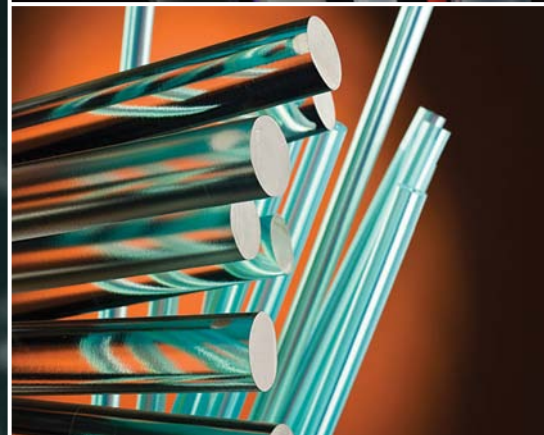
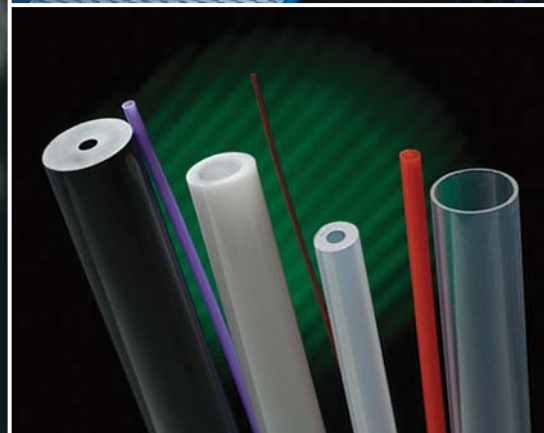


# ТЕРМОПЛАСТЫ

## ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК



## Введение

Название «пластик» говорит о том, что речь идет о материалах, изготовленных искусственно. В виде исходного сырья применяются нефть, природный газ и уголь. Путем переработки этих веществ получают химические соединения, которые своей структурой определяют специфические свойства этих материалов. Пластики делятся на три группы:

- термопласты
- реактопласты
- эластомеры

Для причисления материала к той или иной группе определяют его основные составляющие, упорядочение в нем макромолекул и химические связующие. Различие между трехмерной макромолекулой реактопластов и эластомеров и одномерной макромолекулой термопластов. Реактопласты состоят из тесно сцепленных и «сшитых» молекул, благодаря чему материал не деформируется даже под воздействием температуры. Высокая степень смешения и прочность связей делает материал твердым и хрупким с высокой стойкостью к растворителям. В отличие от реактопластов, эластомеры имеют более широко расположенные молекулы. Именно такое размещение обуславливает упругие свойства в нормальных условиях. Термопласты можно разделить на аморфные и частично кристаллизованные. Эти группы пластмасс будут описаны ниже более подробно.

Более подробную информацию о реактопластах и эластомерах можно найти в соответствующей литературе.

## Термопласты. Общие сведения

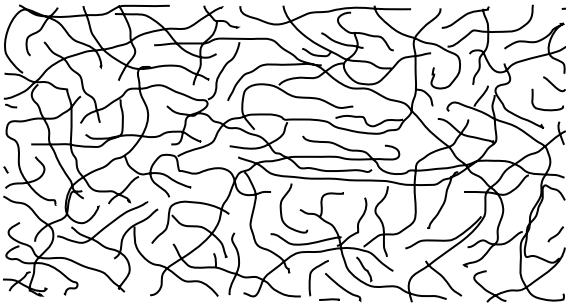
### ПОЯСНЕНИЕ ПОНЯТИЯ ТЕРМОПЛАСТЫ

Полимеры, которые многократно после нагревания становятся мягкими вплоть до жидкого состояния, а после охлаждения опять приобретают прочность, называются термопластами. Они содержат линейные или разветвленные молекулярные цепи, которые, как правило, расположены беспорядочно (структура комка ваты) или имеют определенную структуру. Величина физических сил между этими молекулами полностью определяет свойства и поведение термопластов. В связи с тем, что эти силы имеют температурную зависимость, свойства термопластов очень зависят от температуры применения.

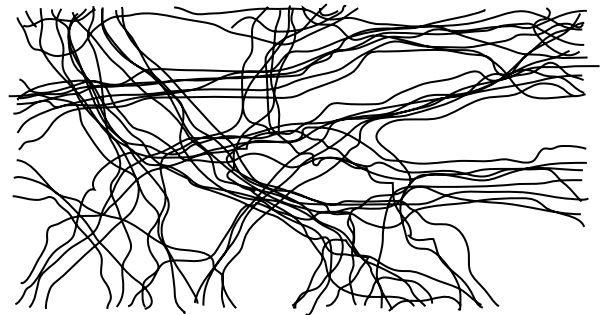
### РАЗДЕЛЕНИЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

Термопласты делятся на две группы:

- аморфные термопласты, например, PS, PVC, PMMA, PC
- частично кристаллизованные термопласты, например, PE, PP, POM, PA



Аморфные термопласты



Частично кристаллизованные термопласты

### АМОРФНЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ

Выражение «аморфные» обозначает, что молекулы неупорядочены, не имеют внутренней структуры. Их пространственное расположение можно сравнить с неупорядоченной структурой комка ваты. Аморфные термопласты прочны, тверды и хрупки при 20 °C и имеют высокий модуль упругости. Аморфные термопласты состоят из длинных молекулярных цепочек, которые переплетаются при полимеризации. В связи с асимметричной структурой и беспорядочной группировкой, они не кристаллизуются и, следовательно, прозрачны. Цвет они приобретают только при введении модификаторов. Материалы этой группы демонстрируют крайне низкую усадку при литье. Для улучшения их обрабатываемости, часто добавляют разнообразные добавки, что существенно изменяет весь спектр свойств. Температуры использования термопластов обычно лежат ниже температуры стеклования. Такое состояние характеризуется отсутствием движения макромолекулярных цепей или их сегментов. Деформационное поведение полимеров в таком состоянии и обычных упругих твердых тел ничем не отличается, а развивающиеся в таких условиях в полимерах деформации являются полностью упруго обратимыми.

Если полимерный материал нагреть до температуры, превышающей температуру его стеклования, то он переходит в следующее релаксационное состояние — высокоэластическое, когда материал становится более мягким и эластичным. Приложение в таком состоянии к полимеру внешней нагрузки приводит к высокоэластичной деформации которая, как и упругая, является полностью обратимой деформацией, но в отличие от последней имеет энтропийную природу.

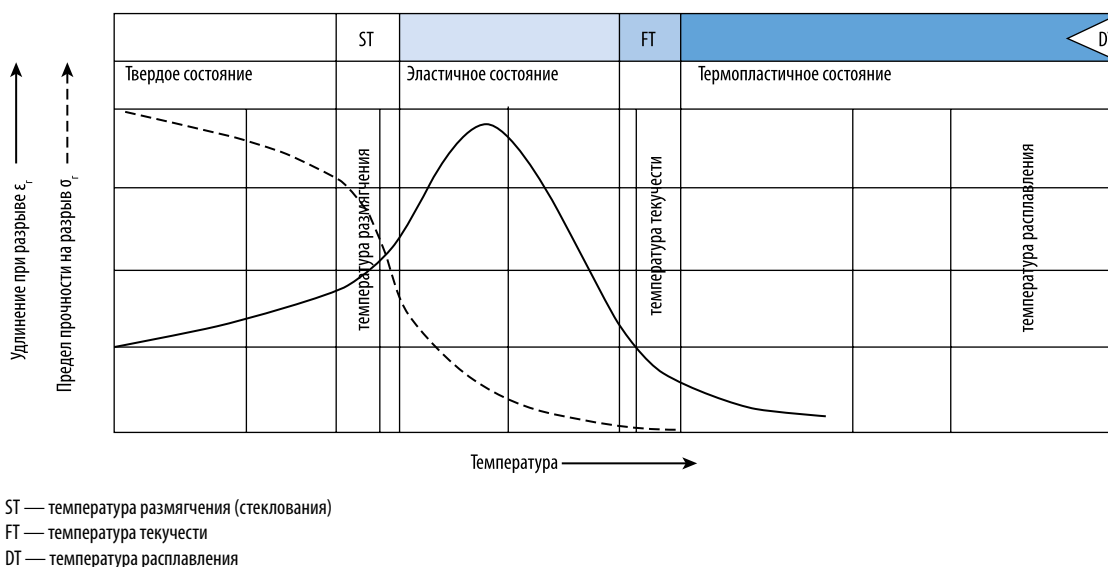
При дальнейшем нагревании полимера выше некоторой температуры, называемой температурой текучести, надмолекулярные образования становятся столь нестабильными, что появляется возможность в относительном смещении цепей макромолекул друг относительно друга при приложении к нему внешней нагрузки. Последнее обстоятельство и обеспечивает течение полимерных сред в этом состоянии, при этом деформации течения являются необратимыми, а само состояние полимера называют вязкотекучим. Особо следует отметить, что деформирование полимеров в вязкотекучем релаксационном состоянии вовсе не означает того, что развивающиеся в них деформации являются исключительно деформациями течения.

Термопласты могут быть перерабатываться литьем и экструзией, и обрабатываются формовкой, свариванием и всеми видами механической обработки.

