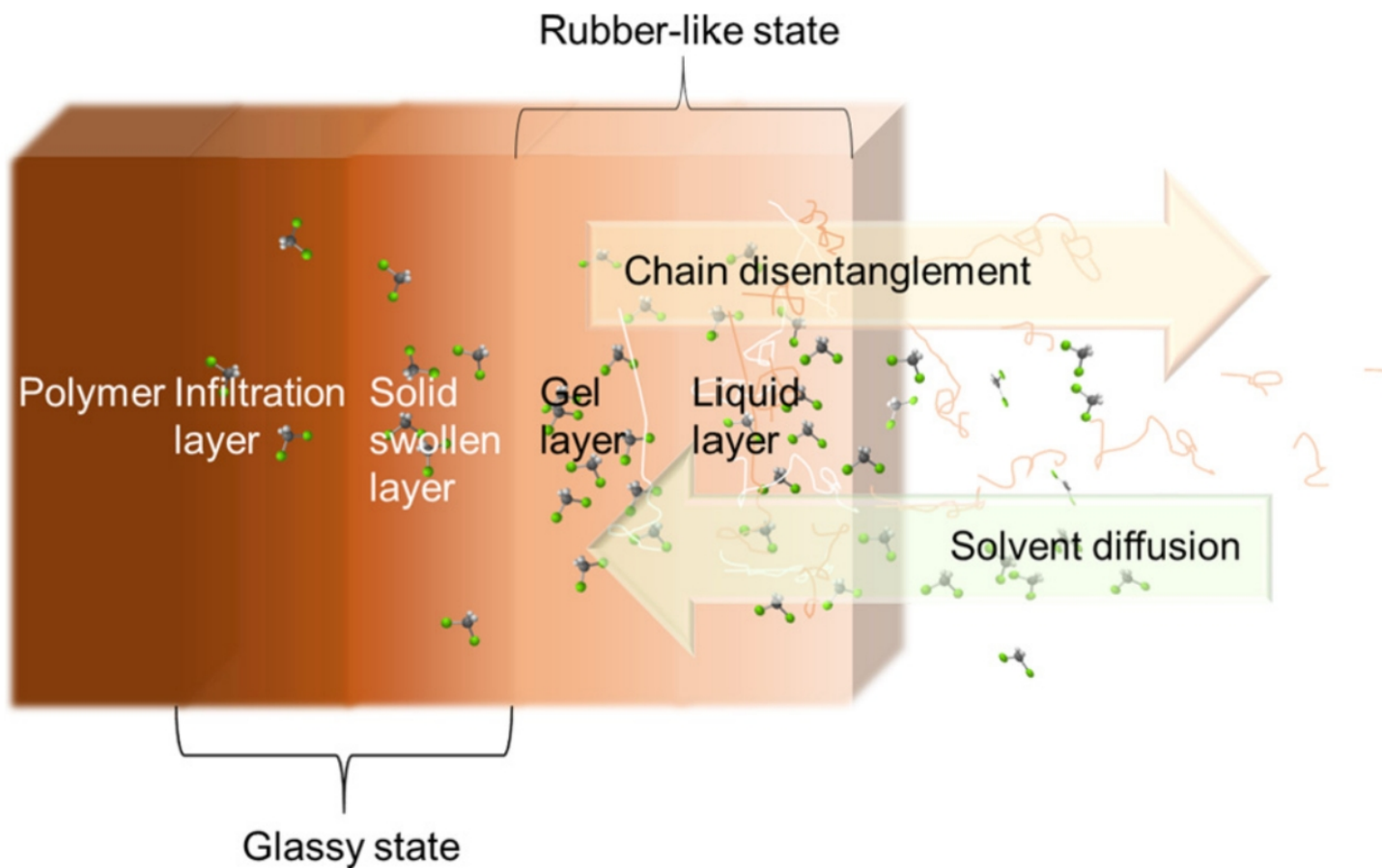
Традиционно, в случае если вдруг понадобилось сростить несколько кусков пластика используют различные методы. Некоторые из них показаны на картинке:



В промышленности часто используется либо сварка основанная на физических методах (вроде ультразвуковой или лазерной), либо механическое соединение. Гораздо реже применяют адгезионные методы соединения (клеи, расплавы или растворы полимеров). Такие методы применяются при сборке пластиковых витрин в магазинах, склейке различных аквариумов, кофров и чехлов. Но самыми наверное популярным пользователем данного метода является DIY-ер, или по-нашему, самодельщик. Еще со времен СССР изобретатели и просто рукастые граждане всех мастей клеили корпуса своих поделок из оргстекла и дихлорэтана. С приходом в нашу жизнь доступных 3D принтеров растворы полимеров получили вторую жизнь в виде подпорок, которые создаются при печати и которые в готовом изделии нужно как-то удалять. Не всегда это возможно (и целесообразно) делать механически, поэтому часто в дело вступает его величество «Растворитель пластмасс».

Примечание: если говорить за себя, то несмотря на возможность напечатать модель на 3D принтере, я до сих пор по-старинке клею оргстекло, когда нужно сделать коробочку или что-то подобное (без кривых Безье). На КДПВ, кстати, как раз и показан пример такой «сиюминутной! вещи» которая на скорую руку клеилась красным раствором оргстекла (PMMA) из колбочки.

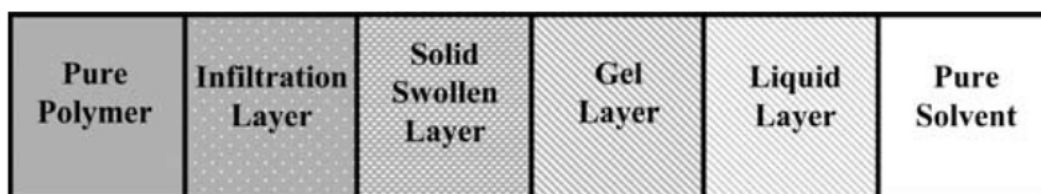
Итак, химическая сварка пластика — это процесс объединения размягченных с помощью растворителя поверхностей пластмассы. Растворитель временно переводит полимер в «разреженное» при комнатной температуре состояние. Когда это происходит, полимерные цепи могут свободно перемещаться в жидкости и могут смешиваться с другими такими же растворенными цепями. По прошествии некоторого времени растворитель за счет диффузии и испарения будет проникать через полимер и мигрировать в окружающую среду, а полимерные цепи — будут уплотняться (~упаковываться) и терять свою подвижность. Застывший клубок спутанных цепей полимеров — это и есть сварной шов при таком типе сварки. Графически механизм процесса растворения пластика показан на картинке ниже:



Обычно нормальное растворение включает в себя стадию проникновения растворителя, стадию набухания полимера и стадию диффузии полимера в растворитель. Изначально застеклованный полимер содержит множество микроканалов и отверстий молекулярных размеров (приходящихся на т.н. инфильтрационный слой).



При контакте с растворителем, последний заполняет эти каналы и отверстия и запускает процесс диффузии (новые каналы при этом не образуются). Схематически такой поверхностный слой растворяющегося полимера выглядит так (грубо говоря, «клей» = гелеобразная масса, т.ч. что находится посередине между твердым полимером и жидким растворителем):



С механизмом, надеюсь, все более или менее понятно, настало время перейти к конкретике «что и чем». В теоретической части я кратко

попытался объяснить, как происходит процесс скринга растворителя для конкретного типа полимера. Т.е. универсальной и всеобъемлющей таблицы для растворения полимеров пока нет.

А тема эта актуальна. Подтверждением является тот факт, что достаточно часто на страницах различных тематических ресурсов (DIY, 3D, радиолюбительские и т.п.) с заметной периодичностью появляются вопросы вроде «чем обрабатывать»/«чем клеить»/«как растворить» тот или иной вид пластика. Интересно, что в большинстве случаев ответы дают люди с химией полимеров (ВМС) знакомые судя по всему достаточно слабо. В итоге возникает еще больше путаницы и «простора для творчества» всевозможных дилетантов, продавцов и прочих мракобесов. Теря же деньги и время, традиционно, ни в чем не повинные пользователи. Так что, смотрим таблицу ниже и мотаем на ус.

