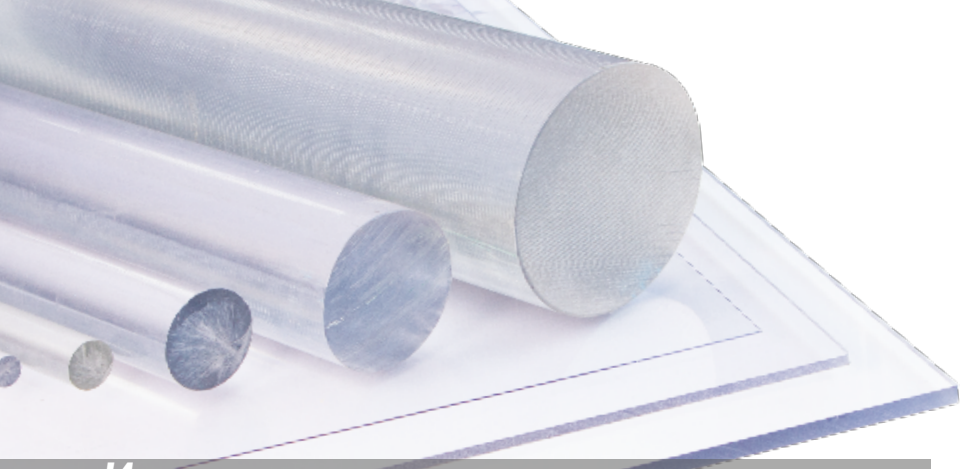


Элмика
Решения, которые работают

Инструкция

MIKANAT
Прочные прозрачные решения

- Описание и технические данные
- Стойкость к средам
- Программа поставки
- Приемка по качеству
- Хранение и транспортировка
- Обработка
- Термообработка
- Соединение
- Дополнительно

Применение

- Машиностроение
- Приборостроение
- Пищевые технологии
- Медицинские технологии
- Полупроводниковые технологии
- Электроника
- Авиастроение и космонавтика

Марки и обозначения

MIKANAT натуральный (PC)
поликарбонат без добавок

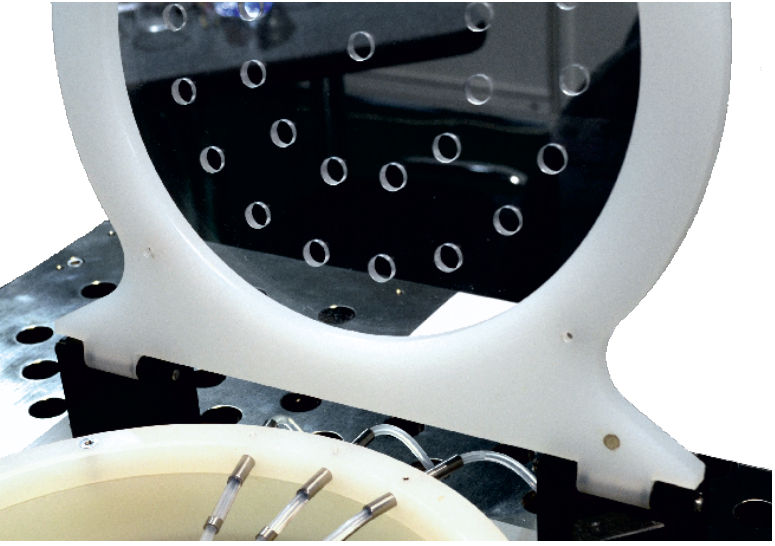
MIKANAT цветной (PC)
поликарбонат с добавлением красителя, прозрачный

MIKANAT GF30 натуральный (PC GF30)
поликарбонат с добавлением 30% стекловолокна

Технические данные (TDS)

В двух словах

ПРОЗРАЧНЫЙ И ПРОЧНЫЙ



	PC	PC GF30
Температура стеклования Tg	149°C	147°C
Температура тепловой деформации HDT/A	135°C	
Рабочая постоянная температура	120°C	120°C
Рабочая кратковременная температура	140°C	140°C
Минимальная температура	-60°C	-40°C
Температура плавления	н.о.	н.о.*

**н.о. - не определимо*

Описание и технические данные

MIKANAT - монолитный поликарбонат из группы аморфных термопластов. Благодаря низкой кристалличности MIKANAT имеет высокий уровень прозрачности и в основном используется для изготовления оптически прозрачных деталей в машиностроении и приборостроении.
Как и большинству аморфных термопластов, MIKANAT присуща низкая стойкость к воздействию химических веществ. MIKANAT стоек к воздействию факторов внешней среды (к примеру, УФ-излучения, атмосферные воздействия).

Особенности
- Возможно изготовление деталей высокой точности
- Хорошая термостабильность и жесткость в широком диапазоне температур
- Очень хорошая стойкость к ударам даже при отрицательных температурах
- Высокая прочность и твердость
- Хорошие электроизоляционные свойства
- Подходит для СВЧ применений
- Хорошо сваривается и соединяется
- Хорошо поддается механической обработке и легко полируется
- Очень низкое поглощение влаги

Ключевые факторы выбора
- Оптически прозрачные детали с высокими требованиями к точности до +120°C.

Методы производства
- Экструзия (-, Ext)
- Механическая обработка

Преимущества
- В сравнении с Оргстеклом MIKANAT обладает высокой жесткостью и твердостью, а также существенно увеличенной прочностью при ударе.
- Термостойкость MIKANAT в два раза выше, чем у Оргстекла (постоянная рабочая температура у Оргстекла +60°C, а у MIKANAT +120°C).

Недостатки
- Тенденция к формированию трещин от чрезмерного напряжения, чувствителен к образованию царапин
- Умеренная химическая стойкость, чувствителен к воздействию растворителей и щелочей.
- Чувствителен к гидролизу (при длительном воздействии воды и перегретого пара).

		PC	PC GF30
Плотность	г/см^3	1,17	1,42
Коэффициент трения (по стали)*			
k износа**	x10^{-4}		
Твердость вдавливания шарика	МПа	128	190
Твердость Шор D		88	

** Испытания проводились при скорости 0,3 м/сек и давлении 1,0 Мпа*
***Коэффициент объемного износа при данной скорости и давлении*

Основные показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Параметр	MIKANAT натуральный (PC)	MIKANAT GF30 натуральный (PC GF30)
Механические свойства				
Прочность при растяжении	МПа	50 мм/мин	70	85
Относительное удлинение при макс. напряжении	%	50 мм/мин	6	4
Удлинение при разрыве	%	50 мм/мин	100	6
Прочность при изгибе	МПа	2 мм/мин	97	138
Модуль упругости при изгибе	МПа	2 мм/мин	2 300	4 500
Прочность при сжатии (1/2/5% деформация)	МПа	5 мм/мин	25/42/73	21/39/69
Модуль упругости при сжатии	МПа	5 мм/мин	1 800	3 300
Твердость по Шору D	-		88	
Твердость вдавливания шарика	-		128	190
Ударная вязкость (Шарпи)	кДж/м^2	7,5кДж	б.р.	71
Ударная вязкость по Шарпи (образец с надрезом)	кДж/м^2	7,5кДж	26	
Температурные свойства				
Температура тепловой деформации	°C	HDT/A		
Температура стеклования	°C	Tg	149	147
Температура плавления	°C		н.о.	н.о.
Рабочая температура	°C	20 000 ч	120	120
Кратковременная температура	°C		140	140
Отрицательная рабочая температура	°C		-60	-40
Коэффициент линейного теплового расширения КЛТР (CLTE)	$10^{-5}K^{-1}$	23-60°C, прод.	8	5
	$10^{-5}K^{-1}$	23-100°C, прод.	8	5
	$10^{-5}K^{-1}$	100-150°C, прод.		
Теплопроводность	W/(K*m)		0.25	0.32
Удельная теплоемкость	J/(g*K)		1.3	1.1
Электрические свойства				
Удельное объемное сопротивление	Ω*см		10^{14}	10^{14}
Удельное поверхностное сопротивление	Ω		10^{14}	10^{14}
Электрическая прочность	кВ/мм	толщ.2,5мм		
Диэлектрическая постоянная				
Сопротивление трекингу (CTI)				
Тангенс угла диэлектрических потерь	°C	100Гц/1МГц		
Прочие свойства				
Водопоглощение	%	23°C, 24ч / 96ч	0.03/0,1	0.03/0.05
Стойкость к горячей воде	-		-	-
Стойкость к атмосферным воздействиям	-		(+)	-
Воспламеняемость (горючесть)	-		HB	HB

Данные в таблице указаны справочно, пояснения на странице стр. 21

Базовые марки

MIKANAT натуральный - базовый ненаполненный поликарбонат. Самая популярная и востребованная марка универсального применения.

Для нагрузок

MIKANAT GF30 натуральный - поликарбонат, укрепленный стекловолокном. Для высоких давлений и повышенных температур. Очень жесткий и твердый. Электроизоляционный. Не рекомендуется для условий сухого трения/скольжения.

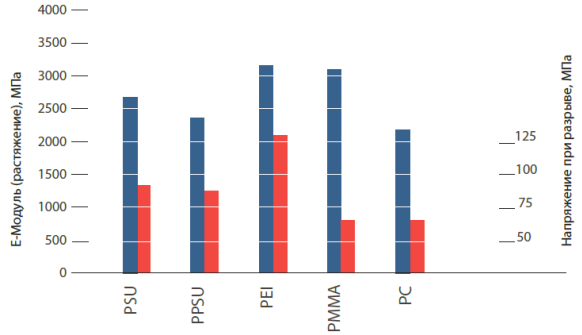
Специальные марки

MIKANAT цветной - поликарбонат, окрашенный в структуре. Хорошо подходит для маркировки, включая световые сигналы.
Для технических пластиков цвет не нормируется по RAL.

