



Заготовки

*Рекомендации по обработке
конструкционных пластмасс Ensinger*

Содержание

- 4 *Обработка пластмасс (введение)*
- 5 Различия между пластиками и металлами
- 6 Экструзионные технологии
- 6 Инструменты и оборудование

- 7 *Механическая обработка*
- 8 Обработка резанием
- 9 Токарная обработка
- 9 Фрезерование
- 10 Сверление
- 11 Нарезание резьбы
- 11 Строгание/ фрезерование плоскости
- 12 Шлифование
- 13 Качество поверхности, переработка и удаление заусенцев
- 15 Основные принципы обработки

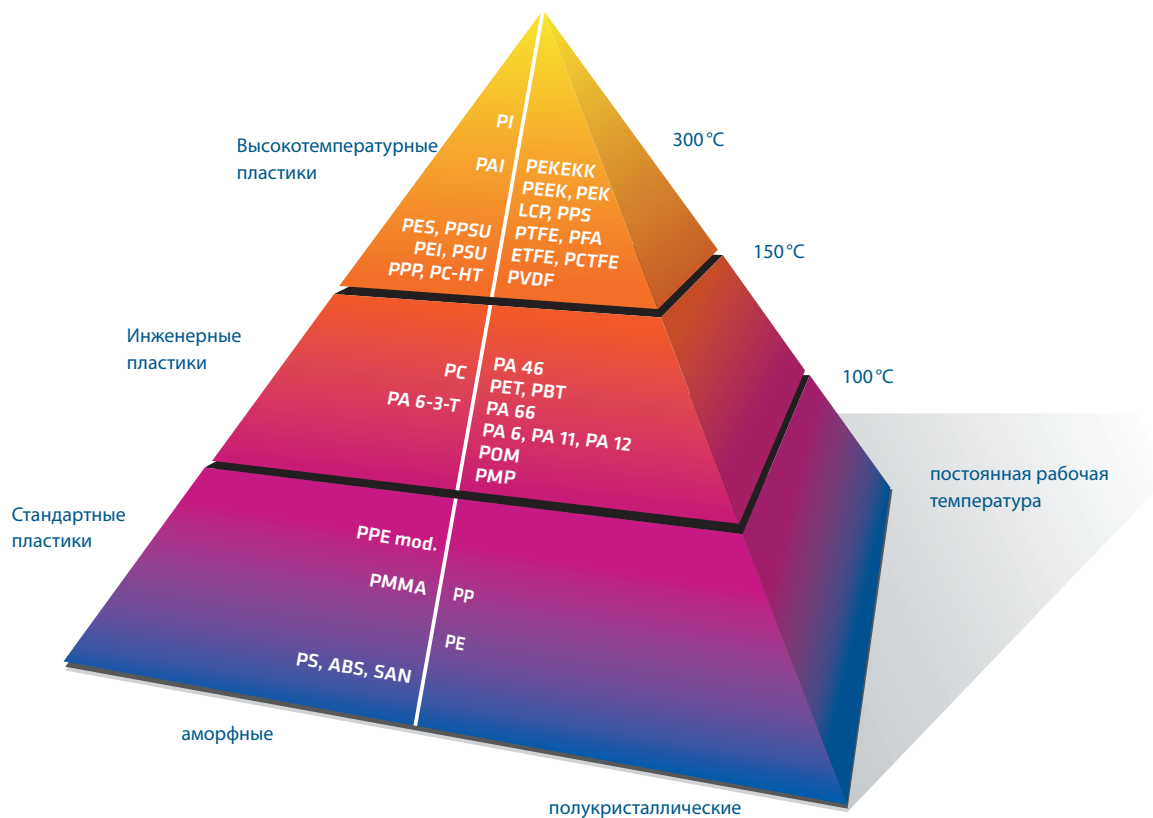
- 16 *Интервью с Hufschmied Zerspanungssysteme*

- 18 *Охлаждение и охлаждающие смазки*

- 19 *Отжиг*
- 20 Морфологические изменения и постусадка
- 21 Размерная стабильность

- 22 *Группы продуктов и характеристики материалов*
- 22 TECAFORM AH / AD, TECAPEТ, TECAPEEK
- 22 TECAST T, TECAMID 6, TECAMID 66
- 23 TECANAT, TECASON, TECAPEI
- 23 TECA материалы с PTFE
- 23 TECASINT
- 24 Усиленные волокном материалы
- 25 Особенности TECATEC

- 26 *Ошибки обработки - причины и решения*
- 26 Резка и раскрой
- 26 Точение и фрезерование
- 27 Сверление



