

В качестве материалов ядра сэндвич структур нашли применение следующие материалы:

БАЛЬЗА

Недостатки:

- высокое влагопоглощение
- низкая стойкость к биологическому воздействию как следствие ограниченность к применению в судостроении.

ПЛИТЫ НА ОСНОВЕ ПЕНОПОЛИУРЕТАНА

Недостатки:

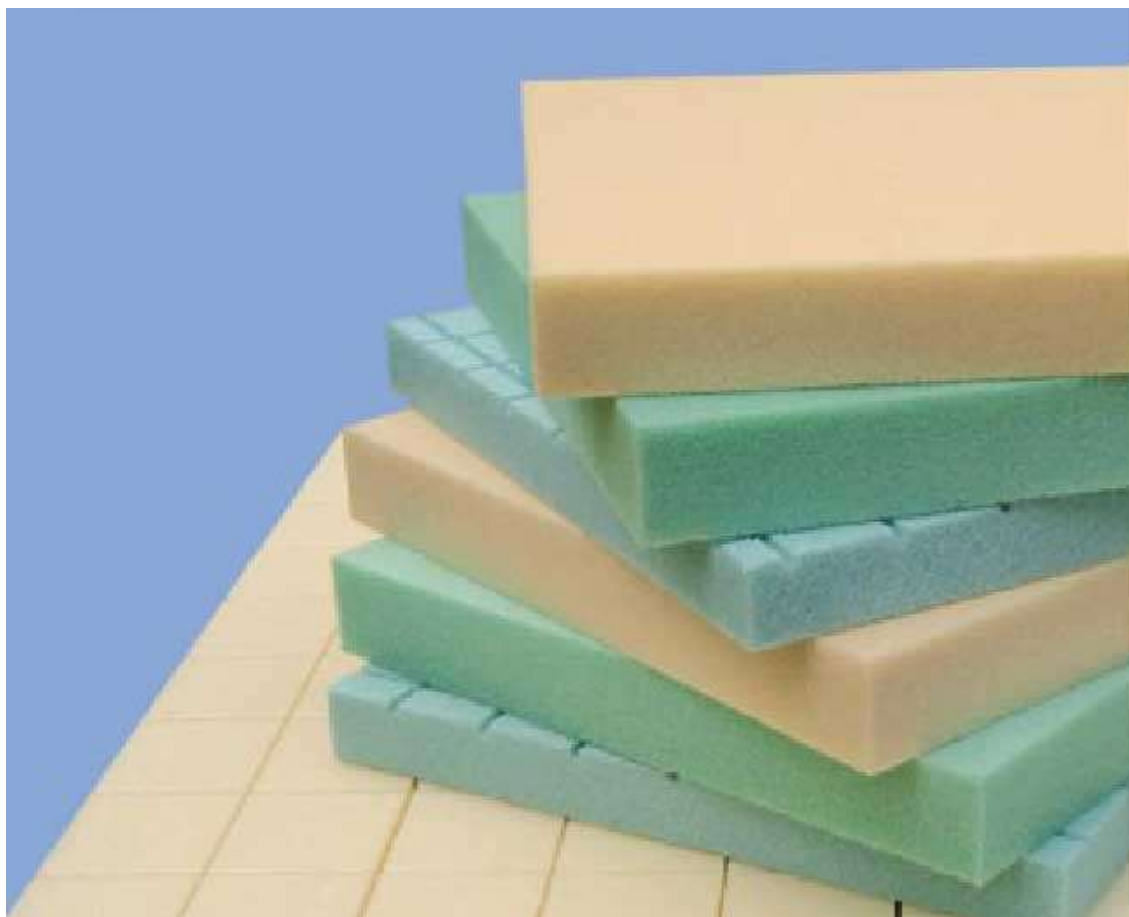
- высокое влагопоглощение
- низкая стойкость к динамическим нагрузкам
- пожаро- не безопасность

как следствие ограниченность к применению в судостроении.