ПЛАСТИК	ОБОЗНАЧЕНИЕ	Растворитель														
		Ацетон	Циклогексанон	N,N-диметил формамид (ДМФА)	Этилацетат	Дихлорэтан	Дихлорметан	Ледяная уксусная кислота	Метилэтилкетон	2-метокси этанол	N-метил пирролидон	O-дихлорбензол	Тетрахлорэтилен	Тетрагидрофуран (ТГФ)	Толуол	Метанол
Акрилонитрил-бутадиен-стирол	ABS	Н														
Акрил	PAA, PAK, PMMA, AMMA, MMA															
Ацетилцеллюлоза	CA, CAB, CAP, CTA															
Полиарилэфир	PAE, PPE															
Полиарилсульфон	PAES. PES. PSU, PAS															
Поликарбонат	PC															
Полистирол	PS, EPS, XPS, OPS, HIPS															
Полисульфон	PSU															
Поливинилхлорид	PVC															
Полифениленоксид	PPO															
Стирол-акрилонитрил	SAN															
Винилиденхлорид	PVDX															
Полиамид (нейлон)	PA	Муравьиная кислота, фенол, резорцин, водный или спиртовой раствор крезол, спиртовой раствор хлорида кальция (CaCl ₂)														

Темный квадрат в таблице на пересечении линий «полимер»-«растворитель», говорит о том, что химическую сварку с использованием данных компонентов провести представляется возможным. Примечание: квадратик на пересечении «ABS»-«ацетон» — с буквой **Н**, потому что именно хабра-сообщество убедило меня в том, что ABS клеит в основном ацетоном (у меня ацетон растворял ABS, но потом склеить этим раствором ничего не получалось, ибо крошился).

Если с вопросом наличия пластика проблем, как правило, не возникает, то достаточно часто возникает проблема с наличием нужного растворителя. Каждый выкручивается в меру своих возможностей — кто-то просто заказывает необходимые растворители, кто-то ищет их на блошином рынке, ну а кто-то пытается эмпирическим методом подобрать из того, что продается в магазинах. Под спойлером, если что, состав имеющихся в продаже растворителей для лаков и красок (взято с chemister).

Где взять сварочные электроды для пластмассы ?

На заметку: добавлю от себя пару слов про полимеры, не попавшие в таблицу. Конечно же это любимый «народный» филамент — **PLA**, который растворяется лучше всего в полярных апротонных растворителях: пиридин, N-метилпирролидон, этилацетат, пропиленкарбонат, диоксан, диоксан, дихлорметан, хлороформ, ацетон (??-зависит от производителя PLA-филамента и содержащихся внутри «присадок», это же актуально для других полимеров), нитробензол, ацетонитрил, диметилацетамид и т.д. Перспективный 3D полимер **PEEK** (он же полиэфиркетон) замечательно растворяется в 4-хлорфеноле (более жесткий вариант — смесь 80% хлороформа и 20% дихлоруксусной кислоты). Хлорфенолам (не только 4-, но и 2-хлорфенолом) можно растворить также и широко распространенный и горячо любимый **PET**. По просьбам читателей, упомяну и достаточно новый полимер PET-ряда, так называемый PETG (полиэтилентерефталат-гликоль). Как и старший брат, этот полимер устойчив к ряду доступных широко используемых компонентов, растворяется только в HFIP (гексафторпропанол). Мягкий и податливый **TPU** (термопластичный полиуретан), как и другие полиуретаны можно растворить в N,N-диметилформамиде (ДМФА), тетрагидрофуране, этилацетат циклогексаноне, диметилацетамиде. Кстати, монтажная пена, это тоже полиуретан. Не смотрел что находится в составе специальных жидкостях для промывки пистолетов для монтажной пены, но подозреваю, что какой-то из упомянутых компонентов там точно есть. Полимер **PCL**

(поликапролактон) растворяется в анизоле, 2,2,2-трифторэтанол, N,N-диметилформамиде, метилпирролидоне, тетрагидрофуране, дихлорметане, ацетоне, хлороформе и ДМСО (диметилсульфоксид, он же продающийся в аптеке «Димексид»). **PDMS** (полидиметилсилоксан) широко используемый для прототипирования (особенно в научных учреждениях, имеющих отношение к микро- и нанофлюидике) растворяется помощью ледяной уксусной кислоты. Кстати, подобными свойствами обладают и многие другие силиконы, начиная от строительного двухкомпонентного, и заканчивая теми, на которые клеят стикеры с ценами (поэтому смыть остатки клея от ценника с ABS пластика, например, продуктивнее всего получится с использованием какой-нибудь уксусной эссенции). Ну и в завершение немного экзотики. EVA (этиленвинилацетат), PP (полипропилен), PE (полиэтилен, LD/HD) растворяются в 1,2,4-трихлорбензоле, а PVP (поливинилпирролидон) — в диметилацетамиде.

Техника безопасности при работе с растворителями

Так как растворители, мягко говоря, это вам не аромат цветущей сакуры, то и вопрос техники безопасности при работе с ними на повестке дня имеется. Печально наблюдать, как молодые ребята без всяких средств защиты иногда работают кто с ацетоном, кто с хлороформом, а кто-то даже с бензолом. А правила ТБ, они, как известно, «писаны кровью»...

Основные пути попадания растворителей в организм человека (и их паров) — через органы дыхания и через кожные покровы. Всякие девиации (вроде приема внутрь) я не рассматриваю, потому как человек в здравом уме никогда не будет пить бензол. Упомянутые реагенты обладают преимущественно наркотическим действием, оказывают выраженное раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей и конъюнктиву глаза, умеренное — на кожу. Лучшая защита от них — работать в условиях приточно-вытяжной вентиляции, в специальных боксах. Если дело происходит в специализированных мастерских или лабораториях, то чаще всего там уже есть вытяжной шкаф.



Если невозможно устроить необходимую вентиляцию, работающих с органическими растворителями снабжают средствами индивидуальной защиты: респираторами, противогазами, кислородно-изолирующими приборами и т.п. (в зависимости от концентрации паров). В целом, пары растворителей замечательно сорбируются активированным углем (и многими другими сорбентами) не даром раньше некоторые растворители активно использовались для оценки сорбционной способности материала (т.н. «эксикаторный метод»). Я лично «имел честь» проверять сорбционную способность углей по поглощению ими тетрахлорметана CCl_4 . Большую часть паров сможет задержать противогаз с коробкой класса А или маска-респиратор с аналогичным фильтрующим патроном. Вроде такой:



Важно в описании искать что-то вроде "защищает от паров органических соединений (бензин, керосин, ацетон, бензол и его гомологи, ксилл сероуглерод и др.), фосфор- и хлорорганических ядохимикатов, пыли, дыма, тумана". Но к такой маске желательно еще и герметичные очки, стекла которых от запотевания натерты раствором, в состав которого входит желатин, сахар и вода в соотношении 2:20:50. Лучше конечно при наличии денег сразу взять какой-нибудь противогаз промышленный фильтрующий или маску защитную панорамную и убить двух зайцев (=съэкономить на очках).

Мой любимый защитный едип (после тяги)

Упомянутая уже панорамная маска (отличная обзорность после противогаза из СССР)



Она же, но с другой стороны



И моя гордость, фильтрующая коробка с защитой от паров ртути.



Следующим после органов дыхания слабым местом при работе с растворителями являются открытые участки кожи. Если лицо спрятано под противогаз — остаются руки. Многие растворители отлично впитываются через кожу (толуол, тетрагидрофуран) и способны вызывать сильнейшие дерматиты и экземы (бензол, хлористый метилен, хлороформ и т.д.). Поэтому оптимальным вариантом будет а) использование защитных перчаток (перчатки из поливинилового спирта — для хлорорганики, все остальные, вроде латексных или нитриловых — годятся толы для спиртов, кетонов), б) применение специальных защитных мазей и паст. Выполняя работы с ароматическими растворителями (толуол, бензол, сольвенты, ксилолы) используют пасты: ИЭР-1, ХИОТ-6, ПМ-1, ЯЛОТ. При работе с нафтеновыми, парафиновыми и смешанными растворителями — ЯЛОТ, ХИОТ-6, ИЭР-1. Составы этих проверенных временем мазей (часто называемых еще «биологические перчатки») приведены на картинке ниже.