Аббревиатура полимера

Наименование Ensinger

Наименование полимера

Аббревиатура полимера	Наименование Ensinger	Наименование полимера
PI	TECASINT	Полиимид
PEEK	TECAPEEK	Полиэфирэфиркетон
PPS	TECATRON	Полифениленсульфид
PPSU	TECASON P	Полифениленсульфон
PES	TECASON E	Полиэфирсульфон
PEI	TECAPEI	Полиэфиримид
PSU	TECASON S	Полисульфон
PTFE	TECAFLON PTFE	Политетрафторэтилен
PVDF	TECAFLON PVDF	Поливинилиденфторид
PA 6 C	TECAST T	Полиамид 6 литье
PA 66	TECAMID 66	Полиамид 66
PA 6	TECAMID 6	Полиамид 6
PC	TECANAT	Поликарбонат
PBT	HYDEX 4101	Полибутилентерефталат
PET	TECAPET	Полиэтилентерефталат
PPE	TECANYL	Полифениленэфир
POM-C	TECAFORM AH	Полиоксиметилен сополимер
POM-H	TECAFORM AD	Полиоксиметилен гомополимер
PMP	TECAFINE PMP	Полиметилпентен



Обработка пластмасс

Используя профессиональный подход и технологии возможно производить функциональные и долговечные компоненты из пластиков, детали со стабильными размерами. В целом термин "обработка пластиков" предполагает, что все пластики могут быть обработаны с похожими параметрами и инструментами. С другой стороны, когда речь заходит о металлах, говорят не только об "обработке металлов", но и о различии в обработке алюминия, стали и нержавеющей стали. Аналогичным образом в случае с пластиками необходимо учитывать индивидуальные характеристики полимеров при их обработке.

Специфические свойства пластиков имеют решающее влияние на их подверженность обработке. Материалы могут быть классифицированы на следующие группы:

- Аморфные термопласты
(например: TECASON S, TECANAT)
- Полукристаллические термопласты
(например: TECAFORM, TECAPET, TECAPEEK)
- Усиленные волокном термопласты
(например: TECAPEEK PVX, TECAMID 6 GF 30, TECAMID 66 CF20, TECADUR PBT GF 30)
- Усиленные тканями термопласты
(например: TECATEC PEEK CW 50)
- Термопласты модифицированные PTFE
(например: TECAPET TF, TECAPEEK TF10 blue)



Различия между пластиками и металлами

В сравнении с металлами пластики имеют более широкий спектр преимуществ. Однако также следует иметь в виду и большое число ограничений, связанных с их применением. В принципе, использование пластмасс возможно в тех областях, где в частности требуется оптимальное сочетание веса и прочности детали.

Применение пластика может служить прекрасным решением в тех случаях, когда требуется два или три нижеприведенных преимущества. Для того, чтобы иметь возможность использовать преимущества пластмасс при замене ими других материалов, иногда может потребоваться изменение самого компонента, детали.

➕ Преимущества в сравнении с металлами

- Низкая плотность
- Хорошее поглощение звука и вибрации
- Электрическая изоляция и регулируемая проводимость
- Хорошая химическая стойкость
- Возможность свободного дизайна
- Проницаемость для электромагнитных волн
- Очень хорошая стойкость к коррозии
- Тепловая изоляция
- Возможна специальная модификация для отдельных случаев применения

⊖ Ограничения в сравнении с металлами

- Сравнительно низкая термостойкость
- Более высокое тепловое расширение
- Более низкие механические свойства
- Плохое сопротивление ползучести

Вышеупомянутые преимущества и недостатки пластика в сравнении с металлами необходимо учитывать, особенно в процессах, связанных с механической обработкой.

⚠ Следует отметить:

- Хорошая теплоизоляция
- Низкая теплопроводность
- В сравнении с металлами тепло не рассеивается или рассеивается частично во время обработки компонента
- Более высокое тепловое расширение по сравнению с металлами
- Хорошая фиксация и поддержка пластика во время обработки



⚠ Возможные последствия при несоблюдении рекомендаций

- Слишком большое скопление тепла в компоненте может привести к повышенному уровню напряжения и таким образом к деформации или разлому
- Чрезмерное выделение тепла вызывает расширение пластика. Таким образом, требуемые допуски к обрабатываемым деталям могут быть не соблюдены
- Недостаточная фиксация может привести к деформации во время обработки

💡 Рекомендации

- Хорошее рассеивание тепла (наилучшее через стружку), также как и адекватная фиксация материала

Данный подход к материалам должен быть адаптирован в зависимости от вида пластика. Необходимо учитывать вид пластика также и при определении оптимальных параметров обработки, выбора инструментов для резки термопластичных материалов. Только таким образом возможно изготовление компонентов оптимального качества. Детальная информация касательно обработки пластиковых материалов приведена на последующих страницах.