### ЧАСТИЧНО КРИСТАЛЛИЗОВАННЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ

В частично кристаллизованных термопластах (ЧКТ) наряду с аморфными участками содержатся и некоторые участки, в которых молекулы расположены в определенном порядке. Эти связанные молекулярные структуры называются кристаллитами. Плотность такой молекулярной структуры выше, чем плотность в аморфном участке. Сила физического соединения в области кристаллитов выше. Примером такой симметричности и длинной молекулярной цепи может служить полиэтилен высокой плотности. Прозрачность полукристаллических пластиков уменьшается по мере увеличения их кристалличности. Они непрозрачны. Если температура частично кристаллических термопластов ниже чем  $T_g$ , это хрупко-твердое их состояние. Пластик обладает высокой прочностью, высоким модулем упругости и низкой пластичностью. Когда температура выше  $T_g$ , пластик очень прочный и обладает хорошей прочностью к истиранию. Это обуславливает что, в отличие от аморфных термопластов, температура длительной эксплуатации для ЧКТ выше температуры стеклования  $T_g$ . В отличие от аморфных термопластов, у частично кристаллических пластмасс происходит резкий переход из твердого состояния. При некоторой температуре  $T_m$ , кристаллиты полимера плавятся, и полимер переходит в состояние расплава. Полимер кристаллизуется вновь при охлаждении из расплава. Во время нагрева и охлаждения плотность упорядоченных участков значительно возрастает, изменяя объем — в результате возникает значительная усадка и деформация. Как правило, кристаллизации еще не завершена после удаления источника тепла используемого для обработки: пластика — т.е. инжекционного литья. Остаточная рекристаллизация может длиться несколько недель. Диапазон эксплуатационных температур находится в пределах между температурой стеклования  $T_g$  и температурой плавления кристаллита  $T_m$ . Типы обработки те же, что и у аморфных термопластов, но условия охлаждения, и температура обработки оказывают существенное влияние на свойства по причине неравномерности кристаллизации и времени рекристаллизации. Таким образом, свойства термопластов значительно зависят от химической структуры основных структурных сегментов, длины молекулярной цепи, степени кристалличности и сил, действующих между молекулами.

### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СВОЙСТВА ЧАСТИЧНО КРИСТАЛЛИЗОВАННЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ



Технологические свойства материалов существенно зависят от температуры, при которой они используются. По состоянию материалов их можно разделить на следующие группы:

#### Твердое состояние

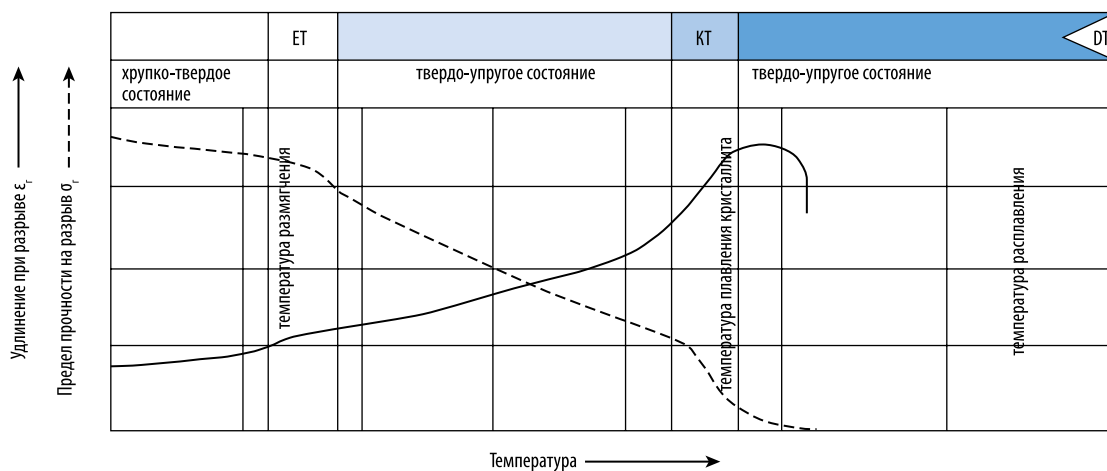
Материал твердый и хрупкий как стекло. Обычное состояние для обработки резанием, гибкой, фрезеровкой и пр.

#### Эластичное состояние

Обычная область для формования и изгиба.

#### Термопластичное состояние

В этой области проводятся все процессы переработки (экструзия, прессование, литье под давлением).



### ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА СВОЙСТВА АМОРФНЫХ ТЕРМОПЛАСТОВ

Технологические свойства материалов существенно зависят от температуры, при которой они используются. По состоянию материалов их можно разделить на следующие группы:

#### Хрупко-твердое состояние

Материал твердый и хрупкий как стекло. В этом диапазоне материал обычно не применяют.

#### Твердо-упругое состояние

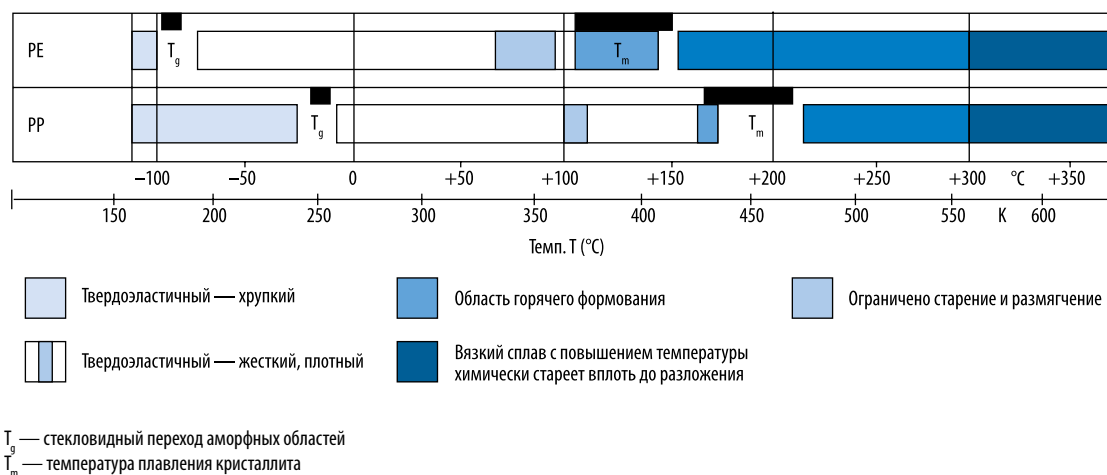
Температурный диапазон для формования, склеивания, поверхностной обработки материала.

#### Термоэластичное состояние

Область применения для всех технологий термоформования (глубокая вытяжка, формование изгибанием и растяжением).

#### Термопластичное состояние

В этой области проводятся все работы, связанные со свариванием. Производители полуфабрикатов перерабатывают гранулу материал при этих температурах методами экструзии и прессования.



### СВОЙСТВА ПОЛИПРОПИЛЕНА И ПОЛИЭТИЛЕНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

В области между  $T_g$  и  $T_m$  находится аморфная часть в термоэластичном состоянии и образует подвижную связь с кристаллитами. Этим можно обосновать факт, что частично кристаллизованные синтетические материалы лучше формуются и обладают более высокой эластичностью и стойкостью к ударным нагрузкам.

## Частично кристаллизованные термопласты производства Röchling Engineering Plastics

Polystone® M = PE-UHMW, PE1000

Polystone® D = PE-HMW, PE500

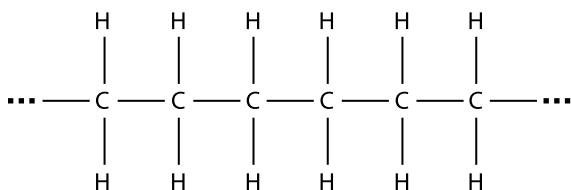
Polystone® G = PE-HD, PE300

Polystone® E = PE-LD

Polystone® P (PP h) = PP-гомополимер

Polystone® P (PP c) = PP-сополимер

### Полиэтилен (PE)



Молекулярная структура PE

Для полиэтилена характерна простая молекулярная структура (фрагменты  $-\text{CH}_2-$  сгруппированы в простой ряд). В зависимости от процесса полимеризации полиэтилен может быть произведен с разными плотностями. Различная плотность объясняется разным количеством «упорядоченных» молекулярных фрагментов.

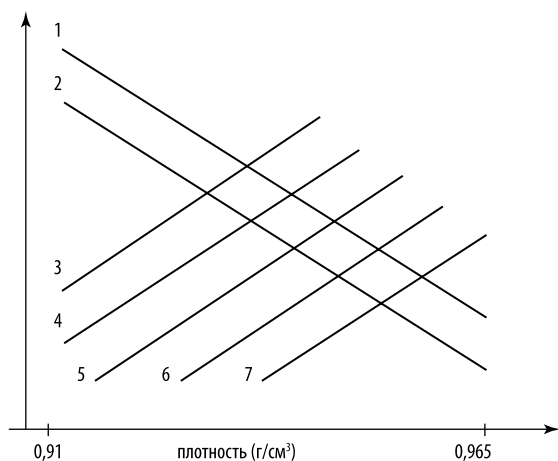
#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Для всех типов полиэтилена характерны следующие свойства:

- низкая плотность
- высокая прочность
- значительное удлинение при разрыве
- температурный диапазон эксплуатации от  $-50\text{ }^\circ\text{C}$  до  $+90\text{ }^\circ\text{C}$
- хорошие электроизоляционные свойства
- очень хорошая стойкость к химическому воздействию
- незначительная абсорбция воды

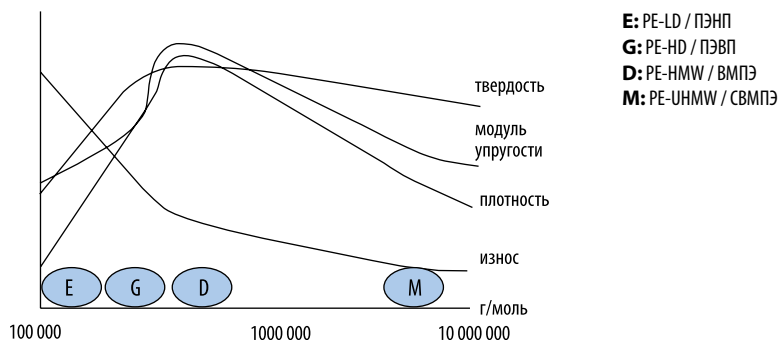
Физические свойства ПЭ существенно зависят от длины молекулярной цепи (молекулярной массы) и структуры молекул (их кристаллизации) Для оценки этих двух величин измеряется вязкость и плотность.