Наименование материалов	Паста ХИОТ-6	Мазь Селисского	Паста ЯЛОТ	Мазь КМЦ	Паста ИЭР-1	Паста завода Заря	Мазь МИКОЛАН	Паста ПВС	Паста ПМ-1
	Состав мазей (в весовых частях)								
Желатин пищевой	2,4	1,9	—	—	—	—	—	—	2,0
Крахмал пшеничный или картофельный	5,6	14,1	—	—	—	—	—	—	14,0
Растительное или минеральное масло	—	9,4	—	—	—	—	—	—	7,5
Касторовое масло	—	—	19,6	—	—	—	—	—	—
Карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ)	—	—	—	3,9	—	—	—	—	—
Воск пчелиный	—	—	—	—	—	20,0	—	—	—
Ланолин — экстрагированный (безводный)	—	—	—	—	—	—	10,0	—	—
Поливиниловый спирт	—	—	—	—	—	—	—	100,0	—
Глицерин медицинский	7,2	14,1	—	11,7	10,0	40,0	—	25,0	12,6
Тальк	—	21,1	1,2	7,8	—	—	—	—	8,2
Мыло ядровое	—	—	39,6	—	—	—	—	—	—
Мыло хозяйственное (<40 %)	—	—	—	—	—	—	10,0	—	—
Мыло натриевое (строго нейтральное)	—	—	—	—	12,0	—	—	—	—
Жидкость Бурова	20,0	—	—	—	—	—	—	—	—
Бензойная, салициловая или борная кислота(консервант)	—	1,9	—	—	—	—	—	—	0,3
Белая глина (каолин)	—	—	—	7,8	40,0	—	30,0	—	10,1
Вода	8,0	37,5	39,6	68,6	38,0	40,0	50,0	500,0	43,6

Ну и буквально пару слов про одежду. В обычных условиях что-то экстраординарное вроде военного костюма химической защиты применять смысла нет. Для защиты тела вполне достаточно спецодежды (халата) из хлопчатобумажной ткани. В случае особо агрессивной хлорорганики или ароматики к этому добавляют фартук/накидку с ПВХ/ПВА или резиновым/неопреновым покрытием.

Примечание: в Европе даже существует специальная организация ECSA — **E**uropean **C**hlorinated **S**olvents **A**ssociation (Европейская ассоциация по хлорированным растворителям), которая ежегодно выпускает свои бюллетени, в которых подробно описывает необходимые средства защиты при работе с подобными растворителями, материалы, инструменты и т.п.

Подытоживая можно сказать, что в случае соблюдения описанных правил — работать с растворителями будет не только интересно, но и безопасно. На сим откланиваюсь, с растворами полимеров закончено.

P.S. Под спойлером — таблица с ПДК/описанием физиологического действия распространенных растворителей. Взято из справочника *Дринбер С.А. Растворители для лакокрасочных материалов* за 1986 год. Так что читайте, но проверяйте на факт соответствия современным реалиям (в плане точности ПДК, наврядли оно могло увеличиться, а вот уменьшится — вполне).

Важно! если своего растворителя в таблице вы не нашли, настоятельно рекомендую воспользоваться базой TOXNET (Hazardous Substances Data Bank — База данных опасных веществ под эгидой Национальной медицинской библиотеки США) и посмотреть там.

Растворители. ПДК&воздействие на организм

Сергей Бесараб (Siarhei V. Besarab)

Использованные источники

Теги: DIY, 3D печать, 3D, в чем растворить, растворитель пластмасса, ПЛА, ацетон, АБС, HIPS, хипс, принтеры, ПДК растворители, LD50, solvent, BMC, высокомолекулярные соединения, полимеры, пластмассы, Гильдебранд, полярные растворители, апротонные, протонные, неполярные, Хансен, сварка пластмасс, соединение, поддержки, филамент, стеклование, гелеобразование, цепи полимеров, ABS, PMMA, акрил, поликарбонат, полистирол, ПВХ, PVC, SAN, PA, нейлон, акрилонитрил, PLA, PET, TPU, PCL, полиуретан, тетрагидрофуран, диметилформамид, диметилсульфоксид, хлороформ, дихлорметан, дихлорэтан, оргстекло, уксусная кислота, силикон, PDMS, муравьиная кислота, вытяжной шкаф, защита органов дыхания, противогаз, панорамная маска, поливиниловый спирт, хлорорганика, ароматика, бензол, толуол, ХИОТ-6, ЯЛОТ, ИЭР-1, МИКОЛАН, ПМ-1, полипропилен, полиэтилен, PP, HDPE, LDPE, диметилсилоксан, TOXNET, Hazardous Substances Data Bank



256,2

Карма

140,5

Рейтинг

259

Подписчики

Сергей Бесараб (Siarhei V. Besarab) @steanlab

Химик, турист, авантюрист и радиолобитель :)

Facebook

Поддержать автора

Отправить деньги

Поделиться публикацией

ПОХОЖИЕ ПУБЛИКАЦИИ

12 апреля 2019 в 12:15

В гонке за качеством побеждает HandySCAN 3D

↑ +7

👁 1,2k

🔖 4

💬 1

5 апреля 2019 в 11:00

Фероподы не помогут: исследование и математическое моделирование ям-ловушек личинок муравьиных львов

↑ +34

👁 8,9k

🔖 31

💬 6

5 апреля 2019 в 10:34

Темы Top 3D Expo 2019: «Анизопринтинг – технология производства композитных конструкций нового поколения», Федор Антонов

↑ +5

👁 725

🔖 6

💬 0

ВАКАНСИИ

Мой круг



Разработчик Unity 3D

ЛАНИТ · Москва

от 80000 до 175000 ₽



Программист OpenGL ES/3D

YoWindow · Возможна удаленная работа

от 200000 ₽



Программист Unity 3D / AR VR разработчик

Yode Group · Ростов-на-Дону · Возможна удаленная работа

от 50000 до 80000 ₽



iOS разработчик в приложение с аватарами (ML, AR, CV)

Chudo Messenger · Москва

от 140000 до 230000 ₽



Профессиональный Yii2-разработчик в сложный проект для буровой компании

Студия Нирвана · Возможна удаленная работа

от 100000 ₽

Все вакансии

Комментарии 140

-  Meklon

вчера в 02:41



 +4

Спасибо, очень круто. С содроганием вспомнил, как из-за косяка с монтажом вытяжки у нас полбанки разлитого ортоксипола улетело в общий коридор по трубам. Вообще, крайне советую обратить внимание на описанную защиту. Печень отпадает от этой дряни очень быстро.
-  steanlab

вчера в 11:19



 +1

Спасибо! Абсолютно верное замечание. Я специально не писал про медицинские эффекты растворителей ароматического ряда и хлорорганики, потому что они обширны, долгоиграющи и плачевны. В основном за счет метаболитов...
-  inoyakaigor

вчера в 22:08



 0

Спрошу тут повыше, а то потеряется:

чем можно отмыть клей от магазинного ценника на подарке

Так чем же?
-  CactusKnight

сегодня в 00:30



 0

Вы сразу уточняете, из чего сделан подарок — а то, не ровен час, вместе с клеем смоется и подарок.
-  steanlab

сегодня в 00:38



 0

уксусом :)
-  iprudnikov

сегодня в 10:38



 0

Маслом, тем же растительным
-  CactusKnight

вчера в 14:19



 +1

Я помню, в универе разбили бутылку с бромом — вот это была самая жесьть за все мои годы работы
-  steanlab

вчера в 15:22



 +1

не дай бог это называется. я хватанул в свое время молекулярного хлора — хватило надолго впечатлений. Бром (и иод, кстати тоже) несмотря на меньшую склонность к испарению — все те же, «проверенные» галогены и примерно одинаково «бодрят». На моей памяти нечаянно раздавили ногой ампулу с бромом в комнате.
-  sim2q

сегодня в 02:02



 0

Помню как то гулял по заброшке в детстве, слышу топот... Мимо проносится стайка ~~пионеров~~ ребятишек, кто-то закрывает лицо шарфом. Стало любопытно...

Захожу в комнату а там пятна на полу и специфический бурый туман. Красиво, но пришлось быстро ретироваться... Про бутылку речи не шло конечно, там едва десятки грамм на большую комнату с выбитыми стеклами, но находится не смотря на зиму — невозможно
-  natan555

вчера в 03:15



 +1

Спасибо, а можете предложить чем можно склеить (заделать трещину) в меламиновой чашке?
-  steanlab

вчера в 11:17



 0

попробуйте меламиновую губку растворить в ДМСО (аптечный «димексид») и залить трещину из шприца этим раствором
-  anton19286

вчера в 06:29



 0

А первый метод вообще применим? Для полистирола, например $\delta_h = 3.5 \text{ МПа}^{1/2}$, а для МЭК 9.2 кал/см³, то есть почти 40 МПа.
-  steanlab

вчера в 11:21



 0

Ну он существует и иногда используется, с 2000-х годов чаще используют метод Хансена. И то, в основном при приготовлении различных тонких пленок и т.п.