Какую роль играет технология экструзии в обработке материалов?

Производственные процессы, в особенности экструзия заготовок, существенно влияют на свойства и обрабатываемость материала.

Пластиковые заготовки из PTFE или полиимидов могут изготавливаться путем компрессионного формования или спекания. Для других термопластов наиболее распространенным технологическим процессом является экструзия. В этом процессе производства материал расплавляется и сжимается в цилиндре с помощью винтового конвейера и гомогенизируется. Благодаря использованию давления, возникающего в цилиндре, а также соответствующих инструментов, калибровке в процессе охлаждения, возможно получение заготовок в виде листов, круглых стержней и труб (втулок).

Воздействие

- Возникает внутреннее напряжение
- Волокна принимают определенную ориентацию (если возможно)

Ensinger предлагает широкий ассортимент конструкционных и высокотемпературных полимерных заготовок. Основную массу ассортимента составляют стандартные пластики. Все материалы производятся так, чтобы в дальнейшем они могли оптимально подвергаться механической обработке.

Внутреннее напряжение

Давление, создаваемое во время экструзии, приводит к заданному движению расплавленной пластмассовой массы. Далее, высвобождаемые из инструмента заготовки медленно охлаждаются, снаружи к центру. Плохая теплопроводность пластиков является следствием различия скорости охлаждения различных слоев материала. В то время как поверхность заготовки уже охлаждена и затвердела, центр все еще содержит пластмассу в жидком или расплавленном состоянии. По этой причине пластики подвержены типичной картине усадки. Во время фазы охлаждения сокращению пластика в центре препятствует жесткий пограничный слой.

Влияние технологического процесса

- Внутреннее напряжение (в центре) из-за технологического процесса
- Полимерные заготовки порой сложно подвергать механической обработке
 - ↳ Высокий риск образования разрывов и трещин

Возможные решения

Специальная термообработка (отжиг) материала для минимизации напряжений (стр. 19)

Инструменты и оборудование для обработки пластмасс

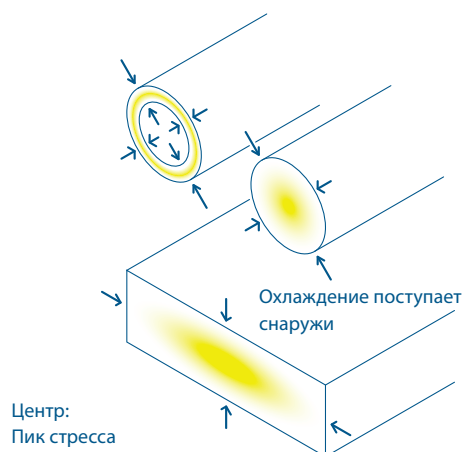
Для механической обработки полимерных заготовок возможно использование обычных, доступных на рынке инструментов для дерево- и металлообработки вместе с инструментами, изготовленными из быстрорежущей стали (HSS).

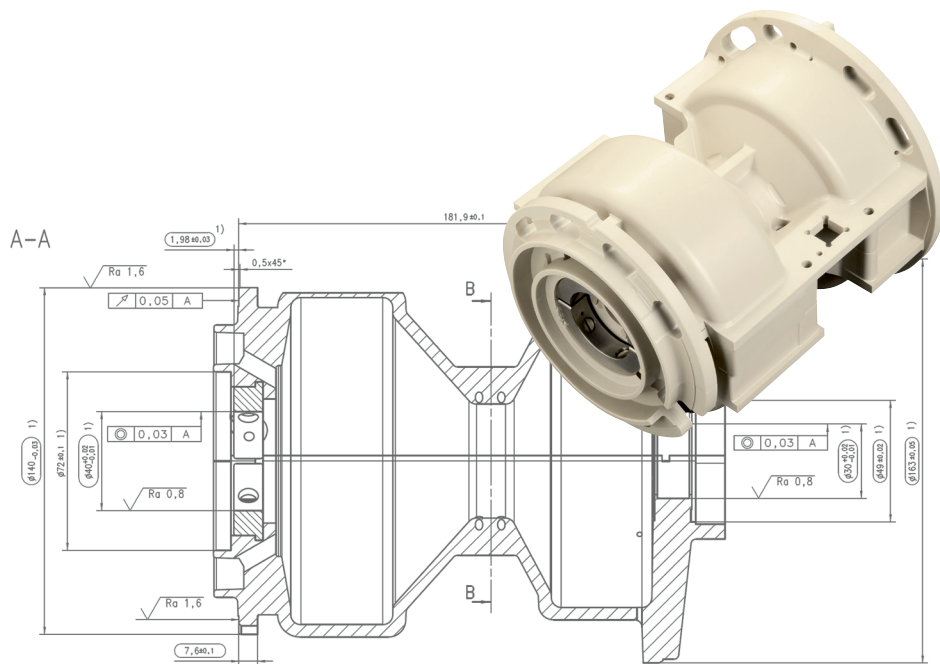
В принципе, подходят инструменты с углом режущей кромки как у инструментов, используемых при обработке алюминия. Но мы рекомендуем использовать специальные инструменты для пластиков с более острым углом клина.