вернуться в начало

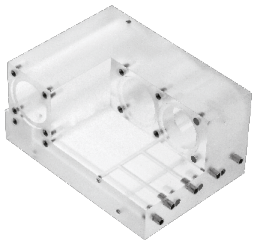
Сравнения и применения

Сравнение механических свойств популярных прозрачных пластиков (23°C)



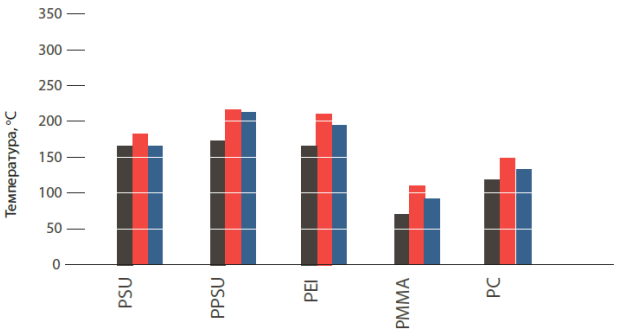
■ Модуль упругости при растяжении
■ Напряжение при разрыве

MIKANAT натуральный
Распределительный блок аналитической системы



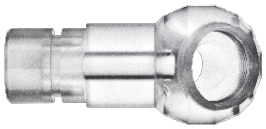
- Высокая чистота.
- Отличная прочность.
- Высокая стабильность размеров.

Термостойкость популярных прозрачных пластиков в сравнении



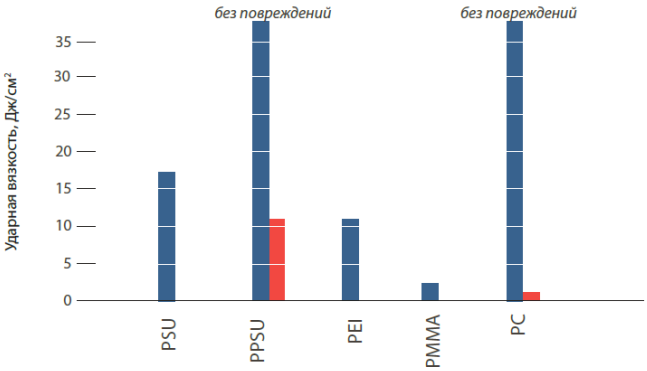
■ Постоянная рабочая температура
■ Температура стеклования (изменение свойств)
■ Температура деформации под нагрузкой

MIKANAT натуральный
Насадка водорассекателя



- Высокая прозрачность.
- Хорошая ударная вязкость.
- Отличная стабильность размеров.

Ударная вязкость, Шарпи (ISO 179)



■ Образец без надреза
■ Образец с надрезом

Образцы с надрезом испытываются, если при испытаниях без надреза показатель „без повреждений“

MIKANAT натуральный
Контейнер для жидкостей

- Физиологически безвреден.
- Высокая стабильность размеров.
- Низкое водопоглощение.
- Высокая степень прозрачности.

Стойкость к средам

Элмика

Обработка

	PC
Кислоты слабые	(+)
Кислоты сильные	-
Щелочи слабые	-
Щелочи сильные	-
Растворители алкогольные	(+)
Растворители сложного эфира	-
Растворители эфирные	-
Метилэтилкетон	-
Вода холодная	+
Вода горячая	(+)

Стерилизация

	PC
Пар (134 °C)	-
Горячий воздух (около 180 °C)	-
Плазма	+
Формальдегид	+
Оксид этилена	+
Радиационная стерилизация	+

Химстойкость

	PC
Ацетамид 50%	
Ацетон	-
Муравьиная кислота, водный раствор, 10%	-
Аммиак раствор 10%	-
Анон	-
Бензин	-
Бензол	-
Битум	-
Борная кислота, водный раствор, 10%	+
Бутилацетат	-
Хлорид Кальция раствор, 10%	+
Хлорбензол	-
Хлороформ	-
Циклогексан	-
Циклогексанол	-
Дизельное топливо	(+)
Диметилформамид	-
Диоктилфталат	(+)
Диоксан	-
Уксусная кислота, концентрированная	-
Уксусная кислота, водный раствор, 10%	+
Уксусная кислота, водный раствор, 5%	+
Этанол 96%	(+)
Этилацетат	-
Этиловый эфир	-
Этиленхлорид	-
Фосфорная кислота, 40%	-
Формальдегид, водный раствор 30%	+
Формамид	
Фреон, Фриген, жидкие	-
Фруктовые соки	(+)
Гликоль	+
Glysantin, вода 40%	+
Глицерин	-
Мочевина, водный раствор	+
Топливо жидкое	(+)
Гептан, Гексан	+
Изооктан	
Изопропанол	-
Йода раствор, Спирта раствор	-
Калий едкий, водный раствор, 50%	-
Калий едкий, водный раствор, 10%	-
Дихромат Калия, водный раствор, 10%	+
Тетралин	-
Толуол	-
Трансформаторное масло	
Триэтаноламин	-
Трихлорэтилен	-
Вазелин	+
Воск расплавленный	+
Вода холодная	+

	PC
Перманганат Калия, водный раствор 1%	+
Сульфат Меди (II), 10%	+
Льняное масло	+
Метанол	-
Метилэтилкетон	-
Метиленхлорид	-
Молоко	+
Молочная кислота, водный раствор 90%	+
Молочная кислота, водный раствор 10%	+
Бисульфит Натрия, водный раствор, 10%	+
Карбонат Натрия, водный раствор 10%	+
Хлорид Натрия, водный раствор, 10%	+
Нитрат Натрия, водный раствор, 10%	(+)
Тиосульфат Натрия, 10%	+
Едкий Натрий, водный раствор, 5%	-
Едкий Натрий, водный раствор, 50%	-
Нитробензол	-
Щавелевая кислота, водный раствор, 10%	+
Озон	+
Парафиновое масло	-
Перхлорэтилен	-
Нефть	+
Фенол, водный раствор	-
Фосфорная кислота, концентрированная	
Фосфорная кислота, водный раствор, 10%	+
Пропанол	+
Пиридин	-
Салициловая кислота	
Азотная кислота, водный раствор, 2%	(+)
Соляная кислота, водный раствор, 2%	+
Соляная кислота, водный раствор, 36%	(+)
Двуокись Серы	-
Серная кислота, концентрированная 98%	-
Серная кислота, водный раствор 2%	+
Сероводород жидкий	+
Мыльный раствор, водный раствор	+
Силиконовые масла	+
Соды водный раствор, 10%	+
Пищевые жиры, Пищевые масла	+
Стирол	-
Смола	
Четыреххлористый Углерод	-
Тетрагидрофуран	-
Вода горячая	(+)
Перекись водорода, водный раствор, 30%	+
Перекись водорода, водный раствор, 0,5%	+
Вино, Коньяк	+
Винная кислота	+
Ксилол	-
Хлорид Цинка, водный раствор 10%	+
Лимонная кислота, водный раствор, 10%	+

Данные в таблице указаны справочно, пояснения на странице стр. 21

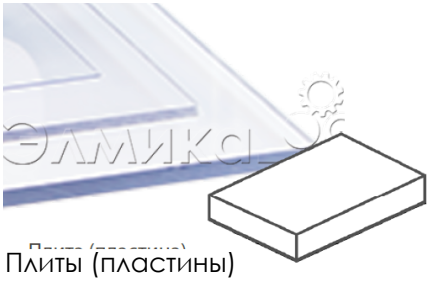
+ = устойчив (возможно небольшое изменение массы)
(+) = ограниченная устойчивость (короткий контакт, возможно изменение массы)
- = не устойчив (изменение массы > 5%, снижение механических свойств)

вернуться в начало

Программа поставки MIKANAT

Стержни (прутки)

D 8-150мм
L 1000-1300мм
(*max. 3000мм)



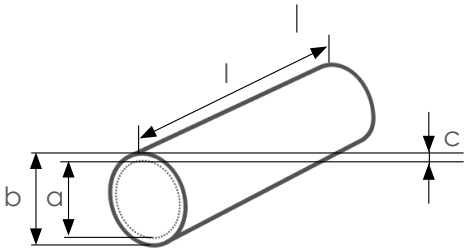
Плиты (пластины)

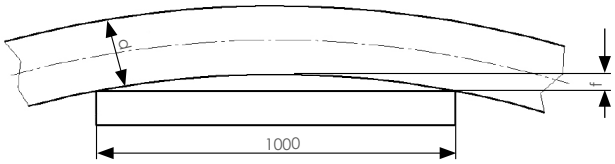
s 10-40мм
L 1000-1300мм (*max.....)
B 500-620мм (*max. .....)

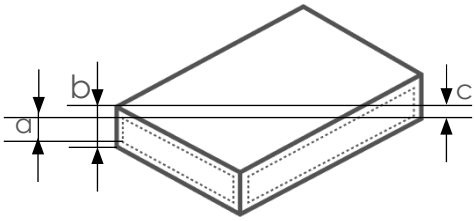
* - уточняйте возможность поставки по специальному заказу
Не нашли необходимый размер или форму?
Обратитесь к любому сотруднику компании.