ПЕНОПЛАСТ НА ПВХ ОСНОВЕ

Преимущества:

- высокое сочетание прочность/вес
- стойкость к динамическим нагрузкам
- самозатухание
- пониженное водопоглощение
- полная совместимость со стеклопластиком
- свобода в дизайне изделий
- гибкость в производстве



Эти свойства обеспечили конкурентное преимущество ПВХ пенопласта перед другими материалами, используемыми в производстве сэндвич-конструкций (например, бальзой) и обусловили широкое применение ПВХ пенопласта **Divinycell H** в первую очередь в судостроении, автомобилестроении, энергомашиностроении (ветряные генераторы), авиастроении и позволяют применять ПВХ пенопласт **Divinycell H** в сэндвич-конструкциях, где необходима прочность, жесткость и низкий вес.

Форма поставки ПВХ пенопласта

ПВХ пенопласт фирмы **DIAB** доступен в различном диапазоне плотности, как в стандартных листах, так и по требованиям клиента. Возможна поставка перфорированных ПВХ пенопласт листов и листов с насечками, по требованию заказчика. Возможна поставка не листовых элементов из ПВХ пенопласта.

Маркировка	Плотность	Размеры/площадь листа, м	Толщины, мм	Примечание
R 40	40	2,60x1,20 /3,12	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	листовой
H45	45	2,62x1,22/3,2	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	листовой
H60	60	2,44x1,22/2,98	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80	листовой
H80	80	2,44x1,22/2,98	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70	листовой
H100	100	2,04x1,02/2,08	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	листовой
H130	130	1,83x0,90/1,65	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60	листовой
H160	160	1,66x0,81/1,34	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55	листовой
H200	200	1,56x0,78/1,22	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50	листовой
H250	250	1,46x0,72/1,05	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45	листовой
H45 GS	45	1, 22 x0, 87 /1,0 6	5, 10, 12, 15, 20	на тканой основе, ячейки
H45 GSW	45	1, 22 x0, 87 /1,0 6	10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40	на тканой основе, ячейки
H60 GS	60	1, 22 x0, 813 / 0 , 99	5, 10, 12, 15, 20	на тканой основе, ячейки
H60 GSW	60	1, 22 x0, 813 / 0 , 99	10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40	на тканой основе, ячейки
H80 GS	80	1, 22 x0, 813 / 0 , 99	5, 10, 12, 15, 20	на тканой основе, ячейки
H80 GSW	80	1, 22 x0, 813 / 0 , 99	10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40	на тканой основе,

H100 GS	100	1, 02 x 1 , 00 / 1 , 02	5, 10, 12, 15	ячейки на тканой основе, ячейки
H100 GSW	100	1, 02 x 1 , 00 / 1 , 02	10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40	на тканой основе, ячейки
H130 GS	130	0 , 905 x 0 , 90 / 0 , 81	5, 10, 12, 15	на тканой основе, ячейки
H130 GSW	130	0 , 905 x 0 , 90 / 0 , 81	10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40	на тканой основе, ячейки

Пример маркировки:

H 45 GS

H - торговая марка (H- **DIVINYCELL**; R- **KLEGECCELL**)

45 - номинальная плотность, кг/м³ (см. описание)

GS - тип поверхности (см. классификацию)

Классификация ПВХ пенопласта

Без Маркировки (ПВХ пенопласт плотностью от 40 до 250 кг/м³, толщина от 5 до 80 мм)

Без каналов и насечек, листовой ПВХ пенопласт.

Наибольшее распространение получили ПВХ пенопласты плотностью от 40 до 200 кг/м³, и толщиной от 5 до 25 мм.

Маркировка GS И GSW (ПВХ пенопласт плотностью от 45 до 130 кг/м³, толщина от 5 до 40 мм)

Для укладки на криволинейные поверхности предназначены листы ПВХ пенопласта с нарезанными ячейками, для обеспечения целостности листа с одной стороны проклеена стеклосетка.

Наибольшее распространение получили ПВХ пенопласты плотностью от 40 до 60 кг/м³, и толщиной от 5 до 25 мм.

Маркировка GS (наиболее распространенная форма ПВХ пенопласта, около 80% применения за рубежом)

- Каналы получены ножом (ширина ножа 1,25 мм)
- Размер ячеек = 30x30 (+/-3) мм
- Возможна поставка ПВХ пенопласт листов с иным размером ячеек

Маркировка GSW

- Размер ячеек = 30x30 (+/-2) мм
- Возможна поставка листов ПВХ пенопласта с иным размером ячеек
- Для ПВХ пенопласта толщиной до 15 мм, каналы получены пилой (ширина полотна 1,25)
- Для ПВХ пенопласта от 15 мм, каналы получены как ножом, так и пилой

Другие марки ПВХ пенопласта Divinycell

Кроме марки Н, у ПВХ пенопласта **Divinycell** имеется набор марок, которые удовлетворяют требованиям к особым предназначениям.