Из-за низкого времени выдержки и длительного времени обработки инструменты из закаленной стали не должны использоваться при обработке армированных пластиков. В этом случае является целесообразным применение инструментов из карбида вольфрама, керамики или использование алмазных инструментов. Точно также циркулярные пилы, оснащенные твердосплавными пластинами лезвий, идеально подходят для резки пластиков.

🔗 Рекомендации

- Применение специальных инструментов для пластиков
- Обеспечение приемлемой формы резки
- Очень хорошо заточенные инструменты

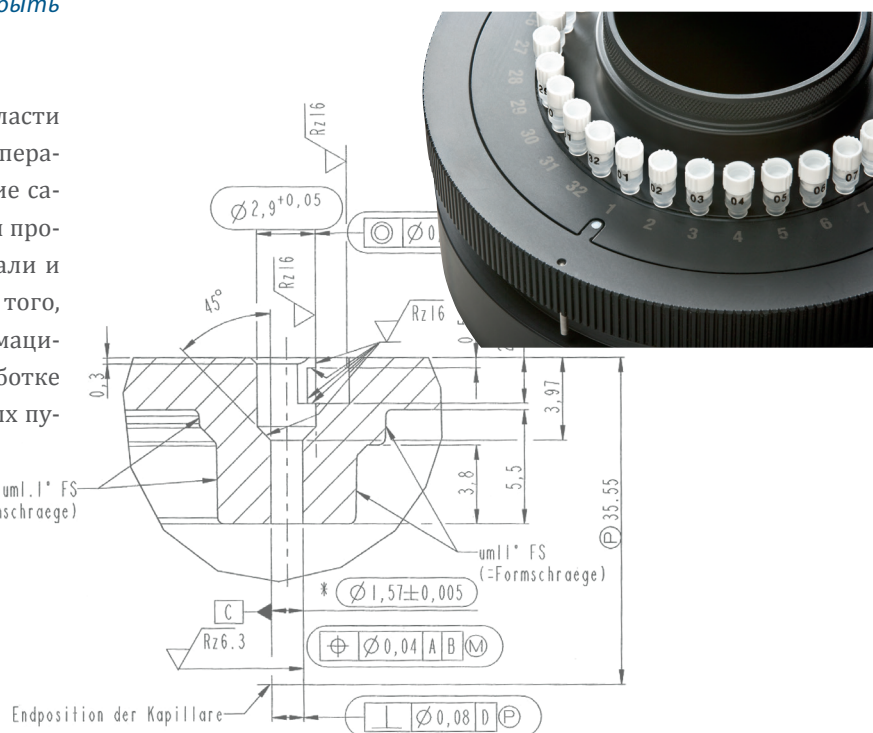




Механическая обработка

Механическая обработка (определение в соответствии с DIN 8580) является наиболее быстрым и наиболее экономичным путем для производства точных деталей, особенно в небольших количествах. При правильном соблюдении всех процессов, стадий обработки могут быть достигнуты очень жесткие допуски.

Компания Ensinger имеет многолетний опыт в области механической обработки инженерных и высокотемпературных пластиков. Имеющийся опыт и применение самых передовых технологий, ноу-хау позволяют нам производить на собственной базе высокоточные детали и компоненты из самых различных пластиков. Кроме того, мы будем рады постоянно обеспечивать Вас информацией по механической обработке и дальнейшей обработке как заготовок, так и черновых деталей, полученных путем литья под давлением и прямым формованием.



Обработка резанием



Какая технология пиления наиболее предпочтительна для резки пластиковых деталей?

