

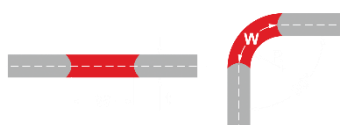
Теория гибки термопластов

Ширина зоны прогрева материала

Ширина области нагрева материала и направление изгиба оказывают значительное влияние на внешний вид готового изделия. Идеальная ширина составляет примерно три толщины листа. Регулируя ширину зоны нагрева, можно достичь различных результатов, как показано на рисунке 1. Обычно гибка выполняется горячей стороной материала наружу от угла сгиба. Однако возможно также выполнение изгиба внутрь горячей стороной. В этом случае на внутренней стороне сгиба может образоваться валик из смятого материала. Если ширина зоны нагрева оптимальна, направление изгиба не имеет значения, и валик не появляется.



(рис.1)



Примерный расчет оптимальной ширины зоны

прогрева:

Гибка 90° $W = 2 \times R + t$

Гибка 180° $W = 4 \times R + 2 \times t$

W - ширина прогреваемой зоны, R - внутренний радиус будущегогиба, t - толщина материала заготовки.

Литой акрил обладает способностью восстанавливать свою первоначальную форму после повторного нагрева благодаря своей памяти. Экструдированный акрил может вернуться в исходное состояние только при отсутствии растяжения. Литой акрил хорошо переносит неравномерный нагрев в диапазоне 10–15 °С. Перегрев литого органического стекла не приводит к образованию трещин или разрывов при деформации. Однако для экструдированного акрила разница в температуре нагрева может вызвать значительные напряжения в материале.

Рекомендуется удалить защитную плёнку перед нагревом литого пластика, так как при нагреве плёнка может прилипнуть к пластику, что затруднит её удаление. Для экструдированного пластика удаление плёнки необязательно.

Акрил и оргстекло обладают свойством абсорбировать влагу, поэтому перед гибкой рекомендуется проводить термическую сушку. Это особенно важно, если материал хранился во влажной среде или на открытом воздухе, чтобы предотвратить образование пузырей в готовом изделии.

Для материалов толщиной до 5 мм используется односторонний нагрев. Если толщина больше, применяется двухсторонний нагрев. Для гибки толстых пластиков можно использовать следующий метод: после разогрева одной стороны деталь переворачивается и дополнительно нагревается с другой стороны. Затем снова нагревается первая сторона, затем вторая и так далее, пока материал не станет мягким. Важно, чтобы сторона, которая была нагрета последней, оказалась на внешней стороне согнутого угла.

Если конструкция изделия допускает, вдоль линии сгиба толстого пластика можно сделать V-образный паз глубиной в половину толщины материала. Благодаря этому уменьшается внешний радиус угла сгиба и время нагрева. Внутренние напряжения в пластике снижаются. Метод гибки с использованием V-образного паза также эффективен для тонких материалов толщиной от 1 до 5 миллиметров.

Чтобы предотвратить возникновение внутренних напряжений, охлаждение должно быть максимально долгим и равномерным. Для достижения наилучших результатов изделию следует дать остыть до температуры 60–70 градусов Цельсия. На практике время охлаждения составляет две трети или три четверти от времени нагрева. Также для обеспечения точности геометрии и повторяемости размеров изделия используются различные кондукторы.

Кондукторы для гибки материалов

Правильное использование кондукторов требует точного определения опорных точек контакта между кондуктором и деталью для обеспечения геометрии и размеров конечного продукта. Кондуктор не должен соприкасаться с горячими участками детали. Деревянные кондукторы, такие как фанера, рейки, бруски, ДСП, МДФ и другие, являются наиболее эффективными. Металлические кондукторы быстро отводят тепло от горячей детали, увеличивая вероятность возникновения «сабельного эффекта». Некоторые кондукторы могут быть выполнены в виде монолитных конструкций, в то время как другие целесообразно сделать разъемными из нескольких частей. Ниже представлены эскизы нескольких простых кондукторов.



Проблема «сабельного эффекта»

Если линия изгиба находится рядом с краем заготовки или если есть два или более изгибов рядом друг с другом, то после остывания деталь может деформироваться и принять форму дуги, напоминающей саблю.

Это происходит по ряду причин:

- Разогреваясь вдоль струны, зона прогрева расширяется.
- Остывая после гибки, зона прогрева обратно уменьшается.
- При сгибании происходит поперечное растяжение на внешней стороне и сжатие на внутренней сторонегиба.

