

В представленной работе предлагается обсудить возможность создания "пустоты" в объектах и сделана попытка классифицировать вещества и приемы, используемые для этого. Также, приведены примеры некоторых практических приложений создания пустоты в технике. Статья написана для специалистов-решателей, не являющихся знатоками химии.

Не секрет, что сейчас в Интернет можно найти абсолютно любую чушь (а в основном, он ею и наполнен, воистину, только с его появлением стало понятно, сколько на земле графоманов и убогих, желающих себя проявить!), кроме нормальной информации о подобных процессах. Ну, конечно, за исключением рекламы. Не скрою, что и автору данной работы, который является профессионалом как в химии, так и в работе с информацией, довелось потратить немало времени, чтобы найти хоть что-то полезное. Таким образом, явно настала необходимость хоть как-то систематизировать и доступно объяснить принципы работы систем, содержащих пустоту. В действительности, при наличии времени и знании базовой терминологии найти эту информацию в хорошей библиотеке не составляет большого труда. Но, к сожалению, в настоящее время по объективным причинам автору этот источник недоступен. Впрочем, точно так же недоступен этот источник для коллег-изобретателей, не проживающих в Москве и Санкт-Петербурге.

Анализ этих явлений можно провести, исходя из методологии ТРИЗ. Надо отметить, что в ТРИЗ очень заметное место уделяется введению в объекты "пустоты", даже предлагался "закон повышения пустотности". В ТРИЗ "пустоту" рассматривают, и как универсальный ресурс, и как инструмент изменения свойств ресурсов вообще. Причем её введение является более предпочтительным, чем простое уменьшение или увеличение значения атрибута и является средством повышения динамичности и управляемости систем. "Пустота" рассматривается также, как универсальная антисистема [1]. Так в АРИЗ 85В [2] на шаге 4.4 рекомендуется определить, решается ли задача заменой имеющихся ресурсных веществ пустотой или смесью ресурсных веществ с пустотой. Затем, на шаге 4.5 дается совет определить, решается ли задача применением веществ, производных от ресурсных (или применением смеси этих производных веществ с "пустотой"). Однако, при всем этом собственно методам создания "пустоты" по непонятной причине внимания практически не уделялось.

Такое внимание объясняется рядом уникальных свойств понятия "пустота". Дело в том, что как справедливо отмечено в [3], пустота, в зависимости от условий задачи, может приобретать свойства как пространства, так и вещества. Этот ресурс имеется в неограниченном количестве, дешев, легко "смешивается" с веществами, образуя полые, пористые, ячеистые структуры. При этом физические и механические свойства таких смесей изменяются в очень широких пределах. В технике широко применяются фасонные, трубчатые, коробчатые, а также многослойные, ячеистые и сотовые материалы и другие подобные им конструкции [3].

В действительности, совершенно не следует увеличивать число сущностей и вводить новые законы. Очевидно, что повышение пустотности, точнее уменьшение количества самого вещества, является прямым следствием основного закона развития систем - закона повышения идеальности. Действительно, чем меньше вещества, тем меньше затраты. А если при этом главная функция выполняется, или снижается незначительно, то налицо повышение идеальности, то есть система становится более эффективной. В дальнейшем исходное вещество, в котором образуются поры, будем называть **основой**. Под **пустотой** в дальнейшем будем понимать не только (и не столько) вакуум, сколько воздух, или другую среду, свойства которой сильно отличаются от конденсированной фазы. Вещество, вещество, которое способствует образованию пор будем называть **порообразователем**.