#### ЗАВИСИМОСТЬ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНА ОТ ПЛОТНОСТИ (СХЕМАТИЧЕСКИ)



1. ударная вязкость
2. сопротивление образованию разрывов при растяжении
3. модуль упругости
4. прочность на растяжение
5. твердость
6. стойкость к хим. воздействию
7. сопротивление диффузии

## ЗАВИСИМОСТЬ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИЭТИЛЕНА ОТ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ

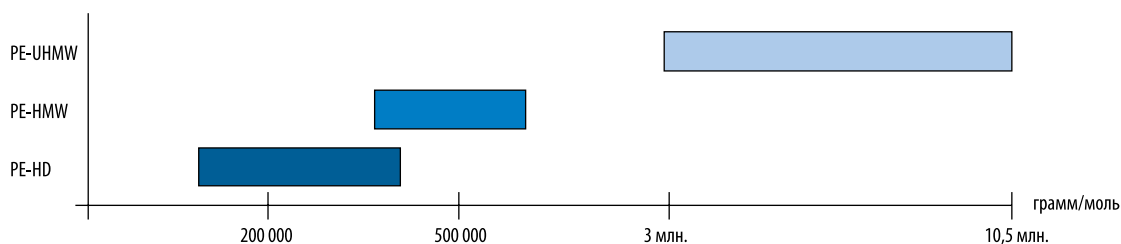


Особое место среди типов ПЭ занимает сверхвысокомолекулярный полиэтилен. Молекулярная масса СВМПЭ находится в пределах от 3 до 10 миллионов грамм на моль. С ростом молекулярной массы увеличивается и целый ряд технически важных свойств полиэтилена:

- ударная вязкость
- стойкость к истиранию
- ударная вязкость при высоких скоростях
- низкий коэффициент теплового расширения
- предел прочности на разрыв при повышенной температуре
- стойкость к растрескиванию

Перечисленные свойства создают замечательную комбинацию свойств. СВМПЭ обладает непревзойденной износостойкостью и высокой химической стойкостью, а также анти-адгезионными свойствами. Это в дополнение к минимальному коэффициенту поверхностного трения делает его отличной парой трения с разнообразнейшими материалами, например, металлами (как на направляющие для транспортеров), другими пластмассами и деревом. ПЭ1000 обладает редким сочетанием свойств, что делает его идеальным материалом для футеровки конвейерных желобов, бункеров и кузовов самосвалов.

## МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА РАЗНЫХ ВИДОВ ПОЛИЭТИЛЕНОВ



## PE НА ПРИМЕРЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЕМКостей

Немецкий институт строительной техники в своих нормативах строительства и тестирования указывает, что для производства емкостей для хранения жидкостей и их элементов из термопластов могут использоваться только протестированные полуфабрикаты. Материалы, отвечающие хотя бы минимально требуемым показателям, приведены в списке DIBT.

Материалы, применяемые для производства Polystone® G, указаны в списке «полиэтиленовых материалов» института DIBT. Контроль процесса производства (качества) полуфабрикатов из материала Polystone® G проводится согласно стандарту DIN 18200.

Необходимый для этой цели внешний контроль проводит у нас с 01.09.1989 фирма SKZWürzburg.

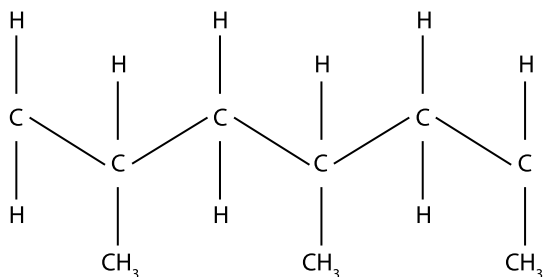
Все полуфабрикаты из материала Polystone® G, как то:

- экструдированные листы
- прессованные плиты
- экструдированные круглые стержни
- сварочный прут

имеют этикетку, содержащую № партии и необходимые сведения об изделии.



## Полипропилен (PP) — Polystone® P



Молекулярная структура PP

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Полипропилен образуется в результате полимеризации пропилена. Боковая метиловая группа (группа CH<sub>3</sub>-) может быть пространственно по-разному упорядочена. Это расположение позволяет создавать ПП с разными свойствами. По расположению метильной группы различают следующие виды полипропилена:

- Изотактический полипропилен: у этой разновидности ПП все CH<sub>3</sub> группы расположены с одной стороны
- Синдиотактический полипропилен: CH<sub>3</sub> группы этого ПП находятся в строгом порядке на противоположных сторонах молекулярной цепочки
- Атактический полипропилен: этому ПП характерно хаотическое расположение групп CH<sub>3</sub>

Частично кристаллизированный, изотактический полипропилен очень важный техничекый материал. Высокая кристалличность этого материала обеспечивает непревзойденные технические характеристики. Polystone® P является изотактическим полипропиленом.

Характерные различия между полипропиленом и полиэтиленом:

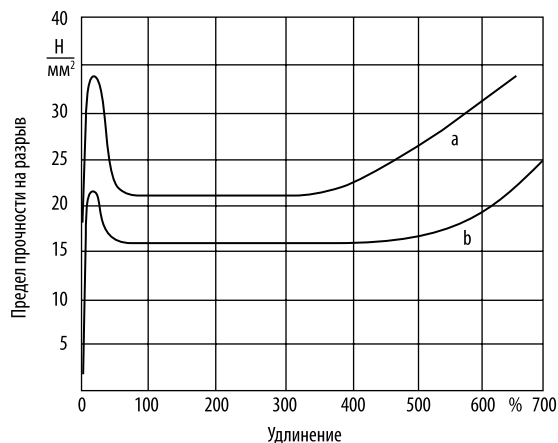
- меньшая плотность
- больше жесткость и прочность
- более высокая температура плавления (160...165 °С)
- большая размерная стабильность при нагреве
- гомополимеры полипропилена охрупчиваются при температурах ниже 0 °С, что не характерно для сополимеров
- высокие электроизоляционные свойства
- более низкая стойкость к окислению

### ГОМОПОЛИМЕРЫ ПОЛИПРОПИЛЕНА

Гомополимеры обладают высокой твердостью, жесткостью и прочностью на растяжение при достаточной пластичности, вплоть до комнатной температуры. При температуре близкой к точке замерзания и ниже становятся очень хрупкими.

### СОПОЛИМЕРЫ ПОЛИПРОПИЛЕНА

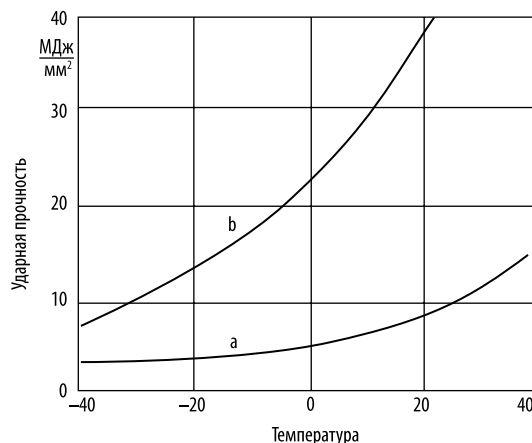
Сополимеры обладают очень хорошей пластичностью и могут применяться вплоть до -40 °С. Температура постоянного использования и прочность понижаются по сравнению с гомополимерами приблизительно на 10–20 %.



a — Polystone® P homopolymere

b — Polystone® P copolymere

Зависимость предела прочности на разрыв от удлинения двух типов полипропилена



Зависимость ударной прочности ПП от температуры (испытания образца с надрезом согласно DIN 53453)

## Сравнение характеристик частично кристаллизованных термопластов производства Röchling Engineering Plastics

### ТЕРМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

| Наименование (вид материала)              | Polystone® M (PE-UHMW) | Polystone® D (PE-HMW) | Polystone® G (PE-HD) | Polystone® P (PP)      |
|---|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|
| Плотность, г/см <sup>3</sup>              | 0,93                   | 0,95–0,96             | 0,94–0,95            | 0,90–0,92              |
| Максимальная температура эксплуатации, °C | 80–90                  | 80–90                 | 70                   | 100–135                |
| Минимальная температура эксплуатации, °C  | –250                   | –100                  | –50                  | 0 гомоп.<br>–40 сопол. |
| Теплопроводность, Вт/мК                   | 0,4                    | 0,4                   | 0,4                  | 0,22                   |

| Наименование материала | Polystone®                                   |                     |                  |           |                    |                    |                       |                      |                      |
|------------------------|--|---------------------|------------------|-----------|--------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                        | M  | D                   | G натур.         | G черный  | E натур.           | P гомоп.           | P сополимер           |                      |                      |
| Общие свойства         | стойкость к УФ                               | –                   | –                | –         | ++++               | –                  | –                     | –                    |                      |
|                        | пищевой допуск                               | +                   | +                | +         | +                  | ±                  | +                     | +                    |                      |
|                        | плотность                                    | г/см <sup>3</sup>   | DIN 4102         | 0,93      | 0,96               | 0,95               | 0,96                  | 0,92                 | 0,91                 |
|                        | горючесть                                    |                     | UL94             | HB        | HB                 | HB                 | HB                    | HB                   | HB                   |
|                        | водопоглощение                               | %                   | DIN EN ISO 62    | < 0,01    | < 0,01             | < 0,01             | < 0,01                | < 0,1                | < 0,1                |
| Механические свойства  | предел прочности на разрыв                   | Н/мм <sup>2</sup>   | DIN EN ISO 527-1 | 20        | 27                 | 22                 | 22                    | 10                   | 32                   |
|                        | Относительное удлинение при разрыве          | %                   | DIN EN ISO 527-1 | > 200     | > 50               | > 50               | > 50                  | > 50                 | > 50                 |
|                        | Модуль упругости при растяжении              | Н/мм <sup>2</sup>   | DIN EN ISO 527-1 | 680       | 1.200              | 800                | 800                   | 200                  | 1.300                |
|                        | Ударная вязкость образца с надрезом по Шарпи | МДж/мм <sup>2</sup> | DIN EN ISO 179-2 | –         | –                  | –                  | > 16                  | 12                   | 85                   |
|                        | Твердость по Шору                            |                     | DIN EN ISO 868   | 63        | 65                 | 63                 | 63                    | 45                   | 72                   |
| Тепловые свойства      | Температура плавления                        | °C                  | DIN EN ISO 3146  | 135       | 135                | 135                | 135                   | 110                  | 162...167            |
|                        | Теплопроводность                             | Вт/(м·К)            | ISO 8302         | 0,4       | 0,4                | 0,4                | 0,4                   | 0,35                 | 0,2                  |
|                        | Удельная теплоемкость                        | кДж/(кг·К)          | DIN 51005        | 1,9       | 1,9                | 1,9                | 1,9                   | 2,1                  | 1,7                  |
|                        | Диапазон рабочих температур                  | °C                  |                  | –250...80 | –100...80          | –50...80           | –50...80              | –50...60             | 0...100              |
|                        | Рабочая температура, кратковременная (макс.) | °C                  |                  | 130       | 100                | 100                | 100                   | 90                   | 150                  |
|                        | Температура тепловой деформации              | °C                  |                  | 79        | 79                 | 67                 | 67                    | 96                   | 90                   |
|                        | Диэлектрическая постоянная                   |                     | DIN VDE 0303-4   |           | 2,3                | 2,4                | 2,5                   | 2,4                  | 2,4                  |
| Электрические свойства | Тангенс угла диэлектрических потерь (50 Гц)  |                     | DIN VDE 0303-4   |           | 2×10 <sup>-4</sup> | 6×10 <sup>-4</sup> | 3,75×10 <sup>-4</sup> | 3,5×10 <sup>-4</sup> | 1,9×10 <sup>-4</sup> |
|                        | Удельное сопротивление                       | Ω·см                | DIN VDE 0303-3   |           | > 10 <sup>14</sup> | > 10 <sup>14</sup> | > 10 <sup>14</sup>    | > 10 <sup>14</sup>   | > 10 <sup>14</sup>   |
|                        | Поверхностное сопротивление                  | Ω                   | DIN VDE 0303-3   |           | > 10 <sup>14</sup> | > 10 <sup>14</sup> | > 10 <sup>14</sup>    | 10 <sup>14</sup>     | > 10 <sup>13</sup>   |
|                        | Электрическая прочность                      | кВ/мм               | IEC 60243        |           | 45                 | 45                 | 45                    | 45                   | 45                   |