Пластики могут быть разрезаны при помощи ленточной или циркулярной пилы. Выбор пилы зависит от формы заготовки. В общем, наибольшую опасность при пилении представляет собой тепло, выделяющееся от инструментов во время данного вида обработки пластика. Для минимизации нагрева полимера должны быть использованы правильные лезвия пил для каждой формы и вида материала.

Ленточные пилы

- Наиболее подходят для распиливания круглых стержней и труб
- Рекомендуется использование поддерживающих клиньев
- Должны использоваться острые и достаточно закрепленные лезвия
 - ↳ Хорошее удаление стружки
 - ↳ Удастся избежать высокого трения между лезвием пилы и материалом, а также чрезмерного тепловыделения
 - ↳ Предотвращение блокировки лезвия пилы

+ Преимущества:

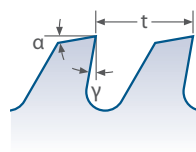
- Тепло, выделяемое во время пиления, хорошо рассеивается благодаря длинному лезвию пилы
- Ленточные пилы позволяют производить универсальные прямые, непрерывные и нерегулярные типы разрезов
- Обеспечивает хорошее качество краев

Циркулярные пилы

- В основном используются для разрезания пластин нужных размеров с ровными режущими кромками
- Настольные циркулярные пилы могут использоваться с соответствующим силовым приводом для прямых разрезов плит толщиной до 100мм
- Лезвия пилы должны быть изготовлены из закаленного металла
- Используйте нужную и достаточную скорость подачи и адекватное смещение
 - ↳ Приводит к хорошему отклонению стружки
 - ↳ Предотвращает зажатие лезвия пилы
 - ↳ Предотвращает перегрев пластика в зоне разреза пилой
 - ↳ Приводит к хорошему качеству краев разреза

💡 Рекомендации

- Используйте соответствующее устройство для натяжения:
 - ↳ Избегайте вибраций и загрязненных режущих кромок, которые могут образовываться при этом или даже привести к поломке
- Резка очень прочных и армированных волокнами материалов с применением предварительного прогрева (резка теплых материалов, нагрев 80 – 120 °С)
- Лезвия, изготовленные из карбида вольфрама, хороши в использовании и обеспечивают оптимальное качество поверхности реза



α угол зазора [°]
 γ задний угол [°]
 t шаг [в]

Ключевые факты

Убедитесь, что используемые для распиловки пластика пилы остры и правильно закреплены

Как лучше всего обрабатывать пластики? (токарная обработка)

Пластики могут быть обработаны и на обычных токарных станках. Однако для оптимальных результатов обработки должны использоваться специальные фрезы для пластмасс.

Инструменты для резки

- Используйте инструменты с маленьким радиусом режущей кромки
- Для обеспечения высокого качества поверхности используйте для финальной доводки инструмент с широкой режущей кромкой
- Для обработки гибких заготовок специальная геометрия режущих инструментов
- Для фиксации используйте правильную форму крепления
- Специальная форма резца для отрезания
- Резание окружности и полирование поверхности

+ Преимущества:

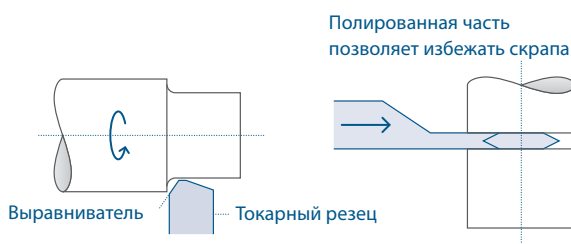
- Оптимальная, без борозд поверхность
- Уменьшение количества материала, необходимого для изготовления детали

💡 Рекомендации

- Выберите высокую скорость резания
- Используйте глубину резки по крайней мере в 0,5мм
- Сжатый воздух отлично подходит для охлаждения
- Используйте поддерживающую подставку при уменьшении жесткости пластиков
 - ↳ Стабилизация детали
 - ↳ Избегание деформации

+ Преимущества:

- Хорошее охлаждение материала
- Предотвращается скалывание, которое может возникнуть при обработке некоторых пластиков. Предотвращается заклинивание и вращение с токарным станком части лезвия



Рекомендации по фрезерованию

Пластики могут подвергаться фрезерованию с помощью обычных обрабатывающих установок. Для гарантии надёжного удаления стружки и предотвращения перегрева, процессы должны осуществляться с использованием инструментов, оборудования с достаточным пространством для отвода стружки.