Очень важным для расширения понятия пустоты является отмеченный в АРИЗ [2] структурный переход на микроуровень (см. примечание 37). Так, для кристаллической решетки это пространство между узлами, в которых находятся атомы вещества. На этом основаны многие виды технологий, такие как легирование металлов и сплавов другими металлами или упрочнение отдельных, например, поверхностных слоев деталей и конструкций (борирование, нитрирование, науглероживание сталей и т. д.). Таким способом можно в широких пределах менять свойства материалов [3]. Интересно отметить, что одним из способов менять соотношение пустоты и основы на микроуровне является деформация кристаллической решетки. На макроуровне такие

способы известны давно, но, до недавнего времени, сведений о использовании деформации на микроуровне отсутствовали. И только совсем недавно появилось сообщение о том, что Intel сумел повысить быстродействие транзисторов за счет использования кремния с предварительно деформированной кристаллической структурой ("напряженной" - strained). Уникальность разработки специалистов Intel - в том, что им удалось разработать технологию, позволяющую "сжимать" одни локальные области на кристалле и "растягивать" другие [4].

Итак, имеется следующий список "действующих лиц и исполнителей": основа, пустота и порообразователь. Далее, основа может смешаться с пустотой, а может с веществом-посредником (порообразователем), который потом заменится пустотой. Эти действия вполне согласуются с системой стандартов, так как мы вводим дополнительный компонент (пустоту или порообразователь) для повышения эффективности системы. Перечисленные компоненты могут смешаться сами, либо под воздействием внешней силы. Выбор этой внешней силы нам опять может подсказать система стандартов. Чтобы не нарушать сложившийся в ТРИЗ терминологии будем называть эти внешние воздействия техническими **полями**. Кроме того, дополним существующее химическое поле близким к нему биологическим, а электрическое поле дополним электромагнитным.

В свою очередь, основа может или сама создать пустоту, или смешаться с пустотой или с посредником: сама, за счет пустоты, за счет посредника или с помощью внешней силы. Но пустота и посредник - это такие же равноправные партнеры, как и основа, поэтому и по отношению к ним можно использовать аналогичные рассуждения.

Таким образом, исходя из базовых понятий ТРИЗ, можно рассмотреть следующие возможные методы получения пустоты:

1. Согласно принципам Идеального Конечного Результата (ИКР) основа САМА образует в себе пустоту.
2. Вводим пустоту в основу за счет воздействия поля.
3. Обращаем задачу и вводим основу в пустоту.

Однако, не всегда пустота может смешаться с основой непосредственно. В этом случае воспользуемся веществом - посредником.

4. Вводим в основу посредник-порообразователь, который затем исчезнет под действием поля, или дополнительного вещества, образуя пустоту.
5. Опять обернем задачу и введем основу в порообразователь.

Однако, перед подробным рассмотрением способов получения пустоты стоит привести существующую в технике терминологию. Это облегчит, как правильное и однозначное понимание приведенных примеров, так и ускорит дальнейший поиск требуемых сведений по ключевым словам.

Соотношение объема пустот к объему твердой основы, выраженное в долях единиц или в процентах, называется коэффициентом пористости или приведенной пористостью [5]. То же понятие по отношению к жидкой основе в случае пены называется "кратностью пены" [6].

Рассмотрим еще одну важную для практики проблему - топологическую. Дело в том, что пустота в веществе может быть замкнута, то есть не образовывать сплошную фазу и не иметь контакта с внешней средой (закрытая пористость, замкнутые ячейки пенопласта), или сообщаться с внешней средой (открытая пористость, поропласты, открытопористые пенопласты) [7]. В свою очередь, открытая пористость может быть тупиковой, когда поры не соединяются между собой и сквозной, когда поры образуют сплошную систему.

Свойства пористых тел существенно зависят от размеров пор. Это очевидно, так как, например, процесс заполнения капилляров зависит от диаметра поры [8]. Общепринятая классификация пор

по размерам предложена академиком М.М. Дубининым [9]. Свойства пористых тел зависят и от формы пор. Чаще всего встречаются цилиндрические и щелевидные поры.

Все эти различия определяют условия применения полученных материалов, поэтому характер получаемой различными методами пористости будет отмечаться отдельно.