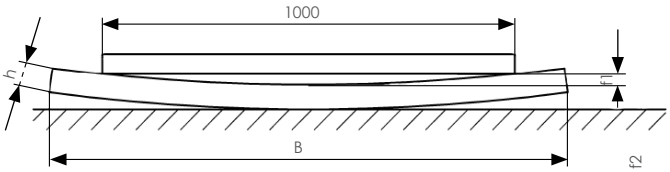
вернуться в начало

Правила приемки MIKANAT

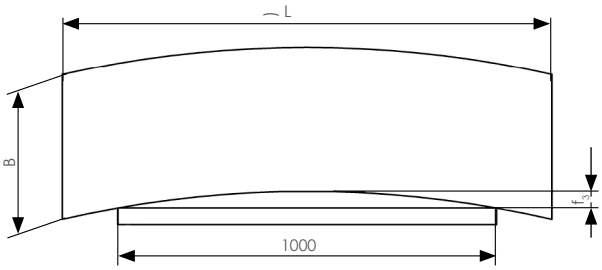








f1 - по ширине
f2 - по длине



f3 - на ребре

Измерение размеров

Для измерений используйте штангенциркуль, рулетку, линейку.
При измерениях сечения заготовок *b* всегда должно быть больше *a* (указано в документах).
Для листов допуск по длине и ширине не менее 0...+25мм.

a - номинальный размер (указан в документах)
b - размер с допуском (измеренное значение)
c=b-a, где c - «экструзионная кожа» (должна быть удалена при механической обработке)

Контроль внешнего вида

Мелкие царапины, яркие цветовые вариации, выемки, раковины, включения и иные недостатки поверхности допускаются только в зоне **c**. Пожалуйста, перед изготовлением детали удалите этот слой до получения номинального размера.
Осмотрите торцы заготовок. Трещины не допускаются.

Прямолинейность

f максимальный в мм на расстоянии 1000мм

Заготовки круглого сечения

d, мм	неармированные	армированные
до 20	10	12
21-32	7	8
33-45	5	6
45-100	4	5
выше 101	4,5	5

Плоские заготовки

h, мм	f1	f2	f3
до 6	7	8	8
7-16	6	7	
17-25	5	6	
26-50	4		
выше 50	3		

Эксцентричность

Эксцентричность - отклонение между центрами внутреннего и наружного диаметра (ΔE/2) должно быть таковым, чтобы разница в толщине стенки ΔE была меньше или равна 0,8 x ($d_{ном}$–$d_{макс.}$) и меньше или равна 0,8 x ($D_{мин.}$– $_{ном.}$). ΔE = $ΔE_{макс.}$–$E_{мин.}$ ≤0,8 x ($d_{ном.}$– $d_{макс.}$) и ΔE = $E_{макс.}$–$E_{мин.}$ ≤0,8 x ($D_{мин.}$–$D_{ном.}$), где: $E_{макс.}$ и $E_{мин.}$ это соответственно максимальная и минимальная толщина стенки в поперечном сечении; $d_{ном.}$ - это номинальный внутренний диаметр; $d_{макс.}$- измеренный максимальный внутренний диаметр; $D_{ном.}$ - номинальный наружный диаметр; $D_{мин.}$- измеренный минимальный наружный диаметр.

Контроль цвета

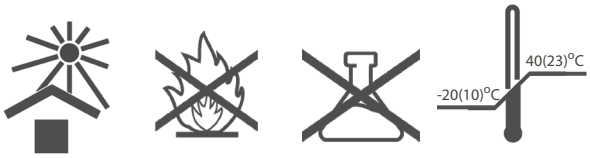
Небольшие вариации в оттенках, образованные в результате производственного процесса и зависящие от типа сырья, допускаются. Цветовые вариации обусловлены производственными процессами при получении PA и не оказывают влияния на свойства материала.
«Натуральный» означает, что в материал не вводилось каких-либо добавок, красителей с целью придания другого цвета (цвет в результате работы с натуральным сырьем).
Внутри заготовки для всех типов материалов PA допускается различие в цвете («световое свечение») в центре заготовки, не превышающие 4% размера диаметра/толщины.

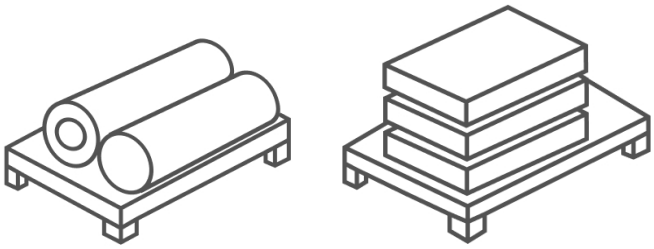
Хранение и транспортировка MIKANAT

Транспортировка

Не классифицируется как опасный и не нуждается в специальной маркировке. Транспортируется в соответствии с правилами, предусмотренными для данного вида транспорта. При длительном нахождении при отрицательных температурах избегать резких ударов.

Хранение





Закрытые сухие и чистые помещения.
На паллетах или поддонах в горизонтальном положении на расстоянии не менее 5 см от пола. Штабелировать можно, если обеспечена защита от деформации в зоне давления.
Вдали от нагревательных приборов и химических и легковоспламеняющихся веществ.
Исключите попадание прямого солнечного света, желательно хранить в черной пленке.
В случае длительного хранения при отрицательных температурах перед применением необходимо обеспечить температуру в центре заготовки не менее 18°C (желательно 23°C).
Материал демонстрирует стабильность первоначальных свойств с течением времени в случае хранения в условиях 23°C/50% отн. вл.
Избегайте резких ударов и бросков заготовок.
Заготовки скользкие по сути - исключите риск опрокидывания или падения. Убедитесь в исправности складского оборудования.

Не бросать. Возможно образование микротрещин в случае падения.

Работа с MIKANAT

Перед обработкой:

① Зафиксируйте номер производственной партии и наименование материала.

② Убедитесь в правильности инструмента:
- правильный материал инструмента
- подходящая геометрия
- правильные углы заточки
- острый инструмент

③ Убедитесь в правильной фиксации заготовки:
- минимум вибрации заготовки
- не стоит применять чрезмерные силы фиксации

④ Подберите соответствующий параметр обработки:
- скорость резания
- скорость подачи
- угол съема стружки
- шаг съема стружки

Поликарбонат, неармированная марка

PC является аморфным материалом, который склонен к образованию трещин от напряжения при контакте с агрессивной средой, такой как масла и жиры. Также некоторые охлаждающие жидкости часто содержат вещества, которые могут спровоцировать рост напряжения в материале. По этой причине избегайте использования смазочно-охлаждающих веществ при механической обработке этого материала настолько, насколько это возможно или, к примеру, используйте вещества на водной основе.

Кроме того, насколько это возможно, следует выбирать индивидуальные параметры механической обработки для данного материала.

- Не используйте слишком высокие темпы подачи.
- Избегайте чрезвычайно высокого давления.
- Избегайте чрезмерно высокого натяжения.
- Предпочтительно выбирать более высокую скорость вращения.
- Используйте подходящие и острые инструменты.
- Как правило, аморфные пластики предполагают отдельные конструкторские решения, чем полукристаллические. Пожалуйста, адаптируйте дизайн, геометрию, соответствующие аморфным материалам.
- Избегайте напряжений сдвига (конструктивных и во время обработки).
- Дизайн краев/геометрия в соответствии с типом материала (предпочтительнее выбирать внутренние края, которые слегка закруглены).

При применении подходящих параметров обработки аморфные материалы могут использоваться для производства деталей с очень стабильными размерами и очень узкими допусками.

Марки, армированные волокнами

PC GF30 содержит армирующую добавку стекловолокно 30%.

- Используйте инструменты из закаленной стали (карбидная сталь K20) в любом случае, а в идеале, инструменты с алмазным покрытием (PCD) или керамические.
- Используйте очень хорошо заточенные инструменты.
- Из-за абразивного эффекта материалов важно производить регулярные контрольные проверки инструментов
  - ↪ Более высокие сроки службы инструментов
  - ↪ Снижение риска чрезмерного выделения тепла
- Фиксируйте в направлении экструзии (максимальная сила сжатия)
- Используйте минимально возможное натяжение
  - ↪ Избегайте провисания и изгибающей деформации
  - ↪ Уменьшение деформации и/или снижение рисков образования трещин в компоненте из-за напряжения
- Предварительный нагрев заготовки может быть рекомендован для улучшения ее дальнейшей обработки:
  - ↪ Большая прочность материала
- Рекомендуется скорость нагрева 20°C в час до 80–120°C. Для равномерного распределения температуры в поперечном сечении заготовки также рекомендуется выдержать материал при воздействии температуры, по крайней мере 1 час на каждые 10мм толщины стенки.
- При этой температуре заготовки должны быть изготовлены с припуском, так как после остывания возможно уменьшение размеров детали.
- Чистовая обработка детали только после охлаждения до комнатной температуры.
- Инструментарий также должен быть нагрет перед обработкой:
  - ↪ Избегайте рассеивания тепла через материал.
- Равномерная обработка заготовки с обеих сторон:
  - ↪ В идеале каждый шаг обработки должен иметь максимальную режущую глубину в 0,5мм.
  - ↪ В результате более однородное распределение напряжения в заготовке.
  - ↪ Более высокое качество обрабатываемых зон.

вернуться в начало

Дисковые пилы наиболее подходят для раскроя листовых заготовок, но могут быть использованы для одиночного распила неармированных стержней диаметром до 50мм.

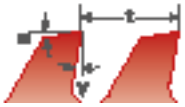
Подходящее оборудование
Электрические ручные, погружные дисковые пилы, форматно-раскроечные станки (для плит толщиной до 100мм).

Подходящий инструмент
Зубчатые диски с зубьями (напайками) из твердосплавных сталей, из карбида вольфрама с отрицательным углом заточки, с большим разводом зубьев, что обеспечивает хороший отвод стружки и снижает трение между заготовкой и нережущей зоной диска. Рекомендуемый шаг зубьев 31-38мм. Тип зуба - переменный (чередующийся).
Для распила армированных марок необходимо использовать пилы с алмазным покрытием.

Скорость
В общем, рекомендуется 2400 оборотов в минуту (для диска диаметром 450-480мм), что доступно практически на всех дисковых инструментах.

Особенности и рекомендации
Максимально избегайте вибраций.
Используйте высокую скорость подачи. Не позволяйте инструменту долго находиться в одной зоне распила (может привести к перегреву пластика и заклиниванию диска).
В случае резания толстых листов осуществляйте пропил в несколько этапов с каждым шагом погружения ~10-15мм. Применяйте специальные направляющие и фиксаторы, обеспечивающие ровный ход пилы.

В таблице обороты в минуту приведены для диска диаметром 450-480мм. При использовании диска меньшего диаметра произведите перерасчет.