 **genseq** вчера в 08:02  

 +1

Буду признателен, если подскажете способ определения вида пары пластмасс (одна — чёрная; другая — прозрачная), из которых состоит ячейка нанопорового секвенатора:

habr.com/ru/post/408139

Дело в том, что эта парочка норовит раствориться как в гексане, так и в декане, которые заливаются в ячейку секвенатора. А заливать их приходится для формирования на сенсорных лунках этой ячейки липидного бислоя. Правда, фторуглероды эти пластмассы не растворяют. Но всё равно хотелось бы разобраться с видом пластмасс, поскольку знание — сила.

 **stealab** вчера в 11:23    

 +2

Реверс-инжиниринг пластмасс — дело не для слабых духом :) Проба растворителем — это скорее эмпирический подход, когда есть данные ИК хотя бы.

 **CactusKnight** вчера в 13:23    

 +1

Самый простой способ — найти знакомого в любом институте, где есть хотя бы простейший ИК-Фурье спектрометр, на котором за 30 секунд можно получить спектры обоих пластмасс и быстро прикинуть их тип

 **stealab** вчера в 13:53    

 +2

Да, согласен. Ещё многое зависит от актуальности баз ИК-Фурье. Но однозначно это то, с чего стоит начинать. Дальше уже идет рутина в виде вязкостных измерений, ДТА/ТГ, рентгена даже иногда. Кропотливый труд, особенно в случае если дело имеет с rocket science полимерами и мембранами (вроде тех же нанопоровых секвенаторов).

 **CactusKnight** вчера в 14:12    

 +2

Для определения основы — хватит и простейшей базы на пару сотен полимеров. А вот полный разбор компонентов, включая анализ всяческих добавок (которые обычно и составляют ноу-хау производителя) — это да, уже отдельная песня с привлечением ЯМР-, масс-спектропии и прочих дорогостоящих методов

 **CactusKnight** вчера в 17:35    

 +2

К слову, о базах, вдруг кому пригодится — Bio-Rad без проблем дает двухнедельный триал-доступ к полному перечню своих спектральных баз данных (в рамках приложения Know It All). Только электронный адрес для регистрации должен быть приватным, на публичные серверы регистрацию не сделать

 **stealab** вчера в 18:15    

 0

отличный совет!

 **genseq** вчера в 14:14    

 0

Спасибо. Буду искать.

 **stealab** вчера в 14:20    

 +2

Уходите вы лучше с полимерных секвенаторов на твердотельные :) (мысли вслух адсорбционщика)

 **Neuromantix** вчера в 09:10  

 +2

До эпохи 3-д печати о дихлор**метане** никто и не слышал, наверное (кроме химиков), все клеили дихлор**этаном**.

 **stealab** вчера в 11:25    

 +1

Да, вы правы, клеили дихлорэтаном. Замыливается рука, потому что я давным давно отказался от дихлорэтана и настоятельно рекомендую всем последовать моему примеру. Эффективность растворения/склеивания не отличается, а токсичность — на порядок меньше.

 **SergeyMax**  вчера в 11:53    

 0

а токсичность — на порядок меньше

LC50 Inhalation:

Ethylene dichloride — 7.8 mg/l (Rat) 4h

Methylene chloride — 76000 mg/m3 (Rat) 4 h

Кроме того, у дихлорметана температура кипения гораздо меньше, в результате чего испаряется он прямо-таки на глазах, и его концентрация на рабочем месте получается соответствующая.



 **steianlab**  вчера в 12:09    

 +1

Дихлорметан — ирритант, дихлорэтан-канцероген. Вот и вся разница, которую нужно знать имхо...

ДХМ

LC50

24,929 ppm (rat, 30 min)

14,400 ppm (mouse, 7 hr)

LCLo

5000 ppm (guinea pig, 2 hr)

10,000 ppm (rabbit, 7 hr)

12,295 ppm (cat, 4.5 hr)

14,108 ppm (dog, 7 hr)

ДХЭ

LC50

3000 ppm (guinea pig, 7 hr)

1000 ppm (rat, 7 hr)

LCLo

1217 ppm (mouse, 2 hr)

1000 ppm (rat, 4 hr)

3000 ppm (rabbit, 7 hr)

 **SergeyMax**  вчера в 12:17    

 0

Дихлорметан — ирритант, дихлорэтан-канцероген

Ну это уж слишком манипуляция. Канцероген — не значит, что вдохнул, и заболел раком. Канцерогенное воздействие накапливается за годы, или даже десятилетия, и применимо к случаям, когда человек постоянно работает на производстве, связанном с использованием канцерогенного вещества. Точно так же, как асбест вызывает силикоз лёгких, но не у тех, у кого он в электроплите намотан, а у тех, кто каждый день в шахте отбойным молотком его из земли выковыривает.

 **steianlab**  вчера в 12:29    

 +1

я уже писал про канцерогены в своих фитохимических статьях. если кратко — это рулетка. Где-то может повезти и человек всю жизнь проработает с канцерогеном, а где-то будет достаточно один раз вдохнуть. Какой вариант будет в конкретном случае — не знает никто. Но береженого и бог бережет...

Асбест — не вызывает силикоз, силикоз вызывает мелкодисперсный *кристаллический* кремнезем (SiO₂, аморфный — не вызывает, кстати И страшен не асбест, а его микроволокна-иглы (!), способные необратимо фиксироваться в ткани легких и образовывать вокруг себя «гранулемы», в потенциале способные к перерождению в онко-... Как-то так, если кратенько.

 **SergeyMax**  вчера в 12:47    

 0

в потенциале способные к перерождению в онко-

Да, в потенциале, и способные. За сорок лет способные с вероятностью 30%, за один день — с пропорционально меньшей вероятностью, за полчаса... о боже, мы все умрём.

Кстати, вы будете смеяться, но в MSDS для дхм: «Probably Carcinogenic to Humans», для дихлорэтана: «Possibly Carcinogenic to Humans».

Не знаю, что это значит, и в чём разница.

 **steianlab**  вчера в 13:18    

 +1

Короче и с тем и с тем нужно работать в фильтрующем респираторе. не убудет от этого ни одному самодельщику. Но сугубо отвлеченно имхо — «не место галогенорганическим вещам в человеческом организме».

 **SergeyMax**  вчера в 13:23    

 0

не место галогенсодержащим вещам в человеческом организме

Говорят, без хлорида натрия в крови человек умирает. Так что совсем без галогенов не получится)

 **steianlab**  вчера в 13:37    

 +1

умирает от нарушения работы т.н. «калий-натриевого насоса». Писал про него в теме про радиоактивный банан. Галоген-ионы там постольку поскольку.

Но... уточнил предыдущий комментарий. не стоит галогенорганику сравнивать с ионами...

 **jaiprakash**  вчера в 12:33    

 0

Так а что не так? Переведите в одни единицы: 7.8 и 76.
Испарятся они оба в атмосферу в процессе склеивания.

 **SergeyMax** вчера в 12:49    

 0

7.8 и 76

Точно, вы правы.

 **Neuromantix** вчера в 12:55    

 0

С дихлорметаном мне не нравится отсутствие запаха, запах дихлорэтана слишком характерен, и если его чувствуешь — то значит где-то он испаряется. Дихлорметан запаха практически не имеет, и поэтому надыхаться им проще. Какой-нибудь одорант бы в него.

 **steanlab** вчера в 13:12    

 +2

запах есть и у ДХМ, но он не такой выраженный, что ли. Теоретически (=не проверял) тиольный одорант, применяемый в баллонах со сжиженны пропаном, можно попробовать подмешать для пущей отвратительности запаха (тиолы эти собираются в конденсате).

 **Neuromantix** вчера в 15:46    

 0

Этот одорант для домашнего применения излишне вонюч. А уж если конденсат из баллона на что-то попал — пиши пропало.

 **steanlab** вчера в 16:10    

 +1

тогда любую отдушку косметическую подходящую. Они копеечные в магазинах для мыла ручной работы и т.п.