В данной работе не будут подробно рассмотрены все проблемы, связанные с характеристиками получаемых пор. Однако, если представленное исследование вызовет интерес в среде специалистов ТРИЗ, то автор, который уже более 20 лет занимается вопросами адсорбции и пористости, с удовольствием продолжит данное изложение.

Теперь рассмотрим последовательно примеры применения всех перечисленных способов.

1. Вещество должно САМО организовать в себе пустоту. Этот, казалось бы парадоксальный, вариант, тем не менее встречается в жизни. Количество таких вариантов невелико и ограничено процессами, так или иначе связанными с изменением объема среды. Ведь основное требование, которое предъявляется в данном случае - это исчезновение вещества из какой-то части объема материала. Можно выделить основные способы получения пустоты непосредственно в основе. Это методы, основанные на фазовых и структурных переходах.

1.1. Самым распространенным, и наименее приятным, случаем является образование различных пустот и каверн в веществах за счет изменения их объема при изменении температуры. Например, это раковины в отливках из самых различных материалов. В действительности, этот эффект не полностью отвечает понятию "самопроизвольный". Мы можем использовать такое допущение, поскольку процесс остывания является самопроизвольным. Как уже было сказано, случай распространенный, но величины усадки весьма малы и процессом получения пустот практически нельзя управлять. По крайней мере, автору неизвестно полезное применение этого эффекта. Кстати, этот случай касается только усадки при уменьшении температуры. А вот сведения об порообразовании при в процессе усадки при повышении температуры найти не удалось, хотя принципиально такой эффект возможен. Между прочим, эта проблема достаточно серьезная и поиск возможности снижения вредных явлений, связанных с усадкой, является весьма актуальным. Так, проблемы брака при отливке изделий рассмотрены в [10] и в [11]. Один из способов борьбы с усадкой будет представлен далее в разделе (4.3.1). Таким образом, как правило, получается закрытая пористость.

1.2. Другим возможным способом является появление пустот при рекристаллизации веществ, обладающих свойствами аллотропии.

2. Теперь рассмотрим воздействие **полей** для введения пустоты в основу.

2.1. Начнем с механического поля.

2.1.1. Основной группой способов образования пустот в веществе является пенообразование, т.е. смешение основы с воздухом под действием механической силы. В действительности, при таком процессе практически всегда используется поверхностно-активное вещество (ПАВ). Исключением является случаи, когда само вещество обладает свойствами ПАВ. Например, это хорошо известно тем, кто сбивал белки для кондитерских целей. Однако, случаев промышленного использования данного метода кроме изготовления бизе на торт, неизвестно. Таким способом получается только закрытая пористость.

2.1.2. Следующей разновидностью появления пустот при воздействии механического поля является появление воронки при воздействии на жидкость центробежных сил. Явление известное, интересное, но данных о его непосредственном для получения пустот нет. Хотя, в принципе, решается обратная задача: при центробежном литье отливка получается монолитной, а пустоты уходят в центр формы, в облой.

2.1.3. Появление пустот под действием резкого сброса давления в однородных средах известно, но практического применения пока не найдено.

2.2. Появление пустот при воздействии акустического поля.. Явление кавитации достаточно хорошо описано, но для получения пористых материалов пока не использовано. Возможно, все еще впереди.

2.3. Термическое поле тоже может создавать пустоты в веществах при изменении фазового состояния, или при частичном термическом разложении. Такие пористые материалы как древесный уголь и кокс получают, подвергая дерево или природный уголь нагреву в замкнутом объеме. При этом происходит разложение некоторых компонентов основы и образуются поры.

2.4. Химическое поле. Реакции частичного саморазложения вещества с образованием пустот в принципе возможны. Данных о использовании нет. Однако, есть хороший пример использования биологического поля:

2.4.1. Разработана технология по изготовлению пористого материала. Микроорганизмы поглощают азот из молекул полимерных волокон. Когда добавили питательные вещества для бактерий в полимерные составы, полимер оказался изъеденным настолько, что превратился в прекрасный пористый материал, который можно использовать в качестве фильтров или для удержания смазки в подшипниках [12].