Инструменты

- Подходящие для термопластов
 - ↳ Пазовая фреза
 - ↳ Торцевая фреза
 - ↳ Цилиндрическая фреза
 - ↳ Одиночные режущие инструменты
 - ↳ Летучая фреза
- Одиночные режущие инструменты
 - + **Преимущества:**
 - ↳ Оптимально высокая производительность резки
 - ↳ Хорошее качество поверхности с одновременным хорошим удалением стружки

💡 Рекомендации

- Высокая скорость резки и средняя скорость подачи
- Обеспечьте хорошее крепление:
 - ↳ Быстрые процедуры и высокая скорость вращения шпинделя, в сочетании с правильным креплением, способны обеспечить более высокое качество детали
- Тонкие заготовки могут быть защищены при использовании присасывающих приборов для фиксации или двухсторонней клейкой лентой на направляющем столе
- 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. Пространство для удаления стружки также должно быть достаточным
- Пошаговое фрезерование рекомендовано для улучшения теплоотдачи тогда, когда необходимо избежать накопления тепла

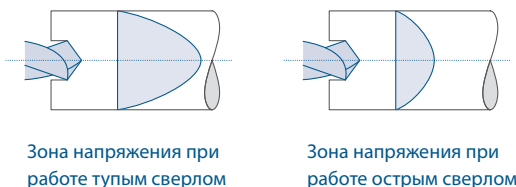
Как достичь лучшей поверхности при фрезеровании

- При фрезеровании поверхности выбирайте низкий угол снятия стружки
- Оптимальная производительность резки и качество поверхности являются следствием использования одиночных режущих инструментов
- Предпочтительнее попутное фрезерование в сравнении со встречным

Сверление инженерных пластиков

Перед сверлением пластиковых компонентов выберите метод, подходящий именно для этого полимерного материала. Это позволит избежать возникновения дефектов. В противном случае, есть опасность разлома, образования трещин, перегрева или отклонений в размерах у изготовленных отверстий.

Во время сверления особое внимание должно уделяться изоляционным свойствам пластиков. Они могут быть причиной того, что некоторые пластики (в особенности полукристаллические) быстро накопят тепло во время процесса сверления. Особенно велика вероятность, если глубина сверления более чем в два раза превышает диаметр. Это может привести к "расплаванию" сверла и возрастанию расширения материала внутри, которое, в свою очередь, может привести к сжимающему напряжению в детали (в особенности при сверлении в центре сечения круглых стержней). Уровни напряжения могут быть достаточными, чтобы вызывать высокую деформацию, пространственную неточность или даже трещины, изломы готового компонента или заготовки. Правильная соответствующая обработка может предотвратить эти эффекты.



Инструменты

- Достаточным будет использование хорошо заточенных и коммерчески доступных HSS сверл
- Используйте сверла с узким хвостовиком (синхронное сверление):
 - ↳ Снижение трения и накопления тепла

Рекомендации

- Используйте охладитель
- Частое извлечение сверла:
 - ↳ Удаление стружки
 - ↳ Дополнительное охлаждение
- Избегайте использования ручной подачи:
 - ↳ Убедитесь в том, что сверло не заклинивает
 - ↳ Предотвращение растрескивания

Рекомендации по сверлению отверстий маленьких диаметров (<25мм)

- Использование высокоскоростных стальных сверл (HSS сверла)
- Использование спиральных сверл
- Угол закручивания в 12 – 25°:
 - ↳ Очень гладкие спиральные борозды
 - ↳ Способствует удалению стружки
- Частое извлечение сверла (прерывистое сверление)
 - ↳ Более хорошее удаление стружки и избегание наращивания тепла
- В случае с тонкостенными компонентами рекомендуется использовать:
 - ↳ 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

Рекомендации по сверлению отверстий больших диаметров (>25мм)

- Проведите предварительное вырезание крупного отверстия
- Выберите диаметр предварительного сверления не превышающий 25мм
- После этого изготовьте отверстие резакром
- Начинать сверление длинных участков стержней только с одной стороны
 - ↳ В случае попытки проведения сверления, при котором ходы встречаются посередине (двустороннее сверление), может возникать неблагоприятное напряжение или даже разрыв
- В крайних случаях/в случаях с армированными материалами, может быть целесообразным выполнение сверления на предварительно подогретом приблизительно до 120°C компоненте (время нагревания приблизительно 1 час на каждые 10 мм сечения)
 - ↳ Чтобы убедиться в точности размеров, чистовая обработка начинается только после полного остывания заготовки

Ключевые факты

**Убедитесь в том, что сверло острое.
Не прикладывайте слишком высокое давление при сверлении.**

Нарезание резьбы

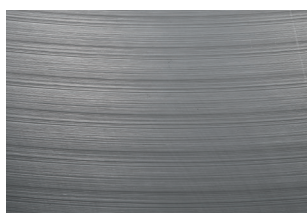
Резьба лучше всего производится в инженерных пластиках с использованием инструментов для нарезания резьбы гребенкой или фрезерованием.