- ПВХ пенопласт **Divinycell НСР** с его высоким гидравлическим пределом разрушения используется для различных подводных конструкций.
- ПВХ пенопласт **Divinycell НТ** имеет состав, который подходит для различных систем предварительной пропитки и температур проведения процесса.
- ПВХ пенопласт **Divinycell HD** обладает превосходными динамическими характеристиками и высокой упругостью. Предназначен для использования в фундаментах морских сооружений, на которые воздействует селинг и ударные нагрузки.
- Изоляционные ПВХ пенопласт **Divinycell IPN** демонстрируют низкую проницаемость паров воды при предельно низких и высоких температурах.
- ПВХ пенопласт **Divinycell НРС** был особо разработан для использования совместно с эпоксидной предварительной пропиткой. Подходит для проведения процессов при высоких температурах, вплоть до 120 С.

Показатели пожароопасности, выделения дыма и токсичности (FST) ПВХ пенопласта

Кислородный индекс (КИ)

Материалы, которые имеют кислородный коэффициент больше 21, называют самозатухающими. Все марки ПВХ пенопласта **Divinycell** - самозатухающие, при кислородном индексе от 25 до 40.

Тепловыделение (ТВ), скорость тепловыделения (СТВ)

Тепловыделение (ТВ) - это мера энергии, выделяющейся из материала при горении. Скорость тепловыделения (СТВ) - это скорость, с которой энергия выделяется во время испытаний; особенно интересна Пиковая скорость. Типовое значение ТВ и СТВ для ПВХ пенопласта **Divinycell** с толщиной 25 мм составляет 150-200 кВт/м².

Токсичность

При горении и сжигании ПВХ пенопласта выделяются типовые значения газа в промилле (частях на миллион) после 2 минут: CO₂ = 4000, CO = 150, HCl = 300, CH₂CHN = 15, HCN = 15. Никаких следов HF, HBr, NO_x, SO₂, H₂S, NH₃ или HCHO обнаружено не было.

Классификация ПВХ пенопласта Divinycell

Пример для железнодорожного транспорта

DIN 5510, Часть 2 - это германский стандарт по предупредительной защите от пожаров на железнодорожном транспорте.

Воспламеняемость включает в себя понятия экспериментальных длины горения и времени горения и классифицируется от S1 до S5, причем S5 - самый высокий класс.

Имеется два класса по развитию дыма и созданию капель, SR1/SR2 и ST1/ST2, где SR2 и ST2 - самые высокие. ПВХ пенопласт **Divinycell** классифицирован как S3/S4 и ST2.

Сертификация и качество ПВХ пенопласта Divinycell

В приложенных к данному описанию документах, имеются копия сертификата подтверждающего качество продукции компании **DIAB**, по стандартам ISO 9001:2000, а также копии документов от морского регистра **Lloyd**, разрешающих использовать данный материал в конструкциях, находящихся под ведомом морского регистра.



Ручное ламинирование

- Этап 1. Нанесение гелькоута.
- Этап 2. Смачивание поверхности смолой перед укладкой стекломатериала.
- Этап 3. Укладка поверхностного стекломата и пропитка.
- Этап 4. Прикатка мата для удаления воздуха.
- Этап 5. Ламинирование структурных слоев.
- Этап 6. Укладка мата плотностью 300-900 гр/м² для достижения хорошей связи с **DIVINYCELL**.
- Этап 7. Нанесение смолы на тканую поверхность **DIVINYCELL**.
- Этап 8. После укладки **DIVINYCELL** на поверхностный слой ламината, прикатка роликом для освобождения от воздуха (повторяйте в течении 10 мин).
- Этап 9. Проверьте качество пропитки тканой основы смолой и степень адгезии пенопласта, если недостаточно повторить пункт 8.
- Этап 10. Для обеспечения наилучшей адгезии с последующими слоями и уменьшения воздушных включений наполните каналы смолой.*
- Этап 11. Проверьте качество соединения, проведя тест на чистый звук. Если слышен пустой звук, переклейте по необходимости.
- Этап 12. Нанесение смолы на поверхность **DIVINYCELL** и укладка последующих слоев стекломатериала.