 **Alexey2005** вчера в 15:27    

 0

Эффективность склеивания ещё как отличается. Впервые столкнулся с этим при изготовлении небольшого аквариума. После дихлорметана где-то через месяц все склейки пошли густой сетью мелких трещин, а дихлорэтан такого эффекта не даёт.

Кстати, то же самое происходит и при обработке PLA дихлорметаном: где-то через месяц-два гладкое изделие начнёт напоминать пересушенный леденец, полностью покрывшись мелкой сетью трещин.

Поэтому я бы вообще не рекомендовал дихлорметан для склейки чего бы то ни было, разве что это самое склеенное не предполагается использовать более месяца.

 **steanlab**  вчера в 16:13    

 +1

Не соглашусь. В моем случае дихлорэтан дал желтеющий шов на ПММА. Пришлось дремелем выбирать паз, а затем в паз заливать раствор оргстекла в дихлорметане (дихлорэтан закончился, тетрахлорметан было жалко портить на такое, а ДХМ было и достаточно по объему, ну и не жалко). Прошло уж больше полутора-двух лет эксплуатации изделия на воздухе (фактически, короб из оргстекла), под прямыми солнечными лучами — никаких трещин или пожелтелостей...

 **sav13** вчера в 10:03  

 0

То есть дихлорметановая баня для ABS пластика будет более эффективная, чем «народная ацетоновая»? Или это только к склейке относится?

 **ascl** вчера в 11:13    

 +1

По неосторожности лучше надыхаться ацетоном, чем дихлорметаном.

ПДК дихлорметана – 50 мг/м³ (токсин, канцероген).

ПДК ацетона – 200 мг/м³ (наркотическое действие).

Возможно в статью следует добавить таблицу со значениями ПДК (предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны) и свойствами токсичности.

 **sav13** вчера в 11:25    

 0

Ну да. Хотя по классу опасности они оба к 4-му классу относятся

Чего не скажешь о дихлорэтане — 2-й класс, ПДК — 3мг/м3

 **steanlab** вчера в 11:29    

 0

Есть таблица с эффектами, ПДК нужно искать. Попробую сделать

 **steanlab** вчера в 11:28    

 0

Для «полировки» баня? Нужно оценить скорость диффузии растворителя в полимере. У которого больше — тот быстрее стекловидный полимер переведет в гелеобразное («гладкое») состояние



sav13 вчера в 11:32



↑ 0

Да. Для полировки. Сглаживании верхнего слоя. Но тут вопрос скорее не скорости. Если проникаемость растворителя будет высокая — пластик просто «поплывет», как от хорошего нагрева.

Как то пытались SBS от FDplast ацетоном обработать — он просто крошиться начал после этого



steanlab вчера в 11:43



↑ 0

вот у меня спрашивают, почему в статье не написано, что ABS можно клеить ацетоном. Не написано, потому что в моем случае он растворял пластик, но склеить детали не получалось — крошился и не держал. Возможно «дьявол кроется в деталях» (читай в составе пластика).



EviGL вчера в 15:04



↑ 0

Вот буквально вчера склеивал. Печать прервалась на середине, т.к. контакт стола отпаялся, решил напечатать отдельно недостающую часть. Намазывал ацетон солидно, малярной кистью.

Пробовал на отрыв адекватным усилием, держит. Но площадь контакта большая, с мелкими деталями получалась фигня, в итоге склеивал суперклеем.

[Вот такая деталь](#)



reticular вчера в 10:18



↑ +1

про PETG ничего нет, или вы его по другому называете?



steanlab вчера в 12:00



↑ +1

по PETG особенно сказать нечего. Он довольно устойчив к растворителям, как и его старший брат — PET. По аналогии, думаю, растворить получится только с помощью HFIP, он же гексафторпропанол. Редкий растворитель... Можно попробовать и трифторуксусную кислоту.

Посмотрите [ссылку](#), все что с «3» — может растворить теоретически, но вполне возможно, что эффекты будут разные (=«не те, что нужно») — от помутнения, до деструкции.



CactusKnight вчера в 13:27



↑ +1

Как вам уже ответил @steanlab, я бы начал с ГФИП. Но:

— он очень дорогой (на два порядка дороже большинства остальных растворителей)

— запах убивает наповал, нужна защита

— при попадании на кожу мгновенный хим.ожог (опять же, в отличие от большинства растворителей, которые можно смыть без видимых следов) — нужны печати



gleb_kudr вчера в 22:45



↑ 0

Дихлорметан работает отлично. А еще есть дешевый и сердитый метод. Идете в строймаг, покупаете смывку для краски. Ищите в составе "хлористый метилен" (он же — дихлорметан). Если есть — берете и клеете. Смывка эта еще и достаточно удобно мажется. Способ мной опробован — ломается где угодно кроме шва.



VolodjaT сегодня в 01:13



↑ 0

Не относится к 3д печати, но напому о предосторожности к хлорсодержащим растворителям и электросварке — надо тщательно удалять остатки так как хлор + CO + ультрафиолет = фосген



steanlab сегодня в 10:38



↑ 0

фосген может образовываться и при неправильном хранении...



SegaKNV сегодня в 10:37



↑ 0

Petg от Bestfilamenta хорошо склеивается Дихлорметаном.



Habivax вчера в 11:14



↑ 0

Еще со времен СССР изобретатели и просто рукастые граждане всех мастей клеили корпуса своих поделок из оргстекла и дихлорметана.

Дихлорэтаном да, клеили и продолжаем клеить. Как из дихлорметана клей для оргстекла сделать и чем он лучше?



 **steanlab** вчера в 11:30    

верное замечание. поправлю статью.
а клей — делается абсолютно так же как и с дихлорэтаном

↑ 0

 **IRFC** вчера в 11:14  

Конечно же это любимый «народный» филамент — PLA, который растворяется лучше всего в полярных апротонных растворителях: пиридин, N-метилпирролидон, этилацетат, пропиленкарбонат, диоксалан, диоксан, дихлорметан, хлороформ, ацетон, нитробензол, ацетонитрил, диметилацетамид и т.д.

↑ 0

Но PLA в ацетоне не растворяется. А ABS растворяется в нем замечательно.

 **SignallerK** вчера в 11:32    

То-же заметил эту странность. Ни разу не наблюдал хоть какого-то эффекта от ацетона на PLA. Может ацетон не тот (концентрация или состав). А вот abs отлично им растворяется, а написано в таблице что клеить не выйдет. Может автор заметит и прокомментирует.

↑ +1

 **steanlab** вчера в 11:40    

Соберем пока статистику по PLA, и поправлю статью (мой образец PLA размягчался в ацетоне). ABS действительно растворяется ацетоном, но лично у меня не получилось сделать из него клей. Полирует, да, но не держит...

↑ 0

 **IRFC** вчера в 11:55    

Сейчас проверил: PLA размягчается в ацетоне, но не любой — все зависит от производителя. Лично у меня abs очень хорошо растворяется в ацетоне.

↑ +1

 **CactusKnight** вчера в 13:30    

Как человек, работающий с PLA, могу сказать, что *растворяется* в ацетоне лишь единицы марок PLA. Мы обычно используем диоксан либо хлороформ, для отдельных задач — ГФИП. Для дома я бы рекомендовал диоксан как наименее опасный

↑ 0

 **steanlab** вчера в 13:36    

Наименее опасный в ряду хлороформ-HFIP. Пора выносить наверное все работы с 3D моделями в специализированные мастерские с приточно-вытяжной вентиляцией. Растворители друг дружки не намного лучше...

↑ 0

 **CactusKnight** вчера в 13:53    

Диоксан, в отличие от хлороформа и ГФИП, хотя бы высококипящий и поэтому не так активно испаряется при комнатной температуре и нормально задерживается респираторами

↑ 0

 **steanlab**  вчера в 14:01    

интересный минус диоксана в том, что он автопероксидируется при хранении. Т.е. грубо говоря, простояв N месяцев в емкости на столе, в один прекрасный момент может при откручивании крышки сдетонировать...

↑ 0

 **CactusKnight**  вчера в 14:09    

Ну не зря же у него гарантийный срок хранения — всего 3 месяца :)

↑ 0

 **steanlab** вчера в 14:18    

Эх, еще бы смотрели у нас так люди на гарантийный срок, как смотрят на западе :))

↑ 0

 **masv** вчера в 14:52    

Наверное разный ацетон. Лично я много раз клеил им АБС печатные детали, за что и люблю АБС, поскольку дешевый, хорошо обрабатывается напильником и клеится доступным ацетоном.