2.5. При воздействии на растворы и расплавы электрического поля происходит электролиз. В процессе электролиза действительно могут образовываться пузыри (пустоты). Похожий подход был использован в классических задачах о испытании модели парашюта [13], и об отделении опалубки от бетона, однако данных о его применении для создания пустот в твердых веществах нет. Это возможное поле для будущих открытий.

2.6. Вот появление пустот под действием магнитного поля сомнительно. Хотя, если взять магнитную жидкость, то вполне возможное.

2.7. Влияние электромагнитного поля можно рассмотреть на примере воздействия лучей на основу [14]. Такое направление было впервые использовано при создании процесса, названного "стереолитографией".

2.7.1. С его помощью Чарльз Халл (Charles Hull) научился послойно "выстраивать" объемные предметы. Специальный контейнер наполнялся жидким фотополеризуемым мономером и в него погружалась плоская полочка, так, чтобы она едва выглядывала из-под поверхности. Затем управляемый компьютером ультрафиолетовый луч заставлял несколько сотых миллиметра вещества твердеть, и полочка с затвердевшим слоем чуть-чуть опускалась вниз, покрываясь жидким полимером. Операция с УФ-лучом повторялась.

Сейчас создано ещё несколько более-менее сходных способов быстрого формирования объемных объектов. Например, компания Toybuilders, занимающаяся "выпечкой" игрушек, предлагает еще 4 способа формирования трёхмерных объектов.

2.7.2. Селективное лазерное спекание (selective laser sintering - SLS). В этом случае синтезируемая модель расщепляется в компьютере на сечения и, после разравнивания порошка по поверхности зоны обработки, лазерное излучение CO₂ лазера спекает требуемый контур, затем новый слой порошка насыпается, разравнивается и процесс повторяется.

2.7.3. Послойная заливка экструдированным расплавом (fused deposition modelling - FDM), при которой волокна разогретого материала подаются через сопла "печатающей головки" и накладываются слой за слоем. Присутствует также поддерживающий материал, который необходимо убрать после затвердевания основного вещества.

2.7.4. Послойное формирование объемных моделей из листового материала (Layer Object Manufacturing). При этом используется листовой материал (в основном, бумага), который раскраивается по заданному контуру лазерным излучением и затем скрепляется в стопке путем склеивания или спайки (сварки). Впрочем, все новое - это хорошо забытое старое. Здесь можно вспомнить, что послойное формирование фильтра путем его сборки из стеклянных трубочек или круглых сплошных стержней было описано в "Алгоритме изобретения" 71 года.

2.7.5. Способ с оригинальным названием "трёхмерная печать" (3-dimensional printing - 3DP). Он весьма похож на FDM, по крайней мере - наличием поддерживающего материала.

Использование перечисленных методов 2.7 собственно для создания пустоты пока не отмечено, но принципиальная возможность такого направления есть. Из рассмотрения технологий следует, что с их помощью можно эффективно создавать только изделия с открытой пористостью.

3. Следующий случай, представляющий собой введение основы в пустоту, это разнообразные варианты использования дисперсных систем порошков (керамика, магниты, порошковая металлургия), которые затем спекаются при высокой температуре.

4. Таким образом, возможности моносистем практически исчерпаны. Действительно, для выполнения главной производственной функции и для образования пустот вещество должно обладать очень различными свойствами. Гораздо проще осуществить это введя дополнительное вещество посредник-порообразователь, то есть используя би-систему. Затем порообразователь убирается при воздействии поля, или дополнительного вещества.

Образование пустоты, то есть исчезновение порообразователя, из основы может происходить несколькими путями. Их количество невелико и ограничено процессами, так или иначе связанными с изменением объёма среды. Ведь основное требование, которое предъявляется в данном случае - это исчезновение вещества из какой-то части объёма материала. Однако, продолжим анализ процессов, используя методологию ТРИЗ.