α задний угол [°]
γ передний угол [°]
t шаг зубьев [мм]
V скорость резания (м/мин и об/мин)

обозначение	скорость вращения, об/мин (V)	шаг зуба, мм (t)	главный передний угол, °, γ	задний угол (угол зазора), °, α	скорость, м/мин (V)	материал зуба	особенности
PC	2400	31-38	5-8	15-30	3400-3600	HW	●
PC GF	2400-2800	20-24	10-15	15-30	3400-3900	A, K	●

Ленточные пилы наиболее подходят для распила стержней, но могут быть использованы для распила брусков с квадратным или прямоугольным сечением (разумно при отношении толщины к ширине 1:1, 1:2, 1:3 и толщине не менее 30мм, в противном случае высока вероятность вибрации).

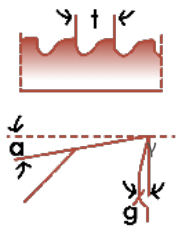
Подходящее оборудование
Ленточнопильные станки по дереву и металлу. Горизонтальные ленточные пилы, электролобзики приводят к высокой вибрации и к растрескиванию заготовки в месте резания. Если использование электролобзика избежать невозможно, пожалуйста, зафиксируйте заготовку «намертво» и исключите биение инструмента о пластик.

Подходящий инструмент
Металлические ленты с большим разводом зубьев, что обеспечивает хороший отвод стружки. Рекомендуемый шаг зубьев от 11 до 15мм, но могут быть использованы ленты с шагом 6мм и выше.
Рекомендуется использовать пилы с твердосплавными наконечниками.
Крайне важно хорошее натяжение ленты (иначе перегрев заготовки, кривой рез).

Скорость
Если есть возможность, то используйте скорость резания 130-180 метров в минуту (скорость ленточной пилы) для полимеров без армирующих добавок и скорость в диапазоне 110-150 метров в минуту для полимеров с обозначением GF (армированные волокнами материалы).
Если у Вас нет возможности использования высокоскоростных пил, скорость ленточной пилы может быть 50 метров в минуту и выше.
Могут быть использованы пилы и с меньшей, чем 50 метров в минуту, скоростью резания. Однако это создает риск привнесения напряжения, перегрева заготовки, образования плохого качества реза.

Особенности и рекомендации
Хорошо зафиксируйте заготовку. Если заготовка имеет большую длину, используйте дополнительные поддерживающие устройства. Исключите падение незафиксированной части заготовки после распила.

Охлаждение
Не является обязательным при правильной скорости и подаче инструмента, при использовании правильного и острого инструмента.



α задний угол [°]
γ передний угол [°]
t шаг зубьев [мм]
V скорость резания (м/мин)

обозначение	скорость, м/мин (V)	шаг зуба, мм (t)	главный передний угол, °, γ	задний угол (угол зазора), °, α	материал зуба	особенности
PC	50-200	11-15	5-8	15-30	HW	●
PC GF	110-150	11-15	10-15	15-30	A, K	●

Материал зуба
HW - твердосплавный инструмент
A - инструмент с алмазным покрытием
K - керамический инструмент

● Рекомендуется прогреть до 80-100°C и производить резание «в теплом состоянии»

● Будьте внимательны к выбору охлаждающих жидкостей. Данные пластики чувствительны к образованию трещин при напряжении.

Строгание / фрезерование плоскости применяется для получения более тонких листов и листов с точными размерами, для изготовления определенных видов сечений, получения одинаковых поверхностей, пазов или профилей (с помощью профильного фрезерования).

Подходящее оборудование
Подходит оборудование для обработки дерева и металла.

Особенности и рекомендации
Обе процедуры отличаются лишь тем, что при строгании по прямой линии удаление материала с поверхности заготовки осуществляется с использованием режущего инструмента строгальных машин. В случае фрезерования плоскости поверхность обрабатывается с помощью фрезерной головки.
Оба процесса хорошо подходят для производства гладких поверхностей и/или выравнивания полимерных заготовок. Основное различие заключается в том, что поверхности имеют различный внешний вид (структура поверхности, глянец).
Избегайте перегрева поверхности. Это может привести к деформации, короблению детали.

Шлифование, полирование
Для шлифования используются шлифовальные круги и ленты с крупным зерном. При использовании мелкозернистых лент или кругов возможно «размытие», «размазывание» пластика по поверхности заготовки. Особенно этот эффект проявляется на полимерах с маленьким модулем (содержащие PTFE).
Выбор абразивного материала зависит от глубины следов, оставленных инструментом или имеющимися дефектами на поверхности (к примеру, царапинами), а также требований, предъявляемых к поверхности. Как правило, шлифование осуществляется в несколько этапов. На каждом этапе применяется абразивный инструмент с меньшим размером зерна.
В любом случае перед каждым этапом поверхность должна быть очищена.
Для исключения перегрева заготовок рекомендуется «влажное» шлифование.
На результат шлифования оказывает влияние:

- тип шлифовальной установки
- используемый инструмент
- абразивное средство
- рабочие параметры процесса шлифования
- обрабатываемый материал
- округлость/прямолинейность заготовок

При правильном подходе возможно достичь шероховатости поверхности Ra1,2/Rz1,6.
Обработка пластиков алмазными инструментами с правильно подобранными параметрами, как правило, не требует последующей отдельной полировки.
Высокое качество поверхности и глянца можно получить путем обработки деталей в галтовочном барабане.

Гидроабразивная резка представляет собой воздействие тончайшей струи (диаметром до 1мм и менее) воды с примесью мельчайших острых и твердых частиц минералов. Смесь подается под очень высоким давлением, что и образует тонкий и точный рез полимера.

Гидрорезка (водоструйная резка) представляет собой воздействие тончайшей струи воды без примеси абразивных частиц. Вода так же, как и в случае с гидроабразивной резкой, подается под сверхвысоким давлением.

Преимущества
Нет термического, химического или механического воздействия, нет перегрева, следовательно, нет деформации и подплавления материала.
Подходит для всех видов полимеров, включая композитные материалы.
Изделия с точным ± 0,02мм ровным резом без последующей обработки кромок.
Детали со сложной геометрией, со сложными контурами, с малым радиусом закругления.
Возможность обработки плит с большой толщиной (нам известно об обработке плит из жестких полимеров толщиной до 100мм).
Подходит для обработки листов больших форматов.
Быстрая обработка в сравнении с другими методами.
Экономичная (рез толщиной до 0,7 мм) и экологичная обработка особенно при серийном производстве.

Обратите внимание
Скорость подачи зависит от типа материала, толщины листа, требований к качеству реза и зернистости абразива. Правильные параметры должны быть установлены обработчиком на тестовой детали перед серийным производством.
Перед резкой необходимо изготовить отверстие недалеко от контура детали. Струя должна начать движение из данного отверстия и по плавной траектории подойти к контуру детали. Скорость должна возрастать постепенно. Армированные волокном материалы (твердо-жесткие), как правило режутся медленнее, а неармированные материалы (жестко-мягкие) быстрее.

Лазерная резка

Материал	*Обработка*	*Качество реза*
PC	удовлетворительная	коричневая кромка, образование заусенцев

Маркировка лазером подходит. Долговечная, водостойкая, стойкая к химическим веществам и к свету. Подверженность маркировке зависит от лазера и параметров. В большинстве случаев используются лазеры NdYAG (образование контраста) или CO_2 лазеры (гравировка, отсутствие контраста).

Материалы, подходящие для лазерной маркировки (основано на опыте Ensinger GmbH на базе NdYAG-лазера).

Обозначение	*Маркировка*
PC	●

● хорошая

Точение полимерных заготовок на сегодняшний день является самым популярным методом изготовления инженерных деталей. Пластики отлично поддаются токарной обработке, а качество поверхности зависит от инструмента и параметров обработки.

Подходящее оборудование

Обычные токарные станки для обработки металла, токарные станки с числовым программным управлением (CNC, ЧПУ). Токарные станки карусельного типа используются в основном для изготовления деталей из втулок (колец) диаметром более 500мм.

Подходящий инструмент

Рекомендуется использовать инструменты из твердосплавных сталей для неармированных полимеров и алмазные (PCD) или керамические инструменты для армированных (GF, TF) пластиков. Используйте инструменты с маленьким радиусом режущей кромки - радиус по меньшей мере 0,5мм.
В случае отсутствия специальных инструментов для обработки пластиков могут быть использованы инструменты как для обработки алюминия.
Используйте только острозаточенные инструменты с подходящей геометрией.
Для обеспечения высокого качества поверхности, для финальной доводки используйте инструмент с широкой режущей кромкой.
Для отрезания используйте резец специальной формы.

Скорость

Вращение шпинделя должно быть как можно выше. Скорость подачи должна быть средней, а глубина снимаемого слоя минимальной. В этом случае достигается наилучший результат обработки. Выбор подходящей скорости вращения шпинделя зависит от материала .

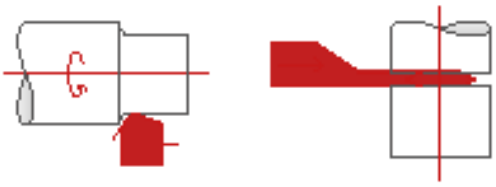
Охлаждение

Охлаждение сжатым воздухом является наиболее предпочтительным.
В случае необходимости использовать СОЖ, пожалуйста, уточните подходящий пластику состав жидкости у вашего поставщика СОЖ.

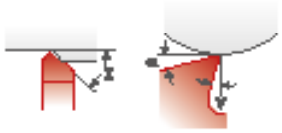
При обработке с применением СОЖ давление резания на деталь будет выше. Это может привести к увеличению образования заусенцев, но срок службы режущего инструмента будет существенно увеличен.