* Дайте возможность смоле полимеризоваться, перед укладкой последующих слоев.



Механическая обработка ПВХ пенопласт

Поперечная распилка

Этот тип распилки может использоваться при любой плотности ПВХ пенопласта и со многими многослойными панелями. Просим учесть, что скорость подачи при обработке многослойных панелей и при повышенной плотности ПВХ пенопласта должна быть снижена. Основные параметры для поперечной распилки таковы:

- Скорость резания 50-60 м/с.
- Лезвия для пил с карбидными наконечниками.
- Лезвия размером 350-400 мм, с 54-96 зубьями.
- Попеременная или трапециевидная заточка зубьев

Ленточная распилка

Этот тип механической обработки может без проблем применяться при низких плотностях ПВХ пенопласта. При повышенных плотностях ПВХ пенопласта ($>200 \text{ кг/м}^3$) скорость подачи должна быть существенно снижена. Параметры механической обработки таковы:

- Скорость резания 30-35 м/с.
- Лезвия с карбидными наконечниками.
- Лезвия шириной 10-13 мм.

Резание

При резании скорость должна составлять 50 м/с. Скорость подачи в очень значительной степени зависит от того, какой плотности ПВХ пенопласт подвергается механической обработке. Первая проба при 6 м/мин должна дать хорошие указания на то, как действовать дальше. При повышенных плотностях ($> 100 \text{ кг/м}^3$) устанавливайте начальную скорость подачи 2 м/мин.

Горизонтальная распилка

Этот тип распилки производится с помощью стандартного лезвия для пилы и при следующих основных параметрах:

Лезвие шириной 20 мм.

- 3 зуба на дюйм.
- Стандартная настройка (через зуб) до 1,5 мм.
- Крюкообразные зубья.
- Лезвия с карбидными наконечниками.
- Скорость резания 45-50 м/с.
- Скорость подачи 0,5-2 м/мин, в зависимости от плотности.

Абразивная обработка

При абразивной обработке получающаяся в результате поверхность отличается от той, что выходит при резании или горизонтальной распилке. Поверхность ПВХ пенопласта содержит разнонаправленные деформированные ячейки. Это можно ощутить, проведя рукой по листу ПВХ пенопласта в разных направлениях.

Параметры механической обработки ПВХ пенопласта, в основном, таковы:

- Стандартная зернистость шлифовальной бумаги - 60-80 единиц. (Использовались марки вплоть до 240-300 ед.)
- Скорость бумаги 25 м/с.

Скорость подачи в весьма значительной мере зависит от того, какой плотности ПВХ пенопласт подвергают механической обработке. Она может меняться от 3 м/мин до 15 м/мин, самое большое значение соответствует самой низкой плотности ПВХ пенопласта. Величина толщины ПВХ пенопласта, который может быть обработан, составляет максимально 3 мм на цилиндр и проход, но реальным значением для начала будет 1 мм.

Фрезерование

Этот тип механической обработки с использованием режущего инструмента фасонно-фрезерного станка используют для удаления плохого материала с целью ремонта блоков или достижения высокого качества чистоты поверхности. Для начала можно использовать стандартные типы головок, устанавливая те же основные параметры, что и при резании, за исключением количества ножей (рекомендуется два, а не четыре), хотя хороших результатов можно добиться и с четырехножевыми головками. С фрезерными головками меньших размеров можно использовать большее количество ножей.

Сверление

При сверлении ПВХ пенопласта **Divinycell** можно использовать стандартные типы сверлильных головок. Скорость резания должна составлять 40 м/с. При высверливании из ПВХ пенопласта пробок количество режущих инструментов должно сохраняться низким, предпочтительно от двух до четырех. Скорость подачи напрямую связана с типом обрабатываемого ПВХ пенопласта. Правило - начинать с низкой скорости и проверять результат.

Термоформование ПВХ пенопласта

Общие сведения

Термоформование проводится путем нагревания ПВХ пенопласта **Divinycell** до температуры его размягчения и принудительной подачи его в вогнутую или выпуклую форму.