4.1. Одним из вариантов получения пустот является выделение растворенного газа под действием сброса давления, т.е механического поля. В быту этот процесс наблюдается каждый Новый Год, когда откупоривается бутылка холодного шампанского. Перед откупориванием шампанское представляет собой однородную жидкость, а вот после вылета пробки резко вспенивается. Дело в том, что растворимость газов очень сильно зависит от давления. При уменьшении давления растворимость падает и газ выделяется во всем объеме раствора. Абсолютно аналогично получают пенопласты из полимеров, предварительно насыщенных азотом, или углекислым газом. При нагревании и снижении давления в массе полимера образуются пузырьки газа. После остывания вспененный полимер становится твердым. Такие вспененные полимеры, обладают хорошими потребительскими свойствами [15]. Для таких материалов характерна закрытая пористость.

4.2. Вполне очевидным, действием, является использование изменения объема порообразователя при различных фазовых переходах под воздействием термического поля. В принципе, возможно использование уменьшения объема при конденсации, но такие случаи в литературе не встречались. А вот увеличение объема при испарении - весьма широко распространено:

4.2.1. Так, практически весь пенополистирол получают вспениванием гранул, содержащих различные пентаны (n-пентан, изопентан, циклопентан) [16]. Сейчас таким же образом получают также пенополиуретаны [17]. Недостатком способа является пожароопасность пентанов и их высокая теплопроводность. Процесс происходит легко и быстро уже при температуре кипения воды.

4.2.2. Другим, достаточно частым случаем, является применение различных фреонов [18]. Способ удобный и распространенный, хотя и сходящий на нет, в связи с ограничениями на использование фторсодержащих соединений. Например, для этих целей используют Хладон-142в (1,1-дифтор1-хлорэтан, $C_2F_2ClH_3$, при нормальных условиях - бесцветный газ со слабым запахом. Хладон-142в используют в качестве хладагента, растворителя и порообразователя при получении пенопластов) [19,20]. К достоинствам способа относятся пожаробезопасность.

4.2.3. Интересным и самым дешевым случаем является использование обычной воды, которая существенно увеличивает свой объем при переходе в пар. Кстати, в ТРИЗ литературе такой случай широко описан в задаче о перевозке шлака [21]. К сожалению, в традиционном описании задачи вкралась досадная ошибка. Дело в том, что в ней для создания слоя пены в ковш с расплавленным шлаком предлагается налить воды. А надо отметить, что температура шлака около $1000^{\circ}C$. А в одном из многочисленных повторений даже предлагалось наливать шлак в ковш, куда предварительно налили немного воды. Принципиально все верно, но очень бы хотелось посмотреть на этого смелого экспериментатора. Точнее, наоборот, очень бы не хотелось

посмотреть, да и не на самого экспериментатора, а на то, что от него осталось. Дело в том, что при контакте с водой раскаленный шлак рванет как хорошая мина. Впрочем, желающие могут воспроизвести этот смелый эксперимент плеснув на раскаленную сковороду с маслом немного воды. Но я этого не советую... В одном из дальнейших повторов кто-то поправил официальную версию решения и ввел влажный шлак на поверхность расплавленного шлака. Это также ни к чему хорошему не приведет, так как введение влаги строжайше запрещено правилами. К счастью, Георгий Северинец детально исследовал РЕАЛЬНЫЙ процесс получения пены на шлаке и выяснил, что в действительности пена, согласно АС №400621, образовывалась при температурном разложении карбонатов. В настоящее время он проводит подробный разбор этой задачи по АРИЗ.

Надо отметить, что для материалов, полученных испарением, может быть получена как закрытая, так и открытая пористость.