Приведенные данные являются только иллюстративными и лишь при условии особой договоренности могут служить в качестве гарантийной информации.



## Свойства термопластов

### СТОЙКОСТЬ К ХИМИЧЕСКИМ И ДРУГИМ СРЕДАМ

Полиэтилен и полипропилен проявляют в результате своей неполярной структуры как высокомолекулярные парафиновые углеводороды необычайную стойкость к воздействию химических веществ и других сред. Они устойчивы к водным растворам солей, кислот и щелочей.

HDPE имеет тенденцию к растрескиванию при воздействии внешней нагрузки. Конструктору необходимо учесть, что этот материал можно устанавливать лишь там, где имеется только небольшое или никакое напряжение

PP подвержен растрескиванию в значительно меньшей мере. Стабилизированные модификации не растрескиваются и не коробятся даже при контакте с кипящими водными растворами щелочей.

Высокие температуры могут существенно повлиять на стойкость материалов к действию химических веществ, в связи с этим необходимо при проектировании оборудования для химической промышленности учитывать концентрацию и тип контактируемой среды и температурный режим.

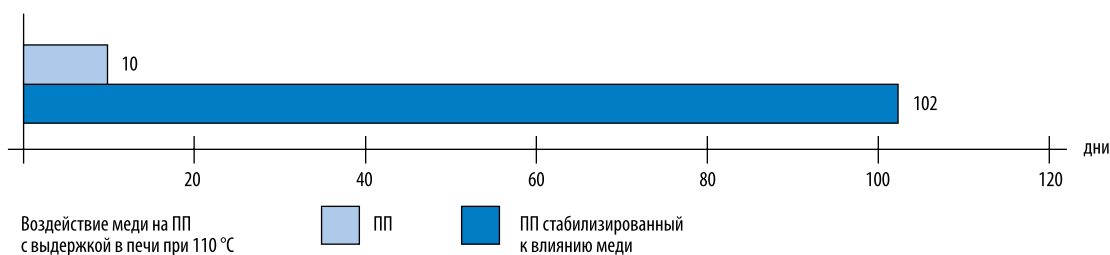
Материалы торговой марки Polystone® являются стойкими к растворителям вплоть до температуры 60 °С, в случае применения ароматических и галогенных углеводородов, некоторых масел, жиров и восков отмечается ускоренное старение материала. До температуры 60 °С скорость старения незначительна. Материалы семейства Polystone® устойчивы против сильных окислителей, каковыми являются азотная кислота, озон, олеин, перекись водорода, против действия галогенов они не устойчивы или устойчивы лишь в небольшой мере!

Более детальные консультации вы можете получить у наших специалистов.

### РЕАКЦИЯ ПОЛИПРОПИЛЕНА ПРИ КОНТАКТЕ С МЕДЬЮ

На стойкость к тепловому старению неблагоприятно влияет контакт с медью и ионами меди. Присутствие меди в полипропилене или непосредственный контакт его с медью ускоряет термоокислацию и интенсивность теплового старения.

В случае прямого контакта с медью рекомендуется применять полипропилен со специальным стабилизатором, с помощью которого можно интенсивность теплового старения снизить более чем в 10 раз.



### РЕАКЦИЯ НА ВОДЯНЫЕ ПАРЫ И ГАЗЫ (ПРОНИЦАЕМОСТЬ)

Полиэтилен и полипропилен отталкивают воду. При погружении в воду не набухают. У сильно окрашенных или наполненных типов этих материалов была отмечена незначительная абсорбция воды. Оба материала пропускают газы, для водяного пара проницаемость очень незначительна, для кислорода и углекислого газа и для многих газов с выраженным ароматом она высокая. Точные сведения о величинах проницаемости можете получить у наших специалистов.

### СТОЙКОСТЬ ОБЛУЧЕНИЮ

Под воздействием энергетически богатого ионизирующего облучения полиэтилен имеет свойство сшиваться. Дозы облучения, т.е. дозы рентгеновского излучения или гамма и бета лучей, определяют степень сшивания.

В результате этого явления увеличивается сопротивление возникновению разрывов при напряжении и, наоборот, оно негативно влияет на пластичность и удлинение при разрыве.

На полипропилен влияет энергетически богатое излучение лишь незначительно, медицинские инструменты, например, стерилизуются, как правило, дозой облучения 2,5 Мрад.

### РЕАКЦИЯ НА ОБЛУЧЕНИЕ С ВЫСОКОЙ ЭНЕРГИЕЙ

В полиэтилене имеется наибольшая возможная плотность водорода и в связи с этим он наиболее подходящий для торможения быстрых нейтронов. Полиэтилен модифицированный с соединениями бора, может применяться как абсорбентов нейтронов.

В принципе можно применять все соединения бора. На практике фирма Röchling модифицирует материал карбидом бора и борной кислотой. Доля элементарного бора должна составлять хотя бы 2–3%. Смеси с добавлением карбидов бора отличаются высокой твердостью и трудно поддаются обработке резанием. Модификации с борной кислотой оказывают некоторое коррозионное влияние на инструменты и механизмы.

### СТОЙКОСТЬ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ

В изделиях из PE и PP, находящиеся продолжительное время на открытом месте под воздействием ультрафиолетовых солнечных лучей и воздуха, возникают физико-химические изменения, которые проявляются следующим образом:

- появление окраски (чаще желтоватой),
- хрупкость (потеря пластичности),
- потеря механических свойств.

Большое влияние на процесс разрушения оказывают технологии обработки и толщина изделий. Внутренние напряжения и тонкие стенки ускоряют разрушающий эффект ультрафиолетового облучения.

### СТАБИЛИЗАТОРЫ ПРОТИВ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО (UV) ОБЛУЧЕНИЯ

Наибольшей эффективности против повреждений ультрафиолетовым облучением можно достичь путем добавки специального вида сажи. Ее доля должна составлять не менее 2 %. Благодаря такой модификации цвет изделий станет темно-черным. Действие сажи в принципе заключается в фильтрации излучения и его трансформации в тепловую энергию.

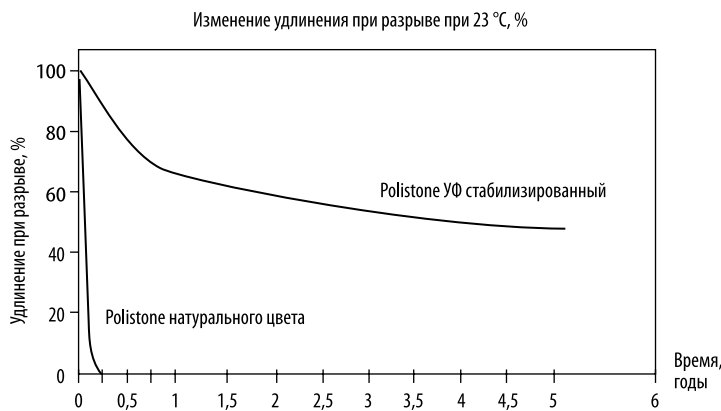
Если материалы окрашены природным путем или красителями и предполагается их длительное ультрафиолетовое облучение, для них должны быть применены особые УФ стабилизаторы. В этом случае применяются абсорберы UV излучения и улавливатели свободных радикалов.

Абсорберы преобразуют энергетически богатое излучение в тепловую энергию, а улавливатели свободных радикалов задерживают или затормаживают механизм разрушения. Весьма эффективными в этом случае оказались так называемые соединения типа (HALS = Hindered Armine Light Stabilizer).

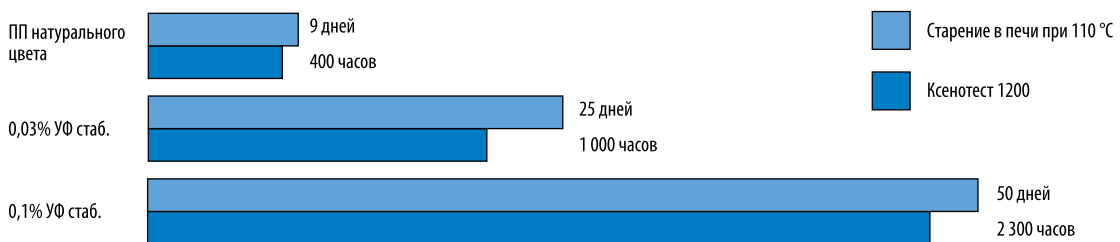
На цветовые и/или механические свойства материалов эти добавки не влияют. Таким образом можно улучшить стойкость материалов к климатическим воздействиям до десяти раз. Мерой оценки действия является срок, в течение которого изделие еще сохранило минимально 50 % исходной прочности.