Формы

Формы для термоформования могут быть изготовлены из наиболее распространенных материалов. Если серия невелика или если Вы работаете с прототипом, приемлема деревянная форма. Предпочтительными являются стальные или алюминиевые формы из-за их высокой теплопроводности и стабильности. Можно использовать пластмассовые формы, но они также накапливают тепло.

Изделия с единым радиусом кривизны, большим 400 мм, лучше всего формуются по выпуклым формам. Это может быть проведено или формованием разверткой с помощью тонкой стальной фольги, или вакуумным пакетированием. Вакуумное пакетирование - это простая операция, производимая с помощью недорогих инструментов, но у нее имеются некоторые недостатки. Для нее требуется время для размещения вакуумного пакета, и лист может остывать слишком долго.

Этих недостатков можно избежать, если собирать вакуумный пакет на холодном листе и форме. Форма затем помещается в печь с горячим воздухом. Температура внутри листа измеряется с помощью инструмента для измерения температуры. Когда будет достигнута подходящая температура, производится вакуумирование. После этого форма вытягивается из печи и остывает при сохраняемом вакууме. Следует учесть время, температуру и параметры вакуума, чтобы избежать эффектов сползания.

Если радиус меньше 400 мм, следует использовать вогнутую форму. С ней можно работать вакуумным пакетированием или формованием по соответствию форме.

Последний способ следует применять, если радиус мал, толщина или плотность значительны и требуется высокая нагрузка. Необходимо использовать ограничители, чтобы избежать сжатия внутреннего слоя.

Нагрев

Наилучший способ нагрева ПВХ пенопласта **Divinycell** - в прессе с подогреваемой плитой и ограничителями или в печи с циркуляцией горячего воздуха.

При толщинах ПВХ пенопласта вплоть до 10-15 мм можно использовать также инфракрасные нагревательные приборы. Инфракрасные лучи при толщине ПВХ пенопласта, превышающей указанные значения, не будут проникать достаточно глубоко.

Температура во всех трех случаях должна поддерживаться в пределах 3 С.

Если температура слишком высока, это будет влиять на стабильность размеров, а если слишком низка, то упругое последствие будет слишком большим. Неравномерное распределение температуры приведет к короблению ПВХ пенопласта **Divinycell**.

Значения температуры и времени

Следующие температуры должны использоваться для различных марок ПВХ пенопласта, вне зависимости от радиуса и толщины:

Марка	H45 - H250	HT и HCP
Температура (°C)	от +100 до +120	от +120 до +130

Следующая продолжительность должна быть выбрана для различных толщин ПВХ пенопласта, независимо от радиуса и марки.

Толщина (мм)	10	20	30	40	50	60
--------------	----	----	----	----	----	----

Время (мин) 3-7 3-7 10-15 15-20 20-30 30-45

Температура и время зависят от местных условий и должны быть выверены перед началом изготовления. Начинайте при самых низких значениях времени и температуры.

Следующие температуры в центре внутреннего слоя должны устанавливаться для различных марок ПВХ пенопласта, если холодный лист подвергают вакуумному пакетированию в печи с горячим воздухом.

Марка	H45 - H250	HT и HCP
Температура (°C)	+85	+100

Время от вывода из устройства для нагрева до приложения давления не должно превышать 0,5 минуты, чтобы не допустить остывания ПВХ пенопласт **Divinycell**.

Стабильность размеров

ПВХ пенопласт **Divinycell** будет изменять свои размеры, когда его нагревают в соответствии с приведенными выше значениями температуры и времени. Применимы следующие типовые величины как процент от первоначальных размеров:

- Длина/ширина = 3%
- Толщина = -3 - 0%

Чтобы компенсировать упругое последствие в ПВХ пенопласте **Divinycell**, радиус формы должен быть на 5-10% меньше, чем радиус готового изделия.

Следует также учесть, что кромки термоформованных элементов проявляют тенденцию к выпрямлению.

Следует соблюдать осторожность, чтобы не допустить упругого последствия в ходе хранения. Возможно, понадобится использовать специально сконструированные коробки или поддоны.

Влияние на физические характеристики

Во время термоформования на ПВХ пенопласт **Divinycell** оказывается два типа воздействий:

- Снижение плотности при нагреве.
- Удлинение внешнего радиуса.

В каждом случае это приведет к незначительному снижению физических характеристик. Типовое уменьшение - 0-5%. Из расчетных соображений следует использовать величину 10%.