↑ 0

 **klirichek** вчера в 12:27    

PLA в дихлорэтано тоже неплохо размягчается, растворяется и клеится.
А ацетон ему практически побоку.

↑ +1

 **tvr**  вчера в 11:16  

↑ +4

Однозначно в мемориз — статья так же полезна, как и "Прекратите скручивать!".
Хабр — торт!
Спасибо.

 **steanlab** вчера в 11:31 # 📌 🔄

Спасибо!

Основная цель — не дать самодезьщикам забыть, что растворители — токсичны...

↑ 0

 **masv** вчера в 14:58 # 📌 🔄

А что на счёт запаха АБС при печати? Знаю что он вреден, но на сколько? В ускоренном темпе двигаюсь к организации закрытой печатной зоны с вытяжкой.

↑ 0

 **steanlab** вчера в 18:27 # 📌 🔄

Запах — продукты пиролиза.

Описание токсичности, антидотов и эффектов смотрите в базе Toxnet для ABS:

| Pulmonary irritation, respiratory function. /Pyrolysis products/

↑ 0

 **MichaelBorisov** вчера в 11:30 # 📌

Защита важна. А опыт еще важнее. Однажды я работал с толуолом. Работал недолго и с применением вытяжного шкафа. «Забрало» опустил до низу, лицо старался держать выше, руками лез в шкаф через узкую щелочку снизу. Но все равно не помогло.

То ли что-то было неправильно настроено, то ли опыта у меня химического мало, то ли из-за того что разок специально нюхнул толуол, чтобы запомнить его запах — потом часа 3 колбасило. Не знал, что он имеет наркотическое действие в таких малых дозах!

↑ +1

 **steanlab** вчера в 11:35 # 📌 🔄

Самые лучшие тяги — с окнами для боксовых перчаток. Эти щели — сомнительная штука, у самого неоднократно вырывались в комнату пары и т.п.
[вот такое лучше всего](#)

↑ 0

 **CactusKnight** вчера в 14:16 # 📌 🔄

Такие тяги хороши, когда штат сотрудников постоянный и опытный. А когда подавляюще большинство народа — постоянно меняющиеся студенты/аспиранты, забывающие на ТБ, лучшее средство защиты — свой *личный* респиратор с нормальными картриджами :)

↑ +1

 **steanlab** вчера в 16:15 # 📌 🔄

прочитал ваш комментарий и прилепил в статью личный «респиратор» :))

↑ 0

 **CactusKnight** вчера в 17:37 # 📌 🔄

Я ношу очки, поэтому приходится ограничиваться полумаской

↑ 0

 **spinagon** вчера в 12:19 # 📌 🔄

А я каждый день этого толуола нанюхиваюсь, и никакого эффекта. Думаю, всё индивидуально.

↑ 0

 **steanlab**  вчера в 12:23 # 📌 🔄

огласите результаты биохимии крови пжлста :)

поверьте, уже после одной «понюшки» биохимия крови «толуольщика» выдает :)

вообще, молодость классный ресурс, может долгое время нивелировать работу с самыми токсичными веществами. Расплата, расплата приходит в старости, когда человек наиболее уязвим.

↑ 0

 **CactusKnight** вчера в 13:47 # 📌 🔄

Скажем так, от одного вдоха долгосрочного вреда здоровью не будет. Но вот постоянная работа с такими растворителями без защиты уже не будет способствовать долголетию.

↑ 0

 **steanlab** вчера в 14:16 # 📌 🔄

Важно что значит «постоянная работа». Я считаю, что если человек раз в месяц по паре-тройке часов работает с растворителем — это уже «система», и ТБ должно работать такое же, как в покрасочных цехах. Лучше перебдеть, чем недобдеть...

↑ 0

 **CactusKnight**  вчера в 16:10 # 📌 🔄

↑ 0

Под «одним вдохом» я понимаю ситуацию, когда мы открыли литровую бутылку с растворителем, дозатором оттуда набрали сколько нужно налили в колбочку и все это закрыли. А час, и уж тем более несколько часов активной работы с растворителями — это перебор даже для разовой акции «без защиты».



CactusKnight вчера в 14:17



↑ +1

Краткосрочного эффекта обычно и не бывает. Но толуол — опасная гадость, дающая хороший кумулятивный эффект, особенно с возрастом



steanlab вчера в 14:21



↑ 0

золотые слова.



jar_ohty вчера в 12:26



↑ +2

Классная статья!

Нелишним было бы добавить правила работы с диметилформамидом, диметилсульфоксидом, пропиленкарбонатом и прочими «суперрастворителями» что они помимо собственной токсичности (которой у ДМСО почти нет) способны «втаскивать» через кожу все, что в них растворено. И обычные перчатки от них не помогают от слова «совсем».



steanlab вчера в 12:35



↑ 0

Спасибо за отзыв.

Их под одну гребенку не загонишь, уже хотя бы потому что тот же ДМСО — первое средство от растяжений :) (я своему покойному руководителю, когда болела у него спина — отливала хч ДМСО, чтобы старик сэкономил на аптеке).

И да, обычные перчатки даже в случае хлорорганики уже не актуальны (дихлорметаны и иже с ними), чем дальше — тем больше...



CactusKnight вчера в 13:32



↑ +1

Помогают банальные полиэтиленовые перчатки, надетые под латекс/нитрил.



nomadmoon вчера в 13:05



↑ 0

> Полимер PCL (поликапролактон) растворяется в

А можно просто нагреть градусов до 60-ти. Офигенная вещь кстати. Если бы еще не специфический запах...



Londoner вчера в 13:33



↑ 0

Вопрос в тему — чем смыть засохшую эпоксидку с ткани?



steanlab вчера в 13:44



↑ 0

Спрашивают «как растворить компаунд на микросхеме» (он эпоксидный тоже). Да практически никак. Устойчивость превосходная у застывшей эпоксидки. Выбирайте из вариантов: азотная кислота конц., кипящая конц. уксусная кислота, механическая обработка. Для ткани, скорее всего, с грехом пополам подойдет только последний вариант. На заметку вам ссылка



lomalkin вчера в 13:58



↑ +1

Многие виды эпоксидки становятся хрупкими при нагревании.

Часто достаточно феном погреть (достаточно долго, т.к. теплопроводность у нее не очень) и далее уже механически убирать.



steanlab вчера в 14:08



↑ 0

Есть такое, но зависит от типа смолы и типа отвердителя. Есть просто ну очень термостойкие, а есть такие, которые действительно размягчаются.



CactusKnight вчера в 13:41



↑ +1

Добавлю свои пять копеек про защиту: если работать с растворителями регулярно и много, СИЗОД — первейшее дело. Лучше не экономить и купить хотя бы полумаску 3М серии 6000 и к ней картриджи 3М 6059 (АВЕК1).

Перчатки тоже лишними не будут, но тут есть нюансы:

— от капли ацетона/хлороформа/этилацетата/диоксана, разово попавшей на руку, ничего опасного не будет, смыли и забыли. Зато гадость типа ГФИП (гексафторизопропанол), не говоря уж о кислотах, мгновенно оставляет на коже хим.ожоги — тут перчатки обязательны.

— обычные латексные перчатки бесполезны против хлорорганики. Простейший лайфхак — поддевать под них полиэтиленовые перчатки

И отдельный момент, уже правового плана: ряд популярных растворителей (например, хлороформ), не продаются физ.лицам — только организациям и после подписания гарантийного письма об исключительно законном использовании.



steanlab вчера в 13:45



↑ 0

Спасибо, очень верное замечание. Первая мысль любого, кто собирается использовать растворитель должна быть «взять противогаз/полумаску с фильтрующим пары патроном». И только потом «где купить растворитель». Не жалко себя — иногда нужно подумать об окружающих (учитывая тот факт, что чаще всего «мастерская современного DIY-ра» = «квартира»).

С юридической стороны — важное замечание. Но есть блошиные рынки, где голодающие заводчане могут продать и ТГФ, и хлороформ, и МЭК и еще кучу прекурсоров.