На основании химической структуры стойкость полипропилена к климатическому воздействию в сходных условиях ниже, чем у полиэтилена. Применяемый нами стабилизатор против УФ излучения является одновременно и тепловым стабилизатором. Стойкость против излучения повышается одинаково.

### СТАРЕНИЕ В НОРМАЛЬНЫХ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЯХ ГЕРМАНИИ



### СТАРЕНИЕ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕМПЕРАТУРЫ



Старение в печи = дней до охрупчивания

Ксенотест = часов до достижения 50 % прочности на растяжение

### ПОВЕДЕНИЕ ПРИ ГОРЕНИИ

Горючесть пластмасс является часто технической проблемой и препятствует их применению. Для классификации поведения при пожаре применяются различные методы испытаний (тестирования). Согласно стандарту DIN 4102 материалы делятся на горючие и негорючие. Все материалы семейства Polystone® относятся к нормально горючим материалам. Согласно стандарта DIN 4102 все горючие строительные материалы отнесены к классу В и далее делятся на такие типы:

- В1 = трудно возгораемые
- В2 = нормально возгораемые
- В3= легко возгораемые

Дальнейшая оценка горючести проводится на основании содержания кислорода. В этом тесте согласно стандарта ASTM 2863 определяется, сколько должно в синтетическом материале содержаться кислорода для того чтобы он воспламенился и продолжал гореть. Число показывает концентрацию кислорода (% по объему) в смеси азот-кислород, которая необходима для продолжения горения.

| Материалы                         | Поведение при пожаре | Кислородный индекс | Внешний источник возгорания | Самовозгорание |
|-----------------------------------|----------------------|--------------------|-----------------------------|----------------|
| Polystone® M, D, G (PE)           | B2 HB                | 18                 | 350                         | 445            |
| Polystone® P (PP)                 | B2 HB                | 18                 | 350                         | 430            |
| Polystone® PPs (PP трудногорючий) | B1 V2                | 24–28              |                             |                |
| Polystone® PVDF                   | V0                   | 44                 |                             |                |
| Polystone® M-flametech            | B2 V0                | 28                 |                             |                |

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Выпускаемые нами термопласты в нормальных условиях являются хорошими электроизоляторами. Это свойство целенаправленно используется в ряде применений, но существуют способы применения, в которых требуется электропроводность материалов или их антистатические свойства. Электрические заряды на поверхности нормальных синтетических материалов могут достигать потенциала порядка киловольт. Разрядка статического заряда искрами, может вызвать взрыв пыли. В случае смеси пыли с воздухом и особенно смеси взрывчатых газов с воздухом, минимальная энергия (МЗЕ), необходимая для возгорания, возникает быстро.

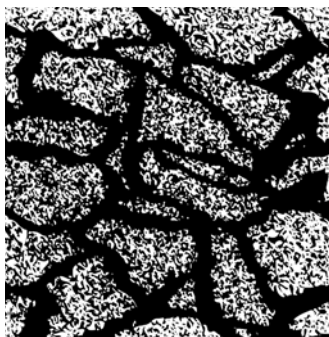
Много современных электронных элементов может быть в результате электростатической разрядки повреждено так, например, транспортные пояса нельзя изолировать этими материалами, они должны иметь способность отводить электричество.

### POLYSTONE® — ТОКОПРОВОДЯЩИЙ

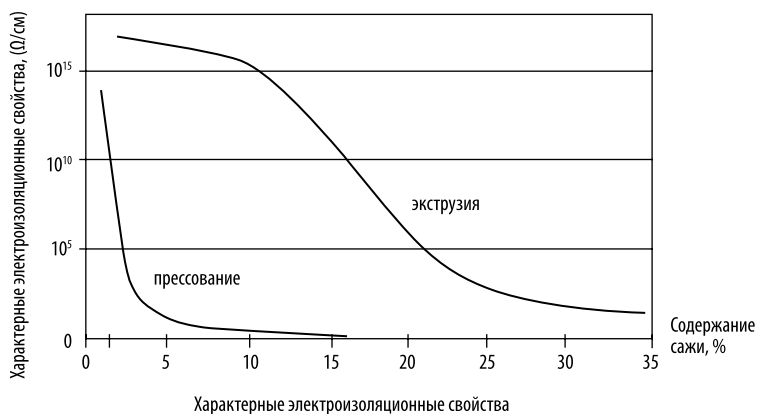
Поверхностное сопротивление <math>< 1 \times 10^4 \Omega</math>

Для того, чтобы термопласты стали токопроводящими, часто применяются добавки к ним проводящего вида сажи. Количество сажи должно быть достаточным для создания в материале проводящей сети. Создание такой сети а соответственно и количество добавляемой сажи зависит от конкретной технологии обработки.

На рисунке видно, что для достижения требуемой электропроводности у прессованных материалов достаточно существенно меньшего введения сажи, чем у экструдированных заготовок.



Токопроводящая сеть в прессованном материале

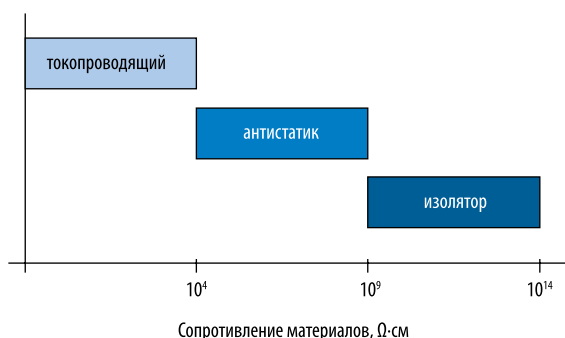


**POLYSTONE® — АНТИСТАТИЧНЫЙ**

Сопротивление поверхности <math> < 1 \times 10^8 \Omega </math>

Такая модификация используется специально для достижения пылеотталкивающего воздействия.

Использованные антистатики образуют на поверхности материалов проводящий слой. В результате добавочной диффузии модификаторов достигается хороший антистатический эффект. Его продолжительность в большой мере зависит от механической нагрузки, температуры и влажности воздуха. Поверхности, которые не подвержены истиранию, или почти не подвержены истиранию, могут показывать хорошие антистатические свойства и после 2 летнего применения.

**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ**

| Свойство                         | Единица измерения | Метод испытания   | Polystone®  | Polystone®, токопроводящий |
|----------------------------------|-------------------|---|-------------|----------------------------|
| Спец. внутр. изол. сопрот        | $\Omega$ -см      | IEC 93: DIN VDE 0303, ч. 3  | $> 10^{15}$ | $> 10^3$                   |
| Сопротивление поверхностное      | $\Omega$          | DIN VDE 0303, ч. 3  | $> 10^{14}$ | $> 10^4$                   |
| Электрическая прочность K20/P 50 | кВ/мм             | DIN VDE 0303, часть 2, в трансформ. масле Ed > 60 кВ/2,5 мм (IEC 156) | 30–40       | —                          |

**ПРИГОДНОСТЬ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Федеральное учреждение здоровья (BGVV) дает рекомендации III «полиэтилен» и рекомендации VII «полипропилен» по применению полиэтилена и полипропилена при производстве предметов широкого потребления в разрезе §5 абзац 1, №. 1, закона о пищевых продуктах и предметах широкого потребления (LMBG). Материалы Polystone® соответствуют этим рекомендациям, в отношении применения окрасок соответствуют также рекомендациям BGA №. IX «Красители для окрасок синтетических материалов». Применение специальных оттенков необходимо консультировать.

**Контакт Polystone® с пищевыми продуктами**

| Невредны      | Недопустимы        |
|---------------|--------------------|
| M — природный | M — черный — EL    |
| M — зеленый   | G — черный — EL    |
| D — природный | P — серый — FL     |
| D — черный    | P — природн. — AST |
| G — природный |                    |
| G — черный    |                    |
| P — природный |                    |
| P — серый     |                    |

Для питьевой воды могут применяться материалы, которые не вредны для пищевых продуктов. Для оценки используются рекомендации KTW (рекомендации о контакте синт. материалов с питьевой водой).

## Обработка материалов

### ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Термопласты, обрабатываемые механическим путем, могут обрабатываться всеми известными инструментами для обработки дерева и металлов.

Механическая обработка заключается в формовочных и шлифовальных работах.

Металлы, как известно, являются хорошими проводниками тепла. Теплопроводность термопластов приблизительно в 100...1000 раз меньше, чем теплопроводность стали.

При интенсивной обработке материалов можно рекомендовать применение высоких скоростей резания и небольшую глубину реза. Все параметры, как например форма инструмента, глубина захвата и скорость подачи, необходимо выбирать так, чтобы возникающее в процессе обработки тепло отводилось со стружкой.

При больших глубинах захвата, целесообразно применять охлаждение, чтобы избежать частичного расплавления материала. В виде охлаждающего средства можно применять сжатый воздух или охлаждающую эмульсию. С охлаждением необходимо обрабатывать гладкие поверхности и полуфабрикаты, требующие высокой точности.

### ВНУТРЕННИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПОЛУФАБРИКАТАХ

Полимерные полуфабрикаты, получаемые путем прессования или экструзии, отличаются внутренним напряжением разной интенсивности. Возникновение этого напряжения обусловлено, как правило, технологическими условиями или под воздействием внешних сил. У ровных прямых полуфабрикатов с соблюдением требуемых допусков сумма всех напряжений равняется нулю. В результате механической обработки это равновесие нарушается, обрабатываемая заготовка может менять форму (деформироваться).

### ТЕМПЕРАТУРНАЯ ОБРАБОТКА

При температурной обработке можно снять внутренние напряжения. Температурный отпуск термопластических материалов целесообразно проводить при температуре чуть ниже их затвердевания. Продолжительность температурной обработки зависит от толщины обрабатываемого материала. Положительных результатов мы достигли при обработке материалов с толщиной стенок 10 мм и с поддержанием температуры термообработки в течение 2-х часов. Для эффективной термообработки важен последующий процесс охлаждения. Скорость охлаждения устанавливается так, чтобы время нагревания относилось к времени охлаждения в соотношении 1:3 (процесс охлаждения).

### ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

При обработке материалов строганием можно применить практически все высокооборотные машины, применяемые для обработки дерева и металлов. Но необходим хороший отвод стружки, чтобы в обрабатываемой области не накапливалось тепло. Возникающее тепло отводится со стружкой. Отвод стружки может быть осуществлен споласкиванием охлаждающим веществом, отсасыванием или комбинированием обоих способов. Применение охлаждающего вещества положительно влияет на качество получаемой поверхности. При обработке наших материалов можно уверенно применять охлаждающую жидкость, так как они не впитывают влагу.

### ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА

Для обработки термопластов для режущих инструментов достаточно применять быстрорежущую сталь. Более высокой производительности и долговечности инструментов можно достичь применением инструментов, покрытых твердыми сплавами. В связи с низкими коэффициентами теплового расширения и высокой теплопроводностью целесообразно дать преимущество применению так называемых твердых металлов и их сплавов (K10).

Удельная сила резания при обработке синтетических материалов низкая. Но, в случае применения тупых инструментов, сила фрезерования увеличится и при этом одновременно ухудшится качество обрабатываемой поверхности. Долговечность инструментов определяется, прежде всего, скоростью резания, шириной реза и его глубиной.

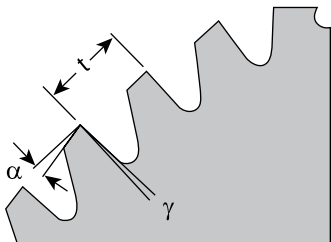
Сила сопротивления резанию увеличивается с увеличением угла задней поверхности резца и угла торца резца. Но для того, чтобы не слишком ослаблять головку резца, установлены пределы для выбора угла его задней части и торца. Разделяющая сила должна проходить в направлении резки. Выбор угла торца резца может повлиять на направление действия и на обрабатываемый материал. На практике себя оправдали винтовые зубчатые хвостовые фрезы. В процессе обработки необходимо следить за тем, чтобы не возникали глубокие риски и острые переходы в разрезе, в результате чего могут преждевременно возникать разрывы в материале. Улучшение поверхности достигается шлифовкой тканевым диском. Кромки, возникающие при пилении, сверлении и фрезеровании, можно добавочно обработать с помощью плоских скошенных скребков или специальным инструментом для удаления обломов. В приведенных ниже таблицах указаны лимитные величины процессов обработки. Данные об обработке полимерных материалов резанием приведены в указании VDI 2003.

## Виды обработки

### РАСПИЛОВКА

Для резания термопластов подходят быстроходные дисковые и ленточные пилы. Поверхность резки очень чистая, если зубья слегка разведены.

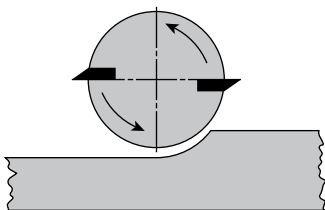
При резке полипропилена поверхность резки сильно заносится, в связи с этим необходимо обеспечить быстрый отвод стружки. Лучшее качество реза получается в случае применения дисков пилы с шагом зуба больше 15 мм. Диски из твердых сплавов повышают качество резки и удлиняют срок службы инструмента.



|          |                         |        |                     |
|----------|-------------------------|--------|---------------------|
| $\alpha$ | Угол задней части резца | Град.  | 10–15 НМ / 30–40 SS |
| $\gamma$ | Угол торца резца        | Град.  | 0–5 НМ / 3–8 SS     |
| t        | Шаг зуба                | мм     | 5–10                |
|          | Перекося                | мм     | 0,8–1,0             |
|          | Скорость резания        | м/мин. | 3000                |
|          | Подача                  | мм/зуб | 0,1–0,3             |

### СТРОГАНИЕ

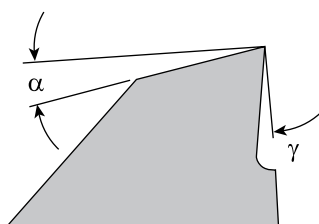
Строгальные станки, применяемые для обработки древесины, подходят для обработки термопластов. Качество поверхности в большей мере зависит от подачи, скорости резания, угла задней части резца и угла его торца, а также состояния резцов. Эти машины должны быть особенно прочно закреплены.



|  |                         |        |         |
|--|-------------------------|--------|---------|
|  | Угол задней части резца | Град.  | 15–30   |
|  | Скорость резания        | м/мин. | 3 000   |
|  | Угол торца резца        | Град.  | 15–2    |
|  | Подача                  | мм/зуб | 0,1–0,3 |

### ФРЕЗЕРОВКА

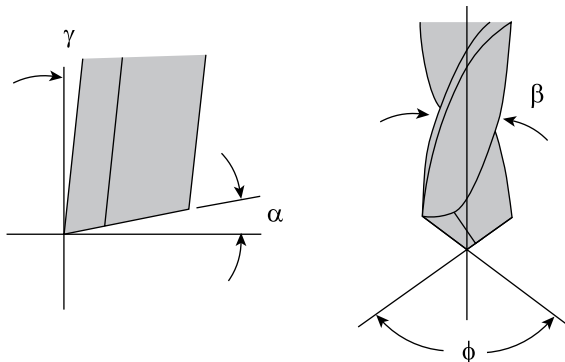
При фрезеровании надо обращать внимание, прежде всего на то, чтобы размер стружки был выбран так, чтобы можно было их легко отводить. Для этого должна быть достаточно большая глубина захвата и достаточно быстрая подача, а количество оборотов, на оборот, низкое. Оправдались быстрые машины для обработки древесины с относительно большими величинами подачи и большим числом оборотов, также как и универсальные машиностроительные фрезерные станки.



|          |                         |        |          |
|----------|-------------------------|--------|----------|
| $\alpha$ | Угол задней части резца | Град.  | 5–15     |
| $\gamma$ | Угол торца резца        | Град.  | 5–15     |
|          | Скорость резки          | м/мин. | до 1 000 |
|          | Подача                  | мм/зуб | 0,2–0,5  |

### СВЕРЛЕНИЕ

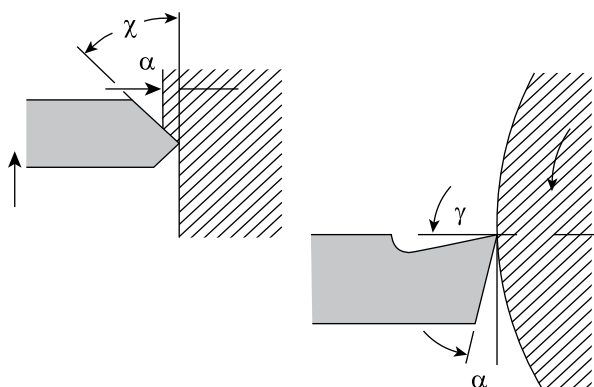
Практически во всех случаях можно применять спиральные сверла. Угол подъема спирали желателен 20–30° и вершинный угол 110–120°. Во время сверления под влиянием трения возникает большое количество тепла, которое необходимо отводить со стружкой или дополнительным охлаждением. При больших глубинах сверления целесообразно время от времени извлекать сверло из отверстия для удаления стружки. В случае требования высокой точности, рекомендуем произвести предварительное сверление и на некоторое время оставить лежать. Точные отверстия рекомендуем делать разверткой.



|          |                          |        |         |
|----------|--------------------------|--------|---------|
| $\alpha$ | Угол задней части сверла | Град.  | 10–12   |
| $\gamma$ | Угол торца сверла        | Град.  | 15–25   |
| $\phi$   | Вершинный угол           | Град.  | 60–90   |
|          | Скорость                 | м/мин. | 30–70   |
|          | Подача                   | мм/об. | 0,2–1,0 |

### ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА

Термопласты можно обрабатывать с помощью инструментов, заточенных для обработки синтетических материалов, на станке при скорости резания до 550 м/мин. (см. табл.) При этом необходимо соблюдать небольшую подачу, наоборот, выбранная глубина захвата должна быть как можно больше ( $> 0,5$  мм). Термопласты можно обрабатывать с помощью слегка закругленных инструментов, при этом достигается очень чистая поверхность реза. Резцы, оснащенные на нагружаемых поверхностях твердыми сплавами, увеличивают долговечность инструментов и способствуют более точной обработке. Применение стали типа HSS, является выгодным и с экономической точки зрения, особенно при использовании профилированных инструментов.



|          |                         |        |         |
|----------|-------------------------|--------|---------|
| $\alpha$ | угол задней части резца | Град.  | 5–15    |
| $\gamma$ | угол торца резца        | Град.  | 0–15    |
| $\phi$   | подача                  | мм/об. | 0,1–0,5 |
|          | глубина захвата         | мм     | 0,5–6,0 |
|          | скорость резки          | м/мин. | 200–500 |

### СКЛЕИВАНИЕ

Благодаря высокой стойкости материалов Polystone® к воздействию химических веществ их поверхность практически нельзя склеивать без предварительной обработки поверхности. Предварительная обработка соединяемых поверхностей существенно улучшает их склеиваемость. Такой активации можно достичь путем обжигания пламенем с избытком кислорода, погружением в ванну с хромосерной кислотой с температурой 60–80 °С или удалением с поверхности электрического заряда. Подробное руководство по склеиванию полиолефинов (материалов типа Polystone®) содержится в руководстве DVS № 2204, лист 2, «Склеивание полиолефинов». По имеющемуся опыту для склеивания материалов семейства Polystone® пригодны следующие клея:

- Адгезионный клей
- Контактный клей
- Двухкомпонентный клей
- Расплавляемый клей
- Клеи на базе растворителей и дисперсионные клея
- Полиуретан
- Эпоксидная смола, полиуретан
- Винилные кополимеры

Достижимые величины прочности зависят от вида материала, состояния склеиваемой поверхности и от вида примененного клея. В критических случаях целесообразно производителю клея сообщить требования к прочности и условия применения и выслать образцы материалов, которые будут склеиваться, так чтобы на основании опытных тестов выбрать наиболее подходящий клей:

- Ardal-Klebstoffwerk
- Ciba AG
- Loctite
- Henkel
- Pasco Handels

### ГОРЯЧАЯ ФОРМОВКА

Плиты из материала Polystone® G и Polystone® P можно обрабатывать термоформовкой. Формовку или горячее формование часто называется «технологией глубокого растяжения». Но это не совсем правильно, так как понятие «глубокое растяжение» относится к металлургии и обозначает технологию формования, при которой края плиты не закреплены и могут еще скользить. Но при горячей формовке же края плиты прочно закреплены.