4.3. Следующим (химическим) вариантом получения пористых структур является введение в основу таких веществ, которые при определенных условиях "исчезают", оставляя после себя "пустоту". Конечно, в данном случае это не совсем пустота, полость остается заполненной газом, который получается при разложении вещества. Самым известным порообразователем из этой группы является бикарбонат аммония, всем известный под названием "пекарский порошок". Он используется в качестве разрыхлителя при выпечке. При нагревании до 49°C эта соль разлагается без остатка с выделением CO₂, H₂O и NH₃ в эквивалентных количествах. Правда выделенный газ происходит недостаточно стабильно, что ограничивает использование этого вещества.

4.3.1. Самыми известными промышленными порообразователями (порофорами) являются соединения, которые при воздействии термического поля полностью превращаются в газообразные продукты. Это, как правило, различные азотсодержащие соединения. Их эффективность определяется т.н. "газовым числом", т.е. объемом газа, выделившимся при разложении 1 г вещества. Характеристики промышленных порофоров, взятые из работы [22], а также найденные автором в специализированных базах данных, приведены в таблице. Представленные порофоры широко используются при производстве пенопластов на самой различной основе. Кроме того, малые добавки порофоров предотвращают появление раковин в отливках из полиэтилена и поливинилхлорида [23]. Это как раз тот самый, уже упомянутый случай 1.1. В этом способе появление большого количества мелких пузырьков компенсирует усадку материала, но практически не сказывается на его свойствах.

4.3.2. Аналогичные методы используются также для получения пенокерамики [30]. Так, например, по методу шликельного литья в подготовленную форму заливается смесь порошка основы и порообразователя, смешанного с жидкой связкой. В ее качестве может выступать раствор ацетилцеллюлозы в ацетоне, водный раствор поливинилового спирта, раствор полистирола в ксилоле и др. После испарения растворителя производится выплавление или выжигание порообразователя. Кроме того, при отжиге также удаляется связка. В качестве порообразователя используют: карбид кальция, гидроксид кальция, сульфат алюминия, пероксид водорода.

4.3.3. Весьма похожим способом получают пористые материалы методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) [24]. В качестве исходного материала использовались таблетки из спрессованного порошка, содержащего титан, сажу и газифицирующую добавку.

4.3.4. Сходными методами получают такой перспективный материал, как пеностекло. Строение пеностекла напоминает твердую мыльную пену, которая получается за счет окисления вспенивателя. В качестве газообразователей применяют каменноугольный кокс, антрацит, известняк, мрамор. Углеродсодержащие газообразователи создают в пеностекле замкнутые поры, а карбонаты - сообщающиеся. Температура разложения газообразователя должна быть на 50-70 С выше температуры размягчения стеклянного порошка. Размер ячеек пены может быть от долей миллиметра до сантиметра [25].

4.3.5. Одним из случаев использования порообразования из числа классических ТРИЗ задач служит использование щавелевой кислоты для генерации пены с углекислым газом в ванне с маслом, где производили закалку деталей. Действительно, щавелевая кислота разлагается с образованием углекислого газа и воды, однако остается достаточно сомнительной возможность ее растворения в масле. Если у кого-то есть такие данные - буду очень благодарен за уточнения.

4.4. Достаточно интересным и необычным является использование электромагнитных полей для получения пористых структур [26]. Например, получение полужесткого винипора открыто ячеистого пенопласта на основе поливинилхлорида и двух пластификаторов. Композицию насыщают низкокипящими жидкостями и углекислотой и перерабатывают при нагревании в поле ТВЧ. При этом происходит вспенивание и трехмерная полимеризация.

Образование пористых структур при воздействии на би-системы акустического, и магнитного полей пока не обнаружено.

4.5. Кроме того, возможно получение пористых систем путем удаления порообразователя дополнительным веществом. Т.е. это, в определенной степени, тоже разновидность химического получения. С другой стороны этот метод можно рассматривать, как случай развития веполя.

4.6. Типичным примером такого метода, является случай получения пор за счет "гашения" пищевой соды уксусом. Гораздо более интересным и, кстати, весьма широко распространенным в строительстве, является применение порошкообразного алюминия при производстве пенобетона. Дело в том, что формально алюминий разлагается щелочью, а фактически ничего добавлять в бетон не надо - щелочь в нем уже содержится. Все о пенобетоне вы можете прочитать на соответствующем сайте [27].