CactusKnight вчера в 14:02

↑ 0

За исключением случаев, когда растворитель = этанол. В котором, например, можно растворить ряд полиамидов — например, у нас есть сополимер ПА-6/6,6, который именно спирторастворим, что позволяет его использовать там, где нужно работать без вентиляции. Хотя вообще, основные растворители для нейлона сейчас — это ГФИП и муравьиная кислота (либо ее смесь с уксусной).



steanlab вчера в 14:11

↑ 0

Спирторастворимые полиамиды они классные, да! Практически как фторопласт-42, растворимый в ДМФА. Люблю такие «лайтовые» вещи.



CactusKnight вчера в 14:24

↑ 0

Поскольку уже не могу отредактировать свой предыдущий комментарий, напишу новый:

Простейший практический способ определения подходящего растворителя для нужного полимера — открыть Академию Google и вбить туда запрос "%polymername% solution". Получите в ответ 100500 статей, где работали с раствором нужного полимера, и смотрите, в чем его растворяли.



steanlab вчера в 14:37

↑ 0

можно и погуглить на предмет «Hansen Solubility Sphere %полимер% %растворитель%» (то, про что я писал в теоретической части). Шарик это достаточно наглядно имхо, жаль есть не для всех систем.

[Hansen Solubility Sphere](#)



WladW вчера в 15:04

↑ 0

Как-то в молодости, досталась мне баночка полиуретанового клея, знакомый посоветовал, сказал что отлично подходит для ремонта сколов ванны. Клей по консистенции и цвету похож был на качественный луговой мёд. В закрытом помещении ванной комнаты я смело кисточкой замазывал дефекты ванны не обращая внимания на лёгкий запах. И тут как-то резко мне стало плохо. Стало буквально нечем дышать, симптомы, как при астме описывают, паника, нехватка воздуха, и мысль — ну всё похоже, пипец. Вышел на балкон, сел в уголке и тихо умираю. Увидела это моя подруга (бывшая), ну типа вы мужики, неженки, и пошла домазывать. Через пять минут выползает на балкон с теми же симптомами. Слава богу, через полчаса продышались. Потом узнал, что этим клеем, приклеивая резиновые уплотнители к крышкам судовых грузовых трюмов, работают исключительно в противогазе. Ну а в конечном итоге и с ванной ничего не получилось. Тонкая пленка нанесённого клея некрасиво и неравномерно вспенилась и пришлось всё оттирать. Так что да, несоблюдение техники безопасности чревато.

С другой стороны, удивлён что монтажная полиуретановая пена не даёт такого же эффекта отравления.



steanlab вчера в 15:11

↑ 0

эффект отравления дают не сами полиуретаны (они, кстати, очень приятный, достаточно инертный к живой ткани, материал), а все те же растворители о которых и речь в статье. Нашел баллон пены, посмотрел ради интереса, что за растворители в составе. «смеси эфиров» + «диметиловый эфир»...



stalinets вчера в 15:19

↑ 0

Тема, очевидно, непростая. И всё же, считаю, тот, кто первый придумает удобный, недорогой и массовый способ растворять пластиковый мусор и из раствора делать нити для 3D-печати — тот озолотится. Я как-то уже предлагал в коментах такой сценарий. Как я это вижу: покупается небольшой домашний «реактор» за 5-10 тысяч рублей, в него закладываются порезанные куски пластика (главным образом ABS, так как его много) и заливается бутылочка-другая фирменной «химии» и включается умно регулируемый нагрев и перемешивание. Через день-два-три с помощью какой-либо приспособы из густеющего раствора формируется и вытягивается нить для 3D-принтера, наматывающаяся на катушку. Также неплохо бы, что этот реактор умел переплавлять в нить и другие распространённые виды пластика, например, бутылки от минералки и пр. Пускай этот пластик будет с несколько «гуляющим» качеством из-за непредсказуемых примесей в оригинальном материале. Фирменная «химия» должна нивелировать это. Но всё равно было бы здорово при минимальных затратах получать почти бесплатное сырьё для 3D-печати. А какая польза была бы для экологии! Вместо загнивания пластиковым мусором природы все собирали бы этот мусор и печатали из него всякие полезные вещи.

В крайнем случае, если это сложно сделать в «домашнем» формате, пусть это будет «полупромышленная» установка. Принёс в магазинчик с 3D-принтерами и такой установкой несколько кг отмытого и отсортированного пластикового мусора, его взвесили, и тебе либо сразу дали за этот пластик немного денег, или катушку нити от предыдущего сдавшего, либо именно твой пластик переплавили и продали тебе через несколько дней. Это сделает для экологии больше, чем все нынешние экологические движения.



steanlab вчера в 15:34

↑ 0

Идеи у вас достаточно здравые. Ход мировой ВМС мысли движется по сходному направлению, но применимо не к 3D печати, а к экологии. Сегодня много где «сольвентную сортировку и разделение» пластикового мусора рассматривают как перспективную альтернативу термолуизу/переплавке и т.п.

Суть в том, что смесь пластиков измельчают и с помощью набора растворителей (полярный/неполярный и т.п.) сначала растворяют, а потом осаждают необходимую пластмассу. Ну и пускают снова в дело.

 Alexey2005 вчера в 15:19    0

Простая 3D-печать ещё ладно, а вот сейчас в моду входят фотополимерные принтеры — вот где настоящее самоубийство. Фотополимеры на основе акрилатных мономеров, которые ещё и как следует прогреваются при печати, а встроенный в принтер охлаждающий вентилятор великолепно разносит пары по всему помещению, и длится это часами... Плюс фотоинициатор, которые с нехилыми канцерогенными эффектами, плюс промывка изопропанолом, который тоже не подарок.

 steanlab вчера в 15:35     0

Изопропанол — очень малое зло, по сравнению с летучими акрилатными остатками. Таки да, такие принтеры должны принудительно идти со встроенной вытяжно-фильтровальной системой (как вытяжки для пайки) иначе это просто добровольный концлагерь для себя и всех близких.

 x67 вчера в 18:09     +1

В данном случае, полагаю, "кАнцлагерь"

 steanlab  вчера в 18:13     0

к сожалению, да...

 Leonidl вчера в 16:54    +1

Еще один комментарий про защитные маски — для очкариков.

Увы, но маски со стеклом часто не совместимы с очками — дужки очков не дают прилегать уплотнению, и забор воздуха идет мимо фильтра через эту щель. В результате лучшее что мне удалось найти — комплект из полумаски на рот и нос + защитные очки поверх обычных. Тоже не очень удобно, но это единственное что не давало подсоса нефильтрованного воздуха.

 CactusKnight вчера в 17:43     0

Аналогично

 x67 вчера в 18:14     0

А почему вы не рассматриваете линзы?

 ru1z  вчера в 18:23     0

Обычно при работе с химическими веществами линзы запрещают. Зависит от места/характера работы.

 carpaccio вчера в 17:02    0

Написано полезно, но слишком много добавлено совершенно непрактичных рассуждений для наукообразия. Упоминание диметилсульфоксида как возможного растворителя для склейки вызывает просто содрогание: вонючая жидкость от которой невозможно избавиться после склейки, и которая проникает через кожу и любые перчатки. Вообще, избавиться высококипящих растворителей крайне сложно, они могут оставаться в полученном изделии надолго.

Любые перчатки (за исключением толстых резиновых) и мази бесполезны для предохранения кожи от большинства неполярных растворителей. Хуже того, в перчатках руки потеют, и проникновение растворителей через кожу становится даже легче, чем без них.

 ru1z  вчера в 17:44     0

Может водой тогда экстрагировать дмсо? Ну а перчатки использовать в сочетании с полиэтиленовыми, как предлагал @CactusKnight. Кстати, полипропиленовые бывают по локоть, такие могут быть предпочтительнее:

[Заголовок спойлера](#)

В целом, у перчаток в современной химии немного другой сценарий использования — если химическое вещество или растворитель попали на перчатки, перчатки выкидываются, надеваются новые.

 carpaccio вчера в 21:43     0

Водой экстрагировать непросто если склейка качественная. По поводу одноразовости перчаток очень правильное замечание. Проблема в том, что заметить попадание иногда очень непросто: тактильные ощущения в перчатках намного слабее. По моему опыту лучшие перчатки нитрильные, хотя они и недешевые.

 ru1z  сегодня в 09:53     0

Да, не круто с дмсо получается, если даже экстрагировать нельзя.