С помощью доступного на рынке формовочного оборудования для формовки сжатым воздухом и вакуумом можно из плит Polystone® формовать части с разной толщиной стенок.

Наряду с процессами **нагрев — формовка — охлаждение** качество материала заготовок имеет для технологии горячего формования решающее значение. Система подогрева должна регулироваться так, чтобы каждая плита на каждом участке могла поглощать одинаковое количество тепловой энергии. Большие отличия температуры являются причиной ошибок на поверхности.

Плиты толщиной более 2,0 мм, формуются, как правило, с двусторонним нагревом.

Температурные пределы для формования материалов Polystone® G: 140–150 °С,  
Температурные пределы для формования материалов Polystone® P: 160–170 °С.

После нагревания плит начинается их формовка.

При принципиально отличают два вида:

- негативными (вогнутыми) формами
- позитивными (выпуклыми) формами формы

Применение технологий зависит от распределения толщины стенок, формирования граней и от того, какая сторона поверхности будет использована. Для того, чтобы получить стабильное по форме изделие, необходимо формованные детали оставлять остыть на/в форме. Охлаждение может происходить просто на воздухе, потоком воздуха, опрыскиванием водой с воздухом или с помощью охлаждаемых форм.

Полуфабрикаты, предназначенные для горячей формовки, не должны после укладки в горячем виде (стандарт DIN 16925m абзац 4,5) при 170 °С показывать разные изменения в продольном и поперечном направлении экструзии, особенно не должны появляться никакие позитивные изменения размеров в поперечном направлении. Усадка зависит от толщины заготовки. Практика показывает, что, например, плита толщиной 4,0 мм, дающая в продольном направлении усадку приблизительно 50%, а в поперечном приблизительно 20%, показывает хорошие результаты при формовании. Гомогенность полуфабриката оказывает решающее влияние на качество формованного изделия. Полосы, пузыри, волны, которые возникли при экструзии, с помощью разглаживающих валков удалены, после горячего формования опять проявляются. Контроль гомогенности проводится посредством теста усадки.

### ПЕЧАТЬ

На поверхности материалов Polystone® может быть дополнительно нанесена печать. Для этой цели необходимо поверхность заранее обработать.

Незначительная адгезия красок и лаков к поверхности обуславливает необходимость интенсивной предварительной подготовки поверхности. Обычные методы служат во-первых для обработки поверхности и во-вторых для активации коронации поверхности. Оба метода повышают поверхностное напряжение путем создания полярных групп в верхних слоях. Только после такой обработки краски закрепляются на поверхности. Предварительная подготовка должна проводиться непосредственно перед осуществлением печати, так как в таком случае она наиболее эффективна. Если обрабатываемые листы останутся длительное время на складе (без нанесения надписей), необходимо предварительную обработку повторить.

### ОКРАСКА

Покраска не рекомендуется. Краски, как правило, менее эластичны и более тверды, чем термопласты. При его растяжении шар краски трескается и откалывается от поверхности материала. Для корректной окраски необходимо контактировать с производителями красок.



**ГОРЯЧАЯ ШТАМПОВКА**

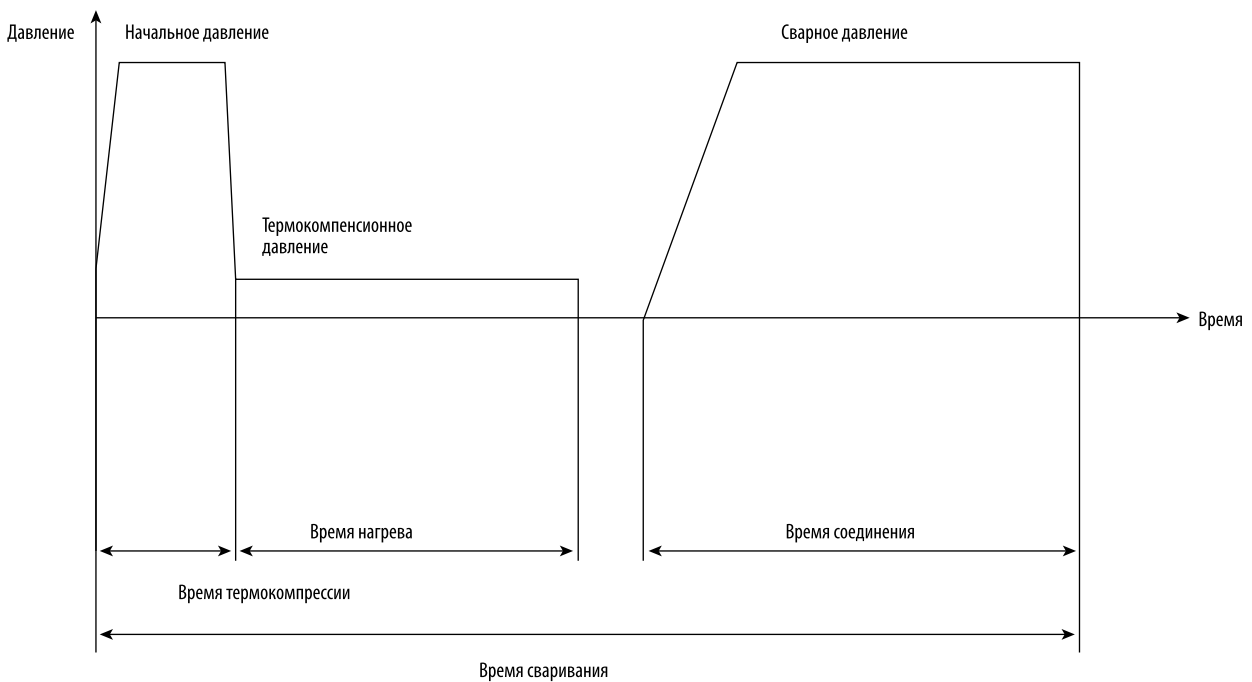
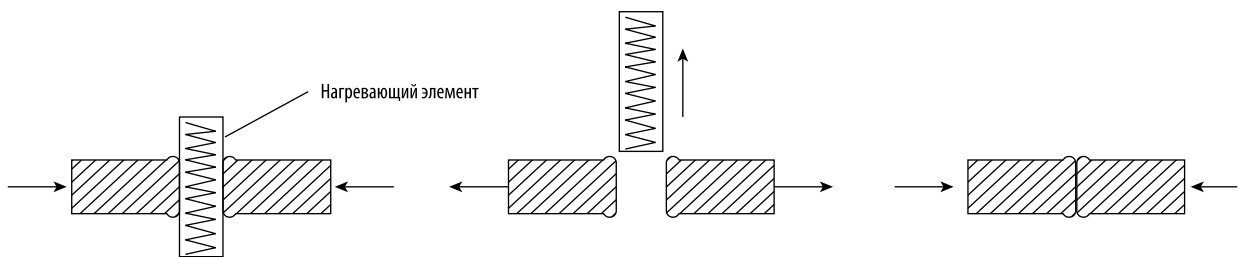
Для горячей штамповки предварительную обработку поверхности проводить не требуется. Для получения хорошего рельефа имеет большое значение давление при штамповке, температура и время прижима пуансона.

**СТЫКОВАЯ СВАРКА (СВАРКА НАГРЕВАЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ)**

Сварку с нагревающим элементом целесообразно применять для стыковой сварки плит, листов и профилей. У всех видов сварки и у сварки с применением подогревающего элемента качество сварного шва определяют следующие показатели:

- сварное давление
- температура сварки
- продолжительность сварки

Необходимое тепло подводится непосредственно от нагревающего элемента в зону сварки соединяемых поверхностей. При этом достигается более благоприятное распределение тепла, так что ни одна из зон материала не нагрета больше, чем другая. Кроме этого стыкующиеся поверхности нагревающего элемента должны быть чистыми и плотно прилегать. Такой вид сварного шва показывает небольшое внутреннее напряжение и его можно нагружать практически также, как и исходный материал.