Особенности и рекомендации

Максимально избегайте вибраций.
Пластики плохо проводят тепло, поэтому при обработке образуется нагретый пограничный слой между инструментом и заготовкой. Если выбрать правильную скорость обработки, подходящий инструмент и глубину резания, то этот «перегретый» слой удаляется быстро и обеспечивает хороший отвод тепла «через стружку».
Определить правильность выбранных параметров легко по типу стружки. У большинства полимеров стружка должна быть сливной, непрерывной. При правильном выборе параметров резания обтачиваемая деталь имеет гладкую поверхность с незначительными следами резания или следы отсутствуют.
Геометрия инструмента, скорость вращения шпинделя и скорость подачи должны соответствовать обрабатываемому материалу.
Финишная или тонкая обработка, если требуется, может быть достигнута при высокой скорости резания, низкой скорости подачи и при минимальной глубине резания.



Точение



α задний угол [°]
γ передний (главный) угол [°]
χ вспомогательный угол [°]
V скорость резания (м/мин)
S подача (мм/об)

обозначение	*задний угол, °, α*	*главный передний угол, °, γ*	*вспомогательный угол (угол режущей кромки), °, χ*	*скорость резания, м/мин (V)*	*скорость подачи, мм/оборот (S)*	*инструмент*	*особенности*
PC	5-10	6-8	45-60	300	0,1-0,5	HW	●
PC GF	6-8	2-8	45-60	80-150	0,1-0,5	A, K	

Радиус закругления режущей кромки (r) должен быть не менее 0,5мм

Материал зуба
HW - твердосплавный инструмент
A - инструмент с алмазным покрытием
K - керамический инструмент

● Будьте внимательны к выбору охлаждающих жидкостей. Данные пластики чуствительны к образованию трещин при напряжении.

Фрезерование, наряду с токарной обработкой, является популярным методом изготовления деталей из пластмасс.

Подходящее оборудование

Подходит оборудование от обычных ручных фрез до вертикальных или горизонтальных универсальных фрезерных станков с ЧПУ, пяти осевых обрабатывающих центров или иного оборудования с достаточным пространством для отвода стружки, с системами удаления стружки во время обработки.

Подходящий инструмент

Подходят пазовые (концевые), торцовые, цилиндрические, летучие фрезы. Для обеспечения высокой производительности и хорошего качества резки рекомендуется использовать инструменты с одной или двумя режущими кромками. Такие фрезы обеспечивают хорошее удаление стружки, образуют меньше вибраций и дают лучшее качество поверхности.
Для обработки неармированных пластиков подходят фрезы из твердых сплавов и карбида вольфрама с той же геометрией, что и при обработке алюминия. Индивидуальное шлифование режущих инструментов может дать еще лучшие результаты. Для армированных пластиков рекомендуется использовать керамические инструменты и инструменты с алмазным покрытием.
В любом случае инструмент должен быть хорошо заточен, отполирован.

Скорость

Скорость резания должна быть высокой в сочетании со средней скоростью подачи. Быстрые операции и высокая скорость вращения шпинделя в сочетании с правильной фиксацией способны обеспечить высокое качество детали. Минимизируйте трение между инструментом и заготовкой настолько, насколько это возможно.

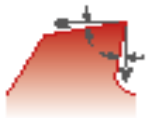
Охлаждение

Возможна как сухая обработка, так и обработка с применением СОЖ. Охлаждение сжатым воздухом является наиболее предпочтительным. В случае необходимости использовать СОЖ, пожалуйста, уточните подходящий пластику состав жидкости у вашего поставщика СОЖ.
При обработке с применением СОЖ давление резания на деталь будет выше, что может привести к увеличению образования заусенцев, но срок службы режущего инструмента будет увеличен.

Особенности и рекомендации

Избегайте одностороннего перегрева материала. Рекомендуется поэтапная обработка с обеих сторон.
Важно обеспечить хорошую фиксацию заготовки. Для фиксации тонких заготовок используйте вакуум или двухсторонний скотч.
Предпочтительнее встречное фрезерование в сравнении с попутным.
Для плоских поверхностей концевое фрезерование является более экономичным, чем периферийное. При периферийном фрезеровании инструменты не должны иметь более двух режущих кромок. Это необходимо для минимизации вибраций, возникающих из-за большого количества режущих кромок.
Пошаговое фрезерование рекомендовано для улучшения теплоотдачи тогда, когда необходимо избежать накопления тепла.
Для достижения хорошего качества поверхности при фрезеровании выбирайте низкий угол снятия стружки, инструменты с одиночной режущей кромкой, попутное фрезерование.
Поверхность заготовки («слои со следами производственных процессов») предварительно должна быть фрезерована, дабы исключить риски деформации.
Лучше использовать инструменты с двумя резцами, что приведет к лучшему качеству поверхности. Предпочтительнее использование небольших спиральных инструментов, которые обеспечивают хороший отвод тепла, приводят к получению хорошей поверхности и снижают эффект расслоения.
V ~ 300 м/мин, f~0,1-0,45 мм/зуб (зависит от диаметра инструмента - чем больше диаметр стороны, тем выше f). Усиленные (армированные марки): V ~ 80-100 м/мин, f~0,05-0,25 мм/зуб.
Параметры обработки сильно зависят от требуемых допусков, геометрии детали, используемого инструмента и особенно геометрии режущей кромки, поэтому индивидуально подобранные параметры обработки могут быть отличными от указанных.

Фрезерование



α задний угол [°]
γ передний угол [°]
V скорость резания (м/мин)
S подача (мм/об)

обозначение	*число зубьев*	*угол зазора (задний угол), α, °*	*главный передний угол, γ, °*	*скорость резания, V, м/мин*	*скорость подачи, мм/оборот (S)*	*особенности*
PC	Z1 – Z2	10-20	5-15	300	0,15-0,4	●
PC GF	Z1 – Z2	15-30	6-10	80-450	0,05-0,25	

● Будьте внимательны к выбору охлаждающих жидкостей. Данные пластики чувствительны к образованию трещин при напряжении.

Сверление и изготовление отверстий

Пластики плохо проводят тепло, поэтому важно обеспечить хороший отвод тепла. Это поможет выдержать требуемый размер и исключить образование разломов, оплавления.

Подходящее оборудование

Подходит как ручной инструмент, так и токарный, фрезерный станки. По возможности старайтесь избегать использования ручной подачи.

Подходящий инструмент

Достаточным будет использование хорошо заточенных сверл из быстрорежущей стали (HSS), однако твердосплавные инструменты (HM) наиболее предпочтительны. Борозды на инструменте должны быть очень гладкими. Используйте сверла с узким хвостовиком (синхронное сверление). Они обеспечивают снижение трения и накопления тепла. Сверление отверстий с помощью спиральных сверл из быстрорежущей стали (HSS) производится в соответствии с DIN ISO-336.

Скорость

Выбирайте высокую скорость сверления для снижения образования тепла в зоне резания и заклинивания инструмента.

Для неармированных инженерных и высокотемпературных пластмасс HSS инструменты с передним углом (γ) 3-5°.V = 50-200 м/мин, f = 0,1-0,3 мм/об. Те же материалы в армированных версиях: V=50-80 м/мин; f=0,1-0,2 мм/об.

Охлаждение

Часто извлекайте сверло. Это обеспечивает своевременное удаление стружки и охлаждение сверла.

При сверлении глубоких, больших отверстий, большого числа отверстий используйте СОЖ.

Особенности и рекомендации

Наибольшее количество тепла образуется внутри заготовки. При изготовлении небольших и неглубоких отверстий обычно сложностей не возникает. Если глубина сверления в два раза и более превышает диаметр отверстия, тепло не успевает рассеяться и материал перегревается и расширяется в зоне сверления (результат - заклинивание инструмента, деформация, трещины, ненормированные допуски).

Не прикладывайте слишком высокое давление при сверлении.

Для отверстий диаметром до 25мм подходят спиральные HSS сверла с углом закручивания 12-25°.

В случае с тонкостенными заготовками используйте высокую скорость сверления. По возможности выбирайте нейтральный (0°) угол схода стружки для того, чтобы предотвратить зажатие сверла в компоненте и, следовательно, разрыва сверла и/или поднятия заготовки вслед за сверлом.

При изготовлении отверстий диаметром более 25 мм необходимо предварительно вырезать черновое отверстие меньшего диаметра резаком и только после этого просверлить его сверлом подходящего диаметра, а лучше — фрезеровать отверстие. Так как при этом создается меньшее давление и ниже образование тепла.

Сверление длинных участков стержней начинайте только с одной стороны, так как сверление с двух сторон может вызывать нежелательные напряжения и привести к разрыву заготовки.

В случае обработки армированных волокнами пластиков желательно прогреть заготовку до +90°С (1 час на каждые 10мм толщины заготовки). В таких случаях чистовую обработку можно начинать только после полного остывания заготовки. В противном случае размеры детали не будут выдержаны.

При изготовлении сквозных отверстий часто возникают прорывы со стороны выхода инструмента. Их можно избежать путем встречного погружения или финишного фрезерования со стороны выхода.

Параметры существенно зависят от геометрии детали, используемого инструмента и т.п., поэтому индивидуально подобранные параметры могут отличаться от указанных и демонстрировать превосходный результат.

Нарезание резьбы

Резьбу лучше всего выполнять с помощью гребенок или резьбонарезных фрез. Могут быть использованы и метчики, однако выделение тепла в этом случае выше.

Подходящий инструмент

Резьбу лучше всего наносить резьбовой гребенкой.

Двузубчатый инструмент позволяет избежать образования заусенцев.

Не рекомендуется использовать нарезные шайбы (плашки), так как при удалении шайбы происходит повторная нарезка

Охлаждение

По возможности используйте охлаждающие вещества. СОЖ должна соответствовать типу обрабатываемого пластика.

Особенности и рекомендации

По возможности избегайте использования острого края резьбы. Это снизит концентрацию напряжений.

Лучше фрезеровать резьбу, чем сверлить ее.