Все эти процессы вызывают неоднородные температурные деформации внутри пластика. Появляются напряжения относительно «нетронутой» части заготовки.

Если расстояние между линией сгиба и краем заготовки или между сгибами велико, согнутая деталь приобретает прочные рёбра жёсткости. Возникающее напряжение не вызывает видимых искажений геометрии. Узкие рёбра не выдерживают нагрузки, и возникает «сабельный эффект». Эта проблема наиболее актуальна для изделий из экструдированных пластиков. Литые пластики демонстрируют большую стабильность.

Есть несколько вариантов решения данной проблемы:

1. Использовать дизайн и конструкцию изделия с достаточными расстояниями между гibaми и до края заготовки. Эффективно, но далеко не всегда применимо.
2. Работа с заготовками, которые предварительно нагреты до температуры чуть ниже эластичного состояния материала, позволяет минимизировать разницу в температурном расширении линии сгиба и остальной части заготовки, что приводит к снижению внутренних напряжений. Хотя этот метод является наиболее эффективным, он требует дополнительных затрат на оборудование для предварительного нагрева заготовок и увеличивает время производства.
3. Отжиг согнутых изделий при температуре немного ниже эластичного предела материала позволяет выровнять температурное расширение и снять внутренние напряжения. Однако существует риск потери геометрии согнутых изделий. Этот

метод применим только для формованных пластмасс и требует дополнительного оборудования, увеличивая время производства.

4. Использовать кондукторы с намеренно изменённой формой, которая изогнута в противоположную сторону от возникающего изгиба. Этот вариант работает, но не всегда применим.
5. На участках, где будут находиться изгибы, следует сделать V-образные пазы с помощью фрезерования на половину толщины пластика. Это снизит возникающие напряжения и решит проблему. Хотя этот метод эффективен, он не всегда соответствует дизайну или конструкции изделия.

Характеристики популярных термопластов

Литой акрил (PMMA)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется.

Эластичность 120 - 200°C. Пластичность 200 - 205°C.

Экструдированный акрил (PMMA)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется. Края заготовки могут растягиваться и разбухать, ухудшая внешний вид изделия. При контактном методе прогрева нагревательные элементы могут оставлять следы в местах соприкосновения с заготовкой. Эластичность 120 - 140°C. Пластичность 140 - 215°C

АБС (AcrylonitrileButadieneStyrene)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется. Температура формовки имеет достаточно низкий порог, а время прогрева очень небольшое. Эластичность 100 - 130°C. Пластичность 130 - 160°C.

ПЭТГ (Polyethylene Terephthalate Glycol)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется. Имеет небольшое температурное окно эластичности, при этом PETG легко гнется с хорошим эстетическим результатом. Эластичность 80 - 120°C. Пластичность 120 - 170°C.

Поликарбонат (PC)

Нагревательные элементы - горячая струна. Требуется предварительная сушка. 2х-сторонний прогрев требуется для толщин, больше 3 мм. Края детали при нагреве могут оплавляться. Эластичность 180 - 190°C. Пластичность 190 - 230°C.

Полистирол (PS)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется. Очень маленькое температурное окно эластичности требует осторожности при прогреве и усложняет процесс гибки. Однако гнется материал достаточно легко. Эластичность 95 - 100°C. Пластичность 100 - 150°C.

ПВХ (Poly Vinyl Chloride)

Нагревательные элементы - все типы. Предварительная сушка - не требуется. Гибкая натура материала делает его защищенным от температурных стрессов. Эластичность 95 - 160°C. Пластичность 160 - 170°C.

Полипропилен (PP)

Нагревательные элементы - горячая струна. Предварительная сушка - не требуется. Материал имеет особенные свойства. При прогреве не на всю толщину, оставив примерно 1 мм. не прогретым, можно получить очень хороший результат. Сгибание должно быть обратным, т.е. горячей стороной внутрь. При этом на внутренней поверхности сгиба появится валик из расплавленного материала, работающий как сварка. Так же можно сделать вдоль линии сгиба V-образный паз. После нагрева и сгибания стенки паза сварятся вместе. В этом случае важен равномерный прогрев вдоль всего паза. Эластичность 165 - 175°C. Пластичность 175 - 215°C.

Полиэтилен (PE)

Нагревательные элементы - горячая струна. Предварительная сушка - не требуется. Гибка происходит легко, однако контактная гибка дает следы от нагревательных элементов. Эластичность 100 - 110°C. Пластичность 110 - 205°C.