Схематическое изображение стыковой сварки

## ПАРАМЕТРЫ СТЫКОВОЙ СВАРКИ ДЛЯ СЕМЕЙСТВА POLYSTONE®

| Материал   | Толщина | Температура нагрев. элем. | Начальное давление | Давление при нагреве | Время нагрева | Давление при сварке | Время сварки | Время охлаждения |
|--|---------|---------------------------|--------------------|----------------------|---------------|---------------------|--------------|------------------|
| Polystone®   | мм      | (°C)                      | Н/мм <sup>2</sup>  | Н/мм <sup>2</sup>    | сек.          | Н/мм <sup>2</sup>   | сек.         | мин.             |
| G натурального и черного цветов                          | 3       | 220±5                     | 0,15               | 0,01                 | 30            | 0,15                | 3            | 6                |
|  | 4       | 220±5                     | 0,15               | 0,01                 | 40            | 0,15                | 4            | 6                |
|  | 5       | 215±5                     | 0,15               | 0,01                 | 50            | 0,15                | 5            | 7                |
|  | 6       | 215±5                     | 0,15               | 0,01                 | 60            | 0,15                | 5,5          | 8,5              |
|  | 8       | 215±5                     | 0,15               | 0,01                 | 80            | 0,15                | 6,5          | 11               |
|  | 10      | 215±5                     | 0,15               | 0,01                 | 100           | 0,15                | 7            | 13               |
|  | 12      | 210±5                     | 0,15               | 0,01                 | 120           | 0,15                | 8            | 16               |
|  | 15      | 210±5                     | 0,15               | 0,01                 | 150           | 0,15                | 8,5          | 19               |
|  | 20      | 205±5                     | 0,15               | 0,01                 | 200           | 0,15                | 10,5         | 25               |
|  | 25      | 205±5                     | 0,15               | 0,01                 | 250           | 0,15                | 11,5         | 31               |
|  | 30      | 200±5                     | 0,15               | 0,01                 | 300           | 0,15                | 13,5         | 36               |
|  | 40      | 200±5                     | 0,15               | 0,01                 | 400           | 0,15                | 17           | 48               |
| 50   | 200±5   | 0,15                      | 0,01               | 500                  | 0,15          | 20                  | 60           |                  |
| P (гомополимер и сополимер) натурального и серого цветов | 3       | 210±5                     | 0,1                | 0,01                 | 100           | 0,1                 | 5            | 6                |
|  | 4       | 210±5                     | 0,1                | 0,01                 | 115           | 0,1                 | 5            | 6                |
|  | 5       | 205±5                     | 0,1                | 0,01                 | 135           | 0,1                 | 6            | 8                |
|  | 6       | 205±5                     | 0,1                | 0,01                 | 160           | 0,1                 | 7            | 10               |
|  | 8       | 205±5                     | 0,1                | 0,01                 | 190           | 0,1                 | 7            | 14               |
|  | 10      | 200±5                     | 0,1                | 0,01                 | 210           | 0,1                 | 8            | 18               |
|  | 12      | 200±5                     | 0,1                | 0,01                 | 235           | 0,1                 | 10           | 22               |
|  | 15      | 195±5                     | 0,1                | 0,01                 | 270           | 0,1                 | 12           | 24               |
|  | 20      | 195±5                     | 0,1                | 0,01                 | 330           | 0,1                 | 16           | 30               |
|  | 25      | 195±5                     | 0,1                | 0,01                 | 380           | 0,1                 | 20           | 35               |
|  | 30      | 190±5                     | 0,1                | 0,01                 | 430           | 0,1                 | 24           | 40               |
| 40   | 190±5   | 0,1                       | 0,01               | 490                  | 0,1           | 32                  | 55           |                  |
| 50   | 190±5   | 0,1                       | 0,01               | 550                  | 0,1           | 40                  | 60           |                  |
| PVDF   | 5       | 240±8                     | 0,5                | 0,01                 | 80            | 0,1                 | 5            | 8                |
|  | 10      | 240±8                     | 1                  | 0,01                 | 140           | 0,1                 | 7            | 14               |
|  | 15      | 240±8                     | 1                  | 0,01                 | 190           | 0,1                 | 9            | 19               |
|  | 20      | 240±8                     | 1,7                | 0,01                 | 240           | 0,1                 | 11           | 25               |
|  | 25      | 240±8                     | 2                  | 0,01                 | 290           | 0,1                 | 13           | 32               |
|  | 30      | 240±8                     | 2,5                | 0,01                 | 340           | 0,1                 | 15           | 40               |
| D (PEHMW) экструд.                                       | 5       | 215±5                     | 1                  | 0,02                 | 50            | 0,2                 | 5            | 7                |
|  | 10      | 215±5                     | 1,5                | 0,02                 | 100           | 0,2                 | 7            | 13               |
|  | 15      | 210±5                     | 2                  | 0,02                 | 150           | 0,2                 | 8,5          | 19               |
| D (PEHMW) пресс.   | 10      | 200±5                     | 0,5                | 0,03                 | 100           | 0,3                 | 12           | 13               |
|  | 20      | 190±5                     | 1                  | 0,03                 | 200           | 0,3                 | 24           | 25               |
|  | 30      | 180±5                     | 1,5                | 0,03                 | 300           | 0,3                 | 36           | 36               |
| M (PEHMW)  | 10      | 200±5                     | 0,5                | 0,03                 | 100           | 1,5–3               | 15           | 13               |
|  | 20      | 190±5                     | 1                  | 0,03                 | 200           | 1,5–3               | 30           | 25               |
|  | 30      | 180±5                     | 1,5                | 0,03                 | 300           | 1,5–3               | 45           | 36               |

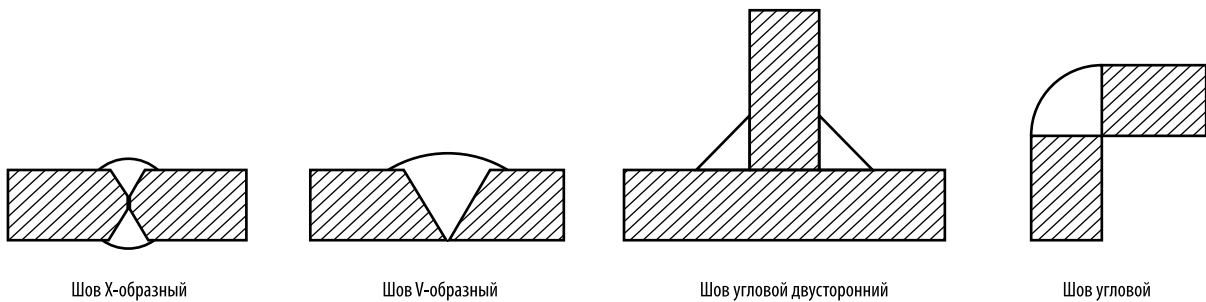
### ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА

При производстве емкостей и аппаратуры толстостенные детали свариваются экструзионной сваркой. При этом сварной шов постоянно нагревается горячим воздухом до температуры сварки.

Поверхность листов перед сваркой рекомендуется обрабатывать изопропиловым спиртом (пропанол-2 (2-пропанол), изопропанол, диметилкарбинол, ИПС). Также рекомендуется предварительно царапать внешнюю поверхность сварочного прутка по всей длине (особенно если он хранится более 6 мес.) Запрещено обрабатывать листы толуолом или бензином.

Из экструдера поступает расплавленный сварочный пруток, который под давлением вправляется в шов. При качественном исполнении получается высокое качество сварки с долговременным фактором сварки между 0,6–0,8.

Приведенные параметры сварки соответствуют величинам сварки потоком горячего воздуха. Скорость сварки зависит от выбранной формы шва и от производительности сварочного аппарата (экструдера).



Виды сварных швов

### СВАРКА ПОТОКОМ ГОРЯЧЕГО ГАЗА

При этой технологии материалы свариваются подогретым газом (чаще всего воздухом) с использованием прижимного давления на соединяемых поверхностях. Воздух подогревается электрическими нагревательными элементами до температуры необходимой для сварки. Для того, чтобы получить оптимальные сварные соединения, необходимо соблюдать следующие правила:

- свариваемые поверхности и сварную проволоку необходимо до начала работы хорошо очистить
- равномерная и гладкая поверхность повышает качество сварки
- необходимо применять сварной мундштук соответствующего профиля с соответствующим сварочным прутком
- сварной шов не должен содержать никаких изъянов или несплавенных мест
- сварная проволока и свариваемый материал должны быть изготовлены из одного материала
- соблюдайте параметры сварки

| Материал   | Температура сварочного газа, (°C) | Температура материала, (°C) | Количество воздуха, (л / мин.) | Скорость сварки, (см/мин.) | Вид сварки |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|------------|
| Polystone® | 300–350                           | мин. 150                    | 40–60                          | 15–20                      | веерная    |
|            | 300                               |                             | 50–70                          |                            | тянутая    |
| P natur    | 280                               | мин. 175                    | 40–60                          | 15–20                      | веерная    |
|            | 280–300                           |                             | 40–60                          | тянутая                    |            |

Ø сварной проволоки 3 и 4 мм;

Для проверки сварных соединений рекомендуем руководство DVS (DVS — немецкий союз техников-сварщиков).



**PLASTICS**® Промислові  
пластики  
Пластикс-Україна

Досягнемо найкращого разом!



**Київ**

ул. Межигорская, 82-А, корпус Б  
тел.: 0 (44) 201-15-40  
факс: 0 (44) 201-15-49  
ул. Молодогвардейская, 7-Б  
тел.: 0 (44) 201-15-40  
факс: 0 (44) 495-53-12

**Винниця**

ул. Пирогова, 131-А  
тел.: 0 (432) 69-12-94

**Днепропетровск**

ул. Ленинградская, 68, оф. 215  
тел.: 0 (56) 370-48-08, 370-49-44  
факс: 0 (56) 370-48-07

**Донецк**

ул. Куйбышева, 143-А  
тел./факс: 0 (62) 385-26-17 / 18,  
0 (62) 385-26-27 / 28

**Запорожье**

ул. Трегубенко, 2  
тел./факс: 0 (612) 13-00-80, 22-06-23

**Ивано-Франковск**

ул. Крайковского, 1-Б, оф. 104  
тел.: 0 (342) 73-48-51

**Кировоград**

ул. Е. Маланюка, 21-А  
тел.: 0 (522) 27-24-23

**Луганск**

ул. Калугина, 3, оф. 3  
тел.: 0 (642) 33-27-78

**Луцк**

ул. Электроаппаратная, 3  
тел.: 0 (332) 28-71-35

**Львов**

ул. Луганская, 18  
тел./факс: 0 (32) 295-65-80 / 81

**Мариуполь**

ул. Итальянская, 9  
тел.: 0 (629) 41-01-02

**Одесса**

ул. Комитетская, 14-А, оф. 1  
тел.: 0 (48) 777-95-10 / 30  
факс: 0 (48) 777-95-20

**Полтава**

ул. Половка, 70,  
тел.: 0 (532) 61-02-36

**Ровно**

ул. Белая, 83  
тел.: 0 (362) 45-01-35  
факс: 0 (362) 61-70-82

**Севастополь**

ул. Соловьева, 10  
тел./факс: 0 (692) 40-03-36, 93-09-44

**Симферополь**

ул. Линейная, 2  
тел./факс: 0 (652) 51-44-30 / 48 / 84

**Харьков**

ул. Костычева, 2-А  
тел.: 0 (57) 713-62-72, 703-16-99  
факс: 0 (57) 713-64-51  
ул. Юрьевская, 17  
тел.: 0 (57) 756-85-70  
факс: 0 (57) 717-15-48

**Херсон**

ул. Карла Маркса, 6-А  
тел.: 0 (552) 39-01-42

**Хмельницкий**

ул. Водопроводная, 42/1  
тел.: 0 (382) 77-77-20  
факс: 0 (382) 78-81-68

**Черкассы**

ул. Ильина, 252  
тел.: 0 (472) 56-98-62

**ПЛАСТИК-МОЛДОВА**

г. Кишинев, ул. Заводская, 64  
тел./факс: (373 22) 47-51-52,  
92-76-48

**ПЛАСТИК-ГРУЗИЯ**

г. Тбилиси, ул. Чантладзе, 3-А  
тел./факс: (995 32) 214-83-00

[www.plastics.ua/industrial/](http://www.plastics.ua/industrial/)