4.6.1. При получении пенокерамики обычно добавляют металлы, способные в кислой среде восстанавливать водород (магний, кальций, хром, магний, марганец, железо или кобальт). В щелочной среде используют добавки алюминия. Данный метод принципиально позволяет получать керамику с маленькими закрытыми порами.

5. Последним способом является получение композиций путем введения основы в порообразователь.

5.1.1. Хорошо известно получение пенных композиций на основе эмульсий. В этом случае механически создается эмульсия воды в мономере, или в растворе полимера. Затем полимер затвердевает (полимеризуется), а воду из полученной губки выдавливают. Именно таким методом получают суперадсорбенты, самыми известными из которых являются пресловутые "памперсы". К сожалению, попытки обнаружить ссылки непосредственно на подобные технологии в Интернет успехом не увенчались. Однако, эта информация очень широко представлена в патентных базах.

5.1.2. Весьма близки к предыдущему методы, при которых в растворе при увеличении его концентрации образуется каркас. Это так называемые золь-гель технологии. Всем известным примером геля является обычный студень. Самым крупнотоннажным применением этого метода является промышленное получение эффективного влагопоглощающего адсорбента - силикагеля. Аналогично получают различные типы керамики [28] и нанокompозиты [29]. Для материалов, которые получают этим способом характерна открытая пористость.

5.1.3. Аналогичные методы используются для получения пенокерамики [30]. Одним из методов является метод пропитки полимерного каркаса. Суть метода заключается в помещении полимерного каркаса (губки и др.) в раствор или порошок исходного вещества керамики с последующим выжиганием полимерной основы.

Таким образом, в представленной работе сделана попытка оказать изобретателям помощь при выборе способов повышения идеальности систем. Эти методы сейчас широко используются в промышленности, но их применение, возможно, может стать существенно шире, если представленная информация станет достоянием широкого круга решателей. Не могу не высказать благодарность моим коллегам Ляняшину В., Северинцу Г., Даниловскому Ю. и Кудрявцеву А. за помощь при обсуждении представленной работы.

КЫНИН Александр Тимофеевич, доктор технических наук, профессор кафедры теоретической и прикладной химии Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна (СПГУТД), ТРИЗ-консультант компании Самсунг-Электромекзникс.

Таблица

Свойства порообразователей.

Название, аббревиатура	Формула, М.в.	Торговая марка отечественная	Торговая марка зарубежная	Выпускаемая форма	Газовое число, см ³ /г	Темп разло
АММОНИЙ БИКАРБОНАТ, АММОНИЙ ДВУУГЛЕКИСЛЫЙ, Ammonium bicarbonicum, Ammonium bicarbonate, Ammoniumbikarbonat	NH ₄ HCO ₃ , Мол. в. 79,06	-	-	-	-	-
2,2 - Азо-бис- изобутиронитрил (АБИН)	(CH ₃) ₂ C(CN)-N=N- (CN)C(CH ₃) ₂ , Мол. в. 164,22	Порофор ЧХЗ- 57	Порофор N	Мелко- кристаллич. порошок голубоватого цвета	130-150	90-100
Диамид азодикарбоновой кислоты AZODICARBONAMIDE, Porophore-57 (AZDN)	C ₂ H ₄ N ₄ O ₂ , H ₂ NCON=CONH ₂ , Мол. в. 116.08	Порофор ЧХЗ- 21, ДАДК	Женитрон АС, целлоген AZ	Мелко- кристаллич. порошок желто- оранжевого цвета	200-250	170-180
Диазоаминобензол (ДАБ) DIAZOAMINO BENZENE, DAAB, 1,3- DIPHENYLTRIAZENE, N- (PHENYLAZO) ANILINE, ANILINOAZOBENZENE, BENZENEAZOANILINE, ALPHA- DIAZOAMIDOBENZOL	C ₁₂ H ₁₁ N ₃ , Мол. в. 197.11	-	Порофор DB, целлофор DAB	Мелко- кристаллич. порошок оранжево- коричневого цвета	122	120-130
N,N -Динитрозо- пентаметилтен-тетрамин (ДНПТА)	-	Порофор ЧХЗ- 18	Хемпор, уницел ND, вулкацел BN	Мелко- кристаллич. порошок желтовато- зеленова-того цвета	200-230	150-160
п,п -Окси-бис- бензолсульфонил- гидразид) (ОБСГ)	-	-	Женитрон ОВ, целлоген	Мелко- кристаллич. порошок серовато- белого цвета	126	130-140
Динитроизоэтил- мочевина	-	-	-	-	-	135
4-азо-бис-(4-циан- пентакарбоновая кислота)	-	-	-	-	-	110