При нарезании резьбы на станке следует избегать установки резьбонарезного инструмента под углом 90° и одновременной обработки обеих боковых сторон резьбы. Инструменты должны быть установлены под углом 30°, и резьба должна быть обработана с чередующимся фланцевым резанием. Слишком высокое давление резания часто приводит к разрыву резьбы на боковых сторонах.

Индивидуальные параметры могут быть отличными, так как в большей степени все зависит от используемого инструмента.

Отверстия для резьбы в пластиках должны быть немного больше, чем отверстия для резьбы в металле (как правило на 0,1-0,2мм больше, что зависит от диаметра резьбы и обрабатываемого материала).

При монтажных, сборочных работах избегайте чрезмерной натяжки крепежа.

вернуться в начало

Обращение с полимерами

Термообработка

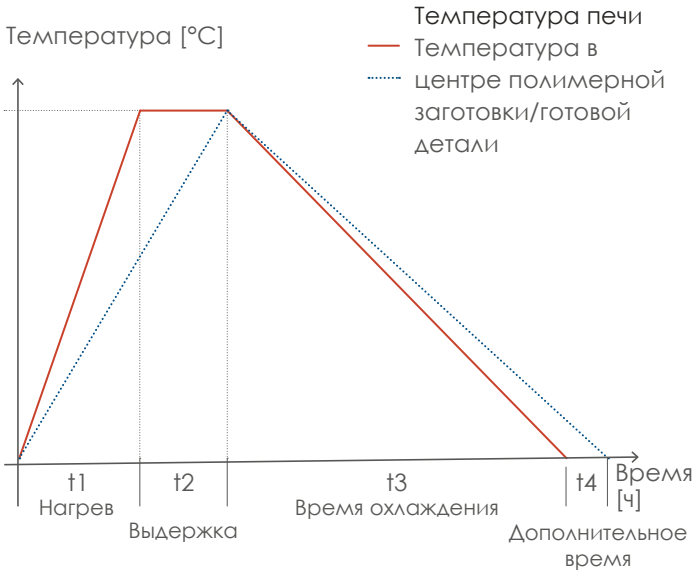
Для снижения внутренних напряжений, которые возникают в процессе производства, производитель всегда подвергает полимерные заготовки термообработке сразу после их изготовления. Термообработка (отжиг) производится в специальном конвекционном шкафу с рециркуляцией воздуха.

Дополнительная термообработка может понадобиться перед механической обработкой или между стадиями изготовления деталей:

- с критичной геометрией
- с большим количеством обработки
- к которым предъявляются высокие требования к точности

При термообработке материал медленно нагревается до определенного уровня. Затем материал следует выдержать в течение определенного периода при заданной температуре для того, чтобы тщательно прогреть до самого центра заготовки. Длительность периода выдержки зависит от типа материала и его размеров. Впоследствии материал медленно и равномерно охлаждается до комнатной температуры.

Типовой процесс термообработки (отжига)



Предварительная термообработка

Термообработка приводит к снижению внутренних напряжений и дает следующие преимущества:

- Остаточные напряжения, которые возникли во время производства или обработки, могут быть в значительной степени уменьшены или полностью исключены.
- Увеличение кристалличности приводит к оптимизации механических свойств.
- Формирование однородной кристаллической структуры.
- Снижение тенденции к деформации и изменению размеров (во время и после обработки).
- Улучшение стабильности размеров.
- В некоторых случаях возможно улучшение химстойкости.

Межстадийный (промежуточный) отжиг

Также может быть разумным подвергать черновые детали промежуточному отжигу. В особенности это относится:

- Если требуются узкие допуски.
- Если геометрия детали подразумевает сильную тенденцию к деформации (асимметричные детали, узкое поперечное сечение, тонкие стенки, карманы, желобки).
- В случае с армированными волокнами материалами, так как ориентация волокон может увеличить тенденцию к деформации, а механическая обработка может привести к дальнейшему напряжению в детали.
- В случае риска использования тупого или неподходящего инструмента. Это частая причина образования напряжений.
- Возможен чрезмерный ввод тепла в компонент в результате неадекватных скоростей и темпа подачи.
- Предполагается большой объем удаляемого с заготовки материала, особенно в случае односторонней обработки.

Промежуточный отжиг может помочь снизить уровень внутренних напряжений и свести до минимума риск деформации. Для соблюдения требуемых размеров следует перед этапом промежуточного отжига изготовить черновую деталь, оставив припуск, так как отжиг может привести к определенной степени усадки.

Рекомендованные параметры термообработки

Материал	Этапы нагрева		Фаза выдержки	Фаза охлаждения
PC	3 ч до 80 °C	3 ч до 130 °C	1 ч на 1 см толщины стенки	20 °C / ч до 40 °C

вернуться в начало

Очистка в соответствии с DIN 8592 является химическим процессом, используемым в производстве для удаления следов и остатков обработки.

Четыре группы факторов имеют отношение к процессу очистки

- Химический (тип очистки, химическое средство, концентрация)
- Механический (ультразвук, воздействие струи, распыление, соскабливание, регулировка геометрии)
- Температурный (температура очистки, промывки, сушки)
- Время (очистки, промывки, сушки)

На процесс очистки оказывают влияние

- Загрязнение (пленки, частицы, покрытие, микроорганизмы)
- Геометрия детали (массивный материал, отдельная часть, зачерпывающая и функциональная поверхность)
- Материал, из которого изготовлена деталь (пластик)
- Требования (грубая очистка, стандартная очистка, тщательная очистка, высокие требования к чистоте)

Окрашивание

PC хорошо окрашивается. На материал может быть нанесена печать. В этом случае задается достаточное поверхностное натяжение, чтобы цвет закрепился на поверхности. Но может быть полезно активировать поверхность плазмой, коронным разрядом перед окрашиванием или печатью, чтобы добиться лучшей адгезии чернил. В случаях, когда предполагается дальнейшая обработка детали химическими веществами, водой, паром (к примеру, чистка, дезинфекция, стерилизация в пищевой индустрии или медицинских технологиях), окрашенная часть может быть повреждена. В таких случаях решением может быть лазерная маркировка готовых деталей.

Покрытие лаком

Подверженность материалов лакированию зависит от состава вещества, которое необходимо нанести, и должна быть установлена в индивидуальном порядке. Может потребоваться предварительная обработка поверхности.

Окрашенные в структуре

Все технические пластики заведомо не предусмотрены для применения в дизайне и не имеют маркировки по RAL или иным системам кодирования цвета. Цвет пластика от партии к партии может отличаться. При неправильной обработке пластика или несоответствующих условиях хранения, обращения с полимерами возможно изменение цвета (обугливание, выгорание, обесцвечивание и т.п.).

Применимые методы очистки пластиков

Влажная химическая очистка

- Хорошо подходит для деталей со сложной геометрией
- Подходит для большинства пластиков
- Отсутствует абразивное воздействие на детали

Механические процессы

- В первую очередь подходят для грубой очистки пластмасс (чистка, вытирание, ...)

CO_2 снег - очистка сухим льдом

- Очень удобен, так как очищаемый материал практически не подвергается негативным воздействиям
- Процесс очистки является сухим, не имеет абразивного воздействия и не приводит к передаче тепла компоненту, детали
- Идеально подходит как для мягких материалов, так и для материалов с высоким поглощением влаги

Очистка плазмой

- Подходит для деталей с очень сложной геометрией
- Одновременно оказывает активирующее воздействие на поверхность пластика (удобно в случае дальнейшего склеивания)
- Отсутствует абразивное воздействие на поверхность
- Отсутствует влага в системе очистки

Больше данных в специальной брошюре «Работа с техническими пластиками»

- Качество поверхности, доработка и снятие заусенцев
- Охлаждение и охлаждающие жидкости
- Точность, калибровка изделий и заготовок, выборка
- Морфологические изменения и последующая усадка
- Стабильность размеров
- 3D печать
- Методы производства термопластов и их влияние на свойства
- Частые ошибки и их предупреждение
- Выбор подходящего процесса. Общие рекомендации для всех полимеров

Точность, калибровка изделий и заготовок, выборка

Для деталей (ГОСТ 7713-62) номинальным размером называется основной размер, определенный исходя из функционального назначения детали и служащий началом отсчета отклонений.

Допуски. Ряды точности в ЕСДП (единая система допусков и посадок) называются квалитетами, а в системе ОСТ - классами точности. По своей сути данные наименования являются синонимами. Квалитет (или степень точности, класс точности) - совокупность допусков, соответствующих одному уровню точности для всех номинальных размеров.

Классы точности определены в ГОСТ 11472-69. Существует десять классов точности, 1 - высший класс и далее до 10 по убыванию.

Квалитеты определены в ГОСТ 25346-89. С увеличением квалитета точность изделия снижается (допуски становятся выше).

Поля допусков, допуски и посадки деталей из пластмасс обозначены в ГОСТ 11710-66., ГОСТ 25349-88.

Шероховатость - совокупность неровностей поверхности. Обозначение шероховатости указаны в ГОСТ 2789-73. Наиболее популярными при работе с полимерами являются Ra - среднеарифметическое абсолютных значений отклонений профиля в пределах базовой длины, Rz - наибольшая высота профиля (сумма высоты наибольшего выступа профиля Rp и глубины наибольшей впадины профиля Rv в пределах базовой длины согласно стандарту).

Для заготовок. Все полимерные заготовки имеют нормированный размер с допусками на механическую обработку, позволяющими получить чистовой размер заготовки не меньше номинального (указанного в документах).

Морфологические изменения и последующая усадка

Термическое воздействие всегда имеет прямое влияние на полимерные материалы и их обработку. Термическое воздействие возникает в результате отжига, механической обработки (тепло от трения) и использования (температура эксплуатации, стерилизация горячим паром и пр.).