Обычные нитрильные совершенно нестойки к дмсо, латексные получше. Есть специальные нитрильные, устойчивые к дмсо (разумеется только на определенное время), только цена тоже \$специальная\$. Толщина перчаток и многослойность (несколько перчаток) тоже помогают. Раньше я пользовался более толстыми перчатками повышенной прочности (загуглил, вроде это перчатки от DERMAGRIP, обычно в аптеках продают), они вроде латексные, должны быть устойчивыми к дмсо и другим химическим веществам (насколько я знаю это перчатки для опасных манипуляций в медицине, то есть должны быть максимально защищенными, очень прочные долгоиграющие перчатки). Можно надевать эти и тонкие полиэтиленовые или нитрильные под них.

[выглядят вот так \(фото не мое\)](#)



steanlab вчера в 17:47

↑ 0

У нас наверное разный ДМСО. Он продается совершенно легально как медпрепарат для наружного применения. Ну да, проникает моментально, но имхо похуже запах у метаболитов ДМСО, чем у самого ДМСО (человек, который работает с этим веществом опознается по специфичному, чесночному что ли, запаху).



carpaccio вчера в 21:36

↑ 0

У диметилсульфоксида действительно низкая токсичность, но проблема в том, что его невозможно потом убрать с места склейки: он почти испаряется, плюс еще и медленно диспропорционирует в совершенно неиспаряемый диметилсульфон и вонючий и летучий диметилсульфид. Гаже растворителя для склейки найти трудно.



sappience вчера в 17:48

↑ 0

Поливинилхлорид указан в таблице как сваривающийся (т.е. растворимый) ацетоном. Однако ж сколько я, на моей практике, не купал провода в ПВХ изоляции в ацетоне, им ничего не было. ПВХ кембрики обратимо размягчались (что в эпоху до массового появления термоусадок позволяло туго натянут трубку и высушить), но не более.



steanlab вчера в 17:50

↑ 0

У меня получалось склеить ацетоном ПВХ-ткань. Правда я ее вымачивал в ацетоне, просто намазывание дает шероховатость, не более. Но это вещь разовая, потому что «сварка расплавом» дает соединение покрепче в разы.



McRain вчера в 18:57

↑ 0

«Темный квадрат в таблице на пересечении линий «полимер»-«растворитель», говорит о том, что химическую сварку с использованием данных компонентов провести представляется возможным.»

Я правильно понимаю что, по таблице, ABS клеится дихлорметаном, а никак не ацетоном?



steanlab вчера в 19:37

↑ 0

все верно, я уже писал по этому поводу — полировка поверхности работает, а склейка ацетоном — крошится...



McRain вчера в 20:53

↑ 0

У вас какой то неправильный ацетон... или abs))



steanlab вчера в 20:57

↑ 0

ABS скорее всего, ацетон — хч, правда российское хч, не sigma какая-нибудь... Наверное поставлю таки примечание с (??) по поводу этой комбинации пластика/растворителя.



third112 вчера в 19:47

↑ +1

Лучшая защита от них — работать в условиях притяжно-вытяжной вентиляции, в специальных боксах.

М.б. приточно-вытяжной?



steanlab вчера в 19:57

↑ +1

именно, заговариваюсь.



jrthwk вчера в 21:23

↑ 0

>да и просто интересно, чем можно отмыть клей от магазинного ценника на подарке

Дунуть на него стройфеном и отлепить, при некоторой практике отходит практически бесследно.

 **steianlab**  вчера в 22:06    

а если наклеено на то, что расплзется от фена?

Не буду далеко ходить, пример из жизни — нужно было снять металлизированные наклейки с корпуса ноутбука (из статьи). Наклейка отклеилась, но остался след, который ничем не стирался (точнее спирт/ацетон начинали снимать краску). Грел и пытался скрести пластиковой картой — клей размазывался. В итоге — уксусная кислота конц выше 50% (точно не знаю, потому что разбавлял периодически) — сняла все на 1-2. Нанес, подождал и просто смахнул жесткой фетровой тряпкой.

 **jrthwk**  вчера в 22:32   

Ну, думать надо, ессно на сколько градусов дуть.

И еще один лайфхак — остатки подобного липкого гна надо соскребать, аккуратно присыпая мукой. Оно в нее впитывается и отваливается.

 **steianlab**  вчера в 22:33   

о, мука интересно :)

 **gleb_kudr**  вчера в 22:31  

PLA и PETG намертво клеятся дихлорметаном (не путать с дихлорэтаном). Если тяжело достать чистый — он входит в состав смывок для краски. Ацетоном ни то ни другое не берется. Это то, что на практике проверял.

 **steianlab**  вчера в 22:55   

самолично держал несколько дней кусочки PETG и в дихлорметане, и в дихлорэтано и в тетрахлорметане. Никакого внешнего эффекта (заметного). Возможно недостаточно держал, возможно у меня был PETG без «присадок», но эффекта вообще никакого.

 **gleb_kudr**  вчера в 23:06  

Производители пластика могут мутить. Свой пластик кажется брал в pet-g.ru Его держать не нужно — плавает моментально.

По западным источникам тоже метиленхлоридом клеят. Чекните, точно ли у вас ПЕТГ?

 **steianlab**  вчера в 23:12   

я просил некоторые образцы у знакомых «печатарей» и в конторах, которые занимаются печатью. Кто-то покупал из них в официальных магазинах, кто-то на ebay и ali. Разброс, конечно, существенный.

 **dydyman**  вчера в 22:54  

Еще бы таблицу — за какие растворители на сколько можно сесть =)

Как-то без задних мыслей пытался купить бензол или этилацетат — ничего не вышло. Оказалось, что физ лицам их не продают, как, впрочем, и добрую половину органической химии.

Где взять тот же дихлорметан для склейки акрила? В составе растворителей из списка в статье его нет.

 **steianlab**  вчера в 23:01   

хлороформ и МЭК точно вроде бы в списке прекурсоров. да и в целом, можно разумом повредиться, если постоянно запоминать, что сейчас прекурсор, а что не прекурсор.

дихлорметан, как уже говорили выше, ищите либо в смывках для красок, либо на блошиных рынках на разлив...

 **gleb_kudr**  вчера в 22:58  

В добавку к статье. Общее правило — держаться подальше от ароматики. Почти вся она в той или иной степени канцерогенна, в добавок к "просто токсичности". Стирол, толуол, бензол и т.д. — лучше не использовать без крайней нужды.

 **steianlab**  вчера в 23:03   

помимо канцерогенности (коей обладают и НЕароматические растворители), ароматика своей нейро/нефро/гепатоксичностью гораздо быстрее может вывести из строя человека, не полагаясь, так сказать, на кумулятивный эффект.

 **gleb_kudr**  вчера в 23:11  

Да. Но я тут еще и про тех, кто ежедневно, например, что-нибудь с акриловыми смолами мутит. А там стирола — мама дорогая.

 **Alexey2005**  вчера в 23:45   

При печати ABS/SBS-пластиками стиролом в помещении прилично пахнет, так что выделяется он в заметных количествах. Видимо, при температурах порядка 240 градусов эти пластики частично деполимеризуются.



steanlab

сегодня в 00:06



На TOXNET есть что почитать про стирол...

Только полноправные пользователи могут оставлять комментарии. Войдите, пожалуйста.

САМОЕ ЧИТАЕМОЕ

Сутки

Неделя

Месяц

Фотография чёрной дыры — будет ли от неё польза?

↑ +71

👁 23,1k

📖 43

💬 54

Европейские регуляторы выступили против cookie-баннеров

↑ +24

👁 16,1k

📖 28

💬 117

GitHub полностью «удалил» репозиторий утилиты для обхода блокировок и весь аккаунт создателя

↑ +98

👁 87,5k

📖 138

💬 318

Узнать возраст пользователя VK или о чём ещё может рассказать социальный граф

↑ +45

👁 20,2k

📖 68

💬 25

Почему не нужно тратить свое время на создание нишевых тематических сайтов

↑ +144

👁 40k

📖 131

💬 184

Аккаунт

Войти

Регистрация

Разделы

Публикации

Новости

Хабы

Компании

Пользователи

Песочница

Информация

Правила

Помощь

Документация

Соглашение

Конфиденциальность

Услуги

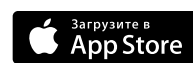
Реклама

Тарифы

Контент

Семинары

Приложения



© 2006 – 2019 «ТМ»



Настройка языка

О сайте

Служба поддержки

Мобильная версия