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- <http://www.trizminsk.org/>
- <http://www.altshuller.ru/>

3. Учебник по ТРИЗ. Гл. 5. Вещественно-полевые ресурсы. Гасанов А.И. <http://www.metodolog.ru/>
4. <http://www.cnews.ru/newtop/>
5. <http://dic.academic.ru/>
6. Писаренко А.П., Поспелова К.А., Яковлев А.Г. Курс коллоидной химии. М., Высш. шк. 1964 245с.
7. Словарь по прикладной химии <http://www.chem.isu.ru/>
8. Кельцев Н.Н. Основы адсорбционной техники. М.: Химия. 1976 511с.
9. Дубинин М.М. Адсорбция и пористость: Учебное пособие. М.: Изд. ВАХЗ 1972 128с.
10. Анализ процесса литья детали "крышка окуляра правая" <http://www.microexp.com.by/>
11. <http://www.cad.ru/>
12. Журнал "Юный техник", 1991, № 11, с.11. <http://www.trizland.ru/>
13. ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ: ОТ ОЗАРЕНИЯ К ТЕХНОЛОГИИ Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В. (Теория и практика решения изобретательских задач), Кишинев, "Картя Молдовеняскэ", 1989.
14. <http://www.membrana.ru/articles/technic/>
15. Вспененные полимеры. <http://www.botik.ru/>
16. Пенополистирол <http://www.sns0.ru/>
17. <http://www.osoka.ru/help.htm>
18. Хладоны <http://www.kirov.ru/./hladon>
19. <http://www.kckk.ru/>
20. Технология производства пенопласта пенополистирола <http://www.sever-polimer.ru/>
21. ПРАВИЛА ИГРЫ БЕЗ ПРАВИЛ Петрозаводск, "Карелия", 1989.
22. ПОЛУЧЕНИЕ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЕ ПЕНОПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ НОВОЛАЧНЫХ ФЕНОЛОФОРМАЛЬДЕГИННЫХ ОЛИГОМЕРОВ Дворко Игорь Михайлович SciTecLibrary.com
23. Пенообразующий концентрат <http://www.ppres.ru/>
24. www.tsniimash.ru/
25. <http://extrotur.narod.ru/>, <http://www.a-stess.com/>, <http://ced01.pstu.ac.ru/>, <http://www.permonline.ru/>, <http://www.remont2000.ru/teplo/>
26. ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ ОТВЕРЖДЕНИЕМ ТЕРМОРЕАКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ. Дворко Игорь Михайлович. <http://www.sciteclibrary.com/>
27. Пенобетон <http://www.ibeton.ru/>

28. Материалы Всероссийской конференции "Физико-химические проблемы создания керамики специального и общего назначения на основе синтетических и природных материалов"
<http://keram-inform.narod.ru/>
29. "От наполненных полимерных композиционных материалов к наноструктурным композитам".
И.Д.Симонов - Емельянов, Е.В.Костин <http://www.mte.ru>
30. <http://fmg.inorg.chem.msu.ru>