Инструменты

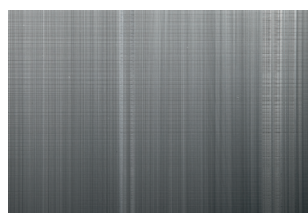
- Резьбу лучше всего наносить резьбовой гребенкой
- Двухзубчатый инструмент позволяет избежать образования заусенцев
- Не рекомендуется использовать нарезные шайбы, так как при удалении шайбы происходит повторная нарезка

💡 Рекомендации

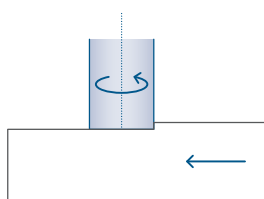
- При использовании втулок следует делать припуск на обработку (в зависимости от материала и диаметра, основной показатель 0,1мм)
- Не используйте слишком высокие предварительные настройки для того, чтобы избежать сплющивания резьбы



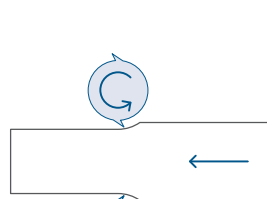
Фрезерованная поверхность



Строганная поверхность



Фрезерование



Строгание

Строгание / фрезерование плоскости

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).

Обе процедуры отличаются лишь тем, что при строгании прямой линией удаление материала осуществляется через поверхность, используя режущий инструмент строгальных машин. В случае же 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).

Строгание, фрезерование плоскости на предприятии Ensinger

Ensinger может предложить как продольное фрезерование, так и строгание поверхности полимерных заготовок следующих размеров:

- Листы > 600мм могут быть обработаны с применением продольного фрезерования
- Листы < 600мм, могут быть обработаны с использованием обоих процессов
- Небольшие части обрабатываются с помощью строгания

Шлифование

При шлифовании наблюдается сочетание общего эффекта резки обрабатываемого изделия, движения доставки заготовки и подачи и в результате этого постоянное удаление стружки с обрабатываемой поверхности во время процесса. На результат шлифования оказывает влияние:

- шлифовальная установка
- используемый инструмент
- абразивное средство
- рабочие параметры процесса шлифования
- обрабатываемый материал
- округлость/прямолинейность заготовок

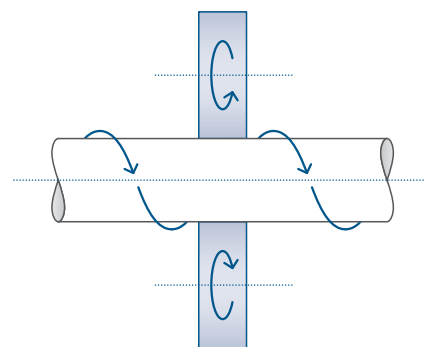
Решающие параметры рабочих процессов:

- скорость резания
- темп подачи
- доставка
- кросс-секционный темп подачи

Оптимально подобранное оборудование и правильный выбор параметров обработки для соответствующего материала гарантируют достижение очень хорошего качества поверхности, её округлости и прямолинейности с наличием небольшой допустимой шероховатости до $h9$.

Шлифование в компании Ensinger

Мы имеем возможность обеспечить обработку наших основных круглых стержней с помощью нашей службы резки. Благодаря высокому качеству поверхности и узким допускам, основные круглые стержни легко подвергаются дальнейшей обработке и подходят для непрерывных производственных процессов.



Качество поверхности, доработка и снятие заусенцев

Для достижения хорошего качества поверхности, следует соблюдать следующие руководящие принципы:

Инструменты

- Должны использоваться инструменты, подходящие для пластика
- Инструменты должны быть всегда острыми и гладкими (острый режущий край). Тупые режущие края могут приводить к повышенному выделению тепла, что приводит к искривлению и тепловому расширению
- Инструменты должны быть грамотно расположены - убедитесь, что только режущий край вступает в контакт с пластиком

Обрабатывающее оборудование

- Бездефектная, высококачественная поверхность может быть достигнута только при работе на оборудовании с низким уровнем вибрации