- Термообработка (отжиг) приводит к сбалансированию свойств пластика:
  - ↪ Увеличение кристалличности
  - ↪ Оптимизация механических показателей
  - ↪ Улучшение стабильности размеров
  - ↪ Улучшение химической стойкости
- Механическая обработка может привести к локальному перегреву из-за температуры, образуемой в результате трения:
  - ↪ Микроструктурные изменения
  - ↪ Пост-усадка
  - ↪ Неправильная обработка может привести к значительной деформации и/или к короблению обрабатываемой заготовки и/или готовой детали.

Стабильность размеров

Существует множество различных причин, которые могут повлиять на стабильность размеров детали.

Поглощение влаги:

- PC, с его низким поглощением влаги, намного более стабилен в своих размерах. Из него можно получить детали с жесткими допусками.

Снижение уровня напряженности

- Внутреннее или «застывшее» напряжение проявляется лишь частично или незначительно, влияет на стабильность размеров готовой детали во время обработки при комнатной температуре:
  - ↪ Стабильная в размерах готовая деталь.
- Во время хранения или эксплуатации это «застывшее» напряжение может себя проявить:
  - ↪ Изменение размеров.
- Особенно важно. Дальнейшее использование деталей при более высоких температурах:
  - ↪ Напряжение может внезапно уменьшаться.
  - ↪ Изменение формы, деформация или в худшем случае образование трещин от напряжения во время эксплуатации детали.

Выделение тепла

- Важными являются все процессы, при которых в материал привносится тепло:
  - ↪ Пример: Отжиг, механическая обработка, использование при высоких температурах, стерилизация.
- Температуры выше значений температуры стеклования приводят к микроструктурным изменениям, и отсюда образуется постусадка после остывания:
  - ↪ Усадка и деформация особенно заметны в изделиях асимметричной формы.
  - ↪ Полукристаллические термопласты обладают высокой постусадкой, что является критичным с точки зрения деформации.
- Во многих случаях следует принимать во внимание более высокое тепловое расширение (по сравнению с металлами).

Обработка

- Убедитесь в хорошем рассеивании тепла для того, чтобы избежать локального повышения температуры.
- В случае с высоким объемом обработки материала возможно будет разумным использовать этап предварительного или межстадийного отжига для того, чтобы уменьшить развитие напряжения в материале.
- В случае изготовления асимметричных изделий может быть разумным двусторонняя поэтапная обработка заготовки заведомо большей толщины (к примеру, с финишной толщиной детали в 18мм используется лист толщиной 25мм и далее сначала материал удаляется с одной стороны, потом заготовка переворачивается и материал удаляется с другой стороны).
  - ↪ Снижение риска перегрева заготовки с одной стороны и, как следствие, снижение риска искривления детали.
- Пластики требуют больших производственных допусков, чем металлы.
- Для минимизации риска искривления избегайте высокой растягивающей силы.
- В случае с материалами, армированными волокном, особенное внимание следует уделять положению компонента (отметьте направление экструзии).
- Во время обработки следует выбирать техническую процедуру, оптимальную для производства данной детали.
- Особенно важно. Дальнейшее использование деталей при более высоких температурах:
  - ↪ Напряжение может внезапно уменьшаться.
  - ↪ Изменение формы, деформация или в худшем случае образование трещин от напряжения во время эксплуатации детали.

Коробление из-за односторонней обработки

1. темно-красный - удаляемый материал

2. искривление после удаления материала с одной стороны

вернуться в начало

Склеивание

Склеивание - очень эффективный метод соединения, который позволяет соединять пластмассы между собой и с другими материалами. Химическое соединение (склеивание) компонентов представляет ряд преимуществ по сравнению с другими методами соединения:

- Равномерное распределение напряжения
- Нет повреждающих воздействий на материал
- Нет деформации соединенных деталей
- Могут быть соединены различные комбинации материалов
- Отдельные участки соединения склеиваются одномоментно
- Требуется меньшее количество компонентов

Решающие факторы для хорошего клеевого соединения:

- Характеристики материала
- Адгезивность
- Адгезивный слой
- Поверхность (предварительная подготовка)
- Геометрическая форма склеиваемого соединения
- Условия дальнейшего применения и воздействующие нагрузки

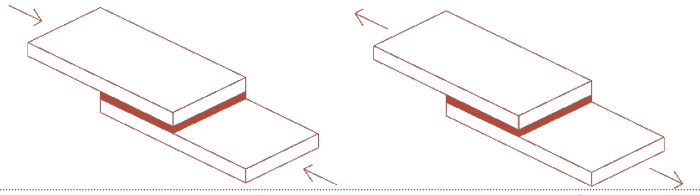
Чтобы увеличить прочность склеиваемого соединения, необходимо правильно подготовить контактные зоны склеивания соединяемых пластиков для повышения активности поверхности.

- Очистка и обезжиривание поверхности материала
- Увеличение шероховатости поверхности путем шлифования или пескоструйной обработкой (рекомендуется)
- Физическая активация поверхности пламенем, плазмой или образованием короны
- Химическое травление для формирования определенного пограничного слоя
- Нанесение грунтовки

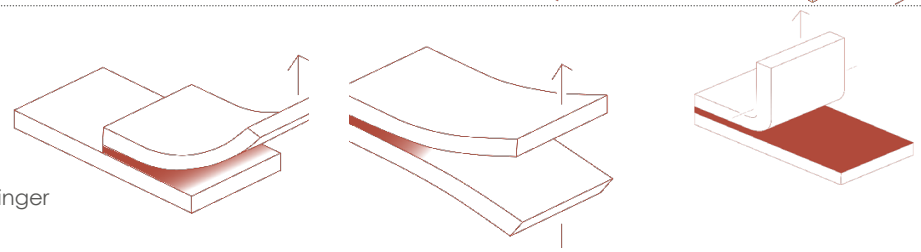
При склеивании пластиков следует избегать пиков напряжения. Сжатие, растяжение или поперечная нагрузка предпочтительнее должна воздействовать на область связи клеевого шва. Избегайте изгиба, отслаивания или простых растягивающих напряжений.

В случае необходимости дизайн должен быть адаптирован таким образом, чтобы место склеивания можно было сконфигурировать для допустимого уровня напряжения.

Во время склеивания пластиков следует избегать растягивающих нагрузок.
Сжатие, растяжение и поперечная нагрузка должны воздействовать на область клеевого шва.



Избегайте изгиба, отслаивания или простых растягивающих напряжений



Источник данных: Source: DELO Industrieklebstoffe
Информация взята из каталога Ensinger «Руководство»

Общие рекомендации по склеиванию

Материал	Растворяющие адгезивы	Реакция на клеевые составы, основанные на:		
		Эпоксидной смоле	Полиуретане	Цианоакрилате
PC	●	●	●	●

● Подходящая основа клея

Сваривание

Сварка

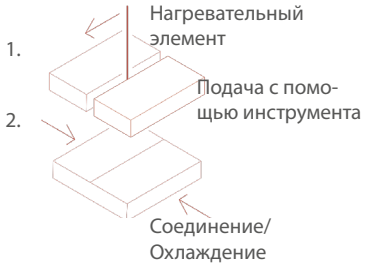
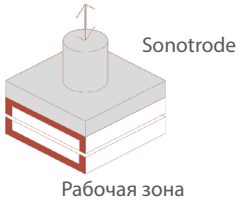
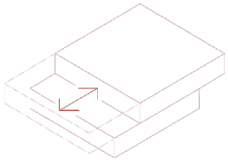
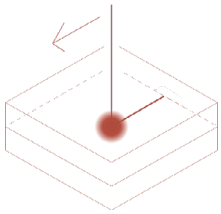
Сварка пластиков для соединения двух термопластов является частой и высокоразвитой технологией соединения материалов. Доступны разнообразные процессы, которые работают как на бесконтактной основе (нагревательный элемент, ультразвук, лазер, инфракрасное излучение, газовая конвекционная сварка), так и на контактной основе (трение, вибрационная сварка). На этапе проектирования для обеспечения гарантии оптимального соединения материалов должны соблюдаться определенные руководящие принципы в зависимости от используемого процесса.

В случае с высокотемпературными пластиками должно быть принято во внимание, что для пластификации данных материалов требуется чрезвычайно высокий выход энергии. Подходящий метод сварки зависит от многочисленных факторов (формы и геометрии детали, размера, материала).

Технологиями для сварки пластиков чаще всего являются:

- Сварка нагревательным элементом
- Инфракрасная сварка
- Конвекционная газовая сварка
- Фрикционная сварка
- Лазерная сварка
- Ультразвуковая сварка
- Тепловая контактная сварка
- Высокочастотная сварка

Сварочный процесс

Метод	Сварка нагревательным элементом/ горячим газом	Ультразвуковая сварка	Вибрационная/ фрикционная сварка	Лазерная сварка
				
Принцип	Нагревание соединяющихся материалов нагревательным элементом или горячим газом, соединение под давлением	Нагревание зоны соединения (со специфической геометрической формой) при помощи ультразвуковой вибрации	Нагревание соединяющихся материалов вибрацией или трением, соединение под давлением	Нагревание соединяющихся материалов лазерным лучом
Время сварки	от 20 до 40 сек.	от 0.1 до 2 сек.	от 0.2 до 10 сек.	
Результат	Высокая прочность, низкая цена	Минимальное время цикла, легкая автоматизация процесса	Подходит для больших деталей, возможна сварка чувствительных к окислению пластиков	Высокая прочность, практически любая геометрия шва, высокая точность

Проведение тепла	Излучение		Конвекция		Трение	
Сварка нагревательным элементом	**Сварка нагревательным элементом**	**Лазерная сварка**	**Сварка горячим газом**	**Экструзионная сварка**	**Внутреннее трение**	**Внешнее трение**
Индукционная сварка металлическим нагревательным элементом (насадка)	ИК свет сварки		Участие горячего газа		Высокочастотная сварка	Сварка вращением
Сварка металлическим нагревательным элементом					Ультразвуковая сварка	Вибрационная сварка

Источник данных: bielomatik Leuze
Информация взята из каталога Ensinger «Руководство»

Материал	Сварка нагревательным элементом/ горячим газом	Ультразвуковая сварка	Вибрационная/ фрикционная сварка	Высокочастотная сварка
PC	+	+	+	-

+ = сварка возможна
- = сварка не возможна

вернуться в начало

Безопасность

Меры по борьбе с пожаром

Подходящие средства пожаротушения - тонкораспыленная вода, устойчивая к алкоголю пена, углекислый газ, сухая химическая пена. Неподходящие средства пожаротушения - струя воды.

Выделение опасных веществ

С карбонизацией и неполным сгоранием выделяются токсичные газы, преимущественно углекислый газ и окись углерода. Развитие будущих продуктов деления и окисления зависит от состояния горения. При определенных условиях горения могут образовываться следы других токсичных веществ. Возможно выделение густого черного дыма оксида азота, углеводородов, альдегидов, органических кислот, фенола и следов цианистого водорода.

Советы при пожаротушении

При воздействии паров и углекислых газов во время противопожарных мероприятий, при аварийно-спасательных работах и при очистке использовать автономный дыхательный аппарат. Продукт воспламеняется при воздействии пламени и перестает гореть при удалении источника пламени. В случае расплавления полимера под воздействием пламени необходимо охладить полимер при помощи воды. Вода, используемая для тушения пожара, и остатки продуктов должны быть собраны и утилизированы согласно местным правилам.

Меры по оказанию первой помощи

При соблюдении рекомендаций по обращению с материалом никаких специальных мер не требуется. При попадании на кожу в обычном виде никаких специальных мер не требуется.

При попадании в дыхательные пути

В случае случайного вдыхания паров или продуктов термического разложения удалить человека из опасной зоны и сделать искусственное дыхание, если это необходимо. Используйте средства индивидуальной защиты. Сохраняйте спокойствие, поместите пострадавшего в тепло и обратитесь за медицинской помощью.

В случае контакта с расплавленным полимером

Сразу же охладите часть тела (выдержите длительное время в холодной воде). Снимите одежду с пострадавшей части тела. Не удаляйте продукты полимера с кожи. Оберните ожоги стерильными перевязочными материалами. Обратитесь за медицинской помощью.

При попадании в глаза

Если инородное тело (осколок, чип) попал в глаза, ни в коем случае не трите их. Иммобилизуйте глаз (глаза), используйте повязку на оба глаза, обратитесь за помощью к профильному специалисту.

В случае раздражения кожи

Для материалов с обозначением GF тщательно промойте кожу холодной водой. Не используйте теплую воду, так как она хорошо открывает поры кожи, позволяя волокнам проникать глубже. Не трите и не царапайте эти участки кожи. Снимите загрязненную одежду. В случае стойкого раздражения кожи обратиться за медицинской помощью.

Индивидуальные меры предосторожности, СИЗ, оказание срочной помощи

Никаких специальных мер не требуется.

Предосторожности по защите окружающей среды - никаких специальных мер не требуется.

При механической обработке могут выделяться вещества, подлежащие контролю (пределы значений, имеющие отношение к рабочему месту, пределы значений, подлежащие мониторингу или биологические пределы). Общее предельное значение пыли (а-пыль - 3 мг/м^3; е-пыль - 10 мг/м^3 (вдыхаемые фракции)).

Методы очистки

Механическая очистка. Избегайте сухой очистки (подметания). Используйте подходящие всасывающие приборы для очистки, чтобы избежать пылеобразования.

Острая токсичность

Не существует каких-либо опасностей для здоровья человека при соблюдении правил хранения, обращения и обработки.

-Для материалов с обозначением GF волокна и пыль, выделяющиеся при механической обработке, могут вызвать раздражение глаз и кожи. Симптомы исчезнут после окончания контакта. Вдыхание пыли волокна может вызвать кашель, чиханье, раздражение носовой полости, горла. Большое воздействие волокна может вызвать затрудненное дыхание, стеснение в грудной клетки, сухость слизистых оболочек.

Хроническая токсичность

При использовании и обращении в соответствии с предусмотренными правилами не существует каких-либо вредных воздействий. Стекловолокно, содержащееся в материалах с обозначением GF, представляет собой бесчисленное число стеклянных нитей. Стеклянные волокна бесконечных нитей (бесчисленные мелкие фракции) не классифицируются как канцерогенные. Их диаметр превышает мкм и поэтому не относятся к «вдыхаемым» (определение ВОЗ).

Экологическая информация

По состоянию знаний на сегодняшний день какие-либо ограничения отсутствуют. Из-за консистенции продукта дисперсное распределение в окружающей среде маловероятно. Поэтому согласно современному состоянию знаний негативных экологических последствий не предвидится.

Утилизация

Остатки (отходы) продукта могут быть переработаны или обработаны на специализирующихся перерабатывающих предприятиях. В случае раздельной сортировки незагрязненные остатки продукта могут быть переработаны механически. Незагрязненный продукт не имеет опасных свойств и поэтому не относится к числу опасных отходов по смыслу регламента европейского списка отходов. Коды отходов / коды идентификации: Точное присвоение кода отходов должно быть связано с источником и использованием. Предложения по кодовым номерам отходов основаны на вероятном использовании незагрязненного продукта. 07 02 13 (отходы из пластика) 12 01 05 (полимерная стружка и обрезки) 20 01 39 (отдельно собранные фракции из пластика)

Упаковка - незагрязненная или очищенная упаковка может быть переработана без проверки.

Гарантийный срок хранения

Нет каких-либо рисков, если рекомендации по обращению с продуктом соблюдаются.
Продукция не содержит какие-либо субстанции, которые могли бы высвобождаться при нормальных условиях или при рациональном применении
Взрывоопасность – неприменимо. Растворимость – не растворяется (вода 20°С). Температура: плавления ~147-149°С, разложения >320°С, воспламенения (твердый, газообразный) - >450°С. Не нагревать выше температуры плавления или температуры разложения.
Продукт химически стабилен. Нет опасных реакций при соблюдении правил хранения и обращения и при использовании по прямому назначению.
Избегайте контакта с галогенами, сильными окислителями, ароматическими растворителями.
Опасные продукты разложения: нет разложения и опасных реакций в случае использования в соответствии с инструкциями. При сильном перегреве материала возможно выделение густого черного дыма, оксида азота, углеводородов, альдегидов, органических кислот, фенола и следов цианистого водорода и других токсических газов.
Гарантийный срок хранения зависит от марки приобретаемого материала и указывается в договоре поставки. Если условиями договора не предусмотрено установление гарантийного срока хранения, то поставщик гарантирует сохранность свойств материала «как при поставке» в течение 12 месяцев с момента поставки в случае соблюдения правил транспортировки и хранения.

Пояснения к разделам

Химическая стойкость пластиков

Испытания были проведены в нормальных условиях (24°С, 50% относительная влажность, в соответствии с DIN 50 014). Химическая стойкость материалов существенно зависит от множества факторов - от температуры и времени воздействия до давления и иных нагрузок. В ТУ и ГОСТах на полимерные заготовки не присутствует обязательное испытание на химическую стойкость полимерных заготовок. Естественно, в стандартном документе о качестве материала Вы не найдете документальное подтверждение химстойкости полимера. Его пригодность устанавливается индивидуально с учетом всех возможных факторов воздействия.
Представленные в таблицах данные совпадают с текущим состоянием развития знаний. Они предназначены для информирования о некоторых свойствах продукта и возможных сферах его применения. Это не означает, что химическая стойкость полимеров или их пригодность для конкретных условий эксплуатации гарантированы на законных основаниях. Для конкретного применения сначала необходимо установить степень индивидуальной пригодности продукта.

Основные показатели (свойства материалов)

Указанные данные не являются минимальными или максимальными показателями. Данные получены в результате периодических испытаний образцов в соответствии с указанными стандартами и параметрами. Следовательно, эти значения находятся в пределах нормальных допусков ряда свойств продукта и мы не можем гарантировать четкое соответствие указанного показателя показателю конкретной партии товара. В случае необходимости обратитесь к нам для проведения индивидуальных испытаний.
На результаты испытаний существенно влияют размеры образца, ориентация волокон (особенно в случаях с армированными материалами), метод производства. Если не указано иное, образцы были произведены из заготовок диаметром 35-60мм, изготовленных экструзией. Согласно нормативной документации данные испытаний не могут служить основой для проектирования материала, изделия и могут использоваться, прежде всего, для сравнения тех или иных свойств при выборе материала.
Указанные данные и сведения соответствуют сегодняшнему состоянию наших знаний и предназначены для информирования о продукции и возможностях ее применения. Эти данные не гарантируют определенные свойства материалов, их химическую стойкость или их пригодность для конкретной цели эксплуатации на законном основании.

Ограничение ответственности

Приведенные в данной брошюре примеры, данные испытаний и иная информация основаны на нашем опыте, опыте наших клиентов, производителей заготовок, специализированных тестах, взята из открытых источников, но при этом мы не можем дать каких-либо гарантий на законных основаниях о возможности применения материала в Ваших индивидуальных условиях.
Для процессов. Учитывая, что подверженность обработке в большей степени зависит от выбранных параметров, используемых инструментов, конструкции и геометрии детали, воздействующих веществ, методов обработки, указанные здесь параметры могут не подходить для индивидуальных условий обработки или обращения. Все указанные данные и рекомендации носят общий характер и в первую очередь служат основой для подбора индивидуальных параметров обработки. Порой индивидуально подобранные параметры обработки демонстрируют лучший результат при изготовлении деталей, чем указанные в настоящей брошюре.
Для пластиков. Если не указано иное, измеренные значения являются ориентировочными значениями, которые основаны на лабораторных испытаниях в стандартных условиях.
Для эксплуатации. На пригодность изделий для конечного использования влияют различные факторы, такие как выбор материала, дополнения к материалу, конструкция деталей и инструментов, а также условия обработки, окружающей среды, эксплуатации.

вернуться в начало