Материал

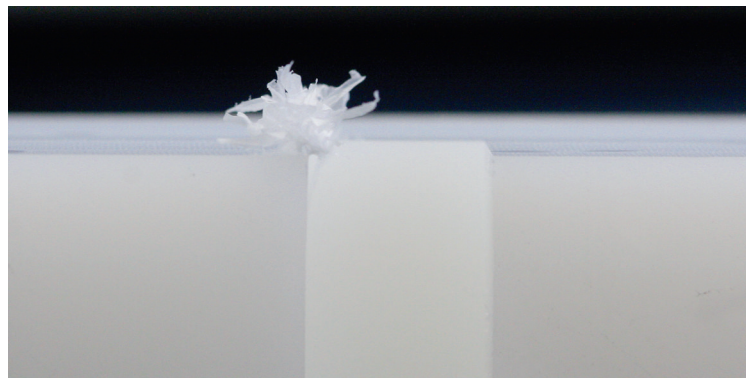
- Используйте материалы с низким внутренним напряжением, подвергнутые отжигу (заготовки Ensinger, как правило, подвергаются отжигу после производства и имеют низкое напряжение)
- Принимайте во внимание свойства пластика (тепловое расширение, низкая прочность, плохое проведение тепла...)
- Из-за низкой жесткости материала заготовка должна правильно поддерживаться и лежать настолько плоско на опорной поверхности, насколько это возможно. Это способствует снижению рисков отклонения и выхода за пределы допусков в результате обработки

Охлаждение

- Используйте такие охладители, которые применяются для процессов, предусматривающих выделение большого количества тепла (таких как сверление)
- Используйте подходящие охладители

💡 Рекомендации

- Напряжение при давлении на материал не должно быть слишком высоким, иначе на заготовке могут появляться деформации и отпечатки от вдавливания
- Выбирайте подходящие параметры для процесса обработки (стр. 15)
- Сохраняйте темп подачи на умеренном уровне
- Выбирайте высокую скорость резки
- Должно быть обеспечено хорошее удаление стружки для предотвращения зажатия инструмента
- Для предотвращения деформации, убедитесь в том, что удаление стружки одинаково со всех сторон



Снятие заусенцев

После фрезерования, шлифования, сверления, токарной обработки или гравировки на краях заготовки остается небольшое количество обрабатываемого материала. Это явление негативно влияет на качество поверхности компонента. В обработке пластиков формирование заусенцев, как правило, зависит от большого количества различных параметров.

Инструментарий

- Используйте инструментарий, предназначенный именно для этого вида материала
- Состояние инструмента:
 - ↳ Тупые инструменты вызывают намного больший уровень выделения тепла и образования заусенцев

Материал

- Плохо проводящие тепло пластики:
 - ↳ Локальное повышение температуры, уменьшение жесткости и твердости
 - ↳ Оплавление заусенцев
- У мягких, вязких пластиков (например: PE, PTFE) наблюдается тенденция к большему образованию заусенцев. Твердые, жесткие материалы (например: PEEK, PPS, армированные волокном материалы) в меньшей степени подвержены этой тенденции

Параметры обработки

- Темп подачи материала
- Скорость резки:
 - ↳ Более высокие скорости подачи и резки ведут к образованию более высоких температур
 - ↳ Больше образование заусенцев
- Обеспечьте адекватное охлаждение

Из-за вышеприведенных причин важно выбрать подходящий инструмент для каждого отдельного материала и обеспечить верные параметры обработки. Это позволит достичь лучшей ситуации из возможных, свободной от заусенцев на поверхности и краях.

Типичные методы снятия заусенцев с пластиков

Ручное снятие заусенцев

- Наиболее часто встречающийся метод снятия заусенцев
- Гибкий, но наиболее интенсивный по работе
- Может производиться под одновременным визуальным контролем за компонентом

Снятие заусенцев под давлением

- Направление абразивного материала под высоким давлением на поверхность компонента, часто используются струйные очистки при помощи: песка, стеклянных шариков, соды, сухого льда и струйной очистки ореховой скорлупой
- Кроме того обеспечивает следующую обработку поверхности
 - ↳ Сглаживание
 - ↳ Выравнивание
 - ↳ Удаление загрязнения

Криогенное снятие заусенцев

- Удаление заусенцев при температуре около -195°C через использование струйной или барабанной полировки компонентов
- Часто используемые охладители: жидкий кислород, жидкий диоксид углерода, сухой лед
 - Низкие температуры ведут к появлению хрупкости и твердению материалов

Снятие заусенцев пламенем

- Удаление заусенцев при помощи открытого источника пламени
- Опасность: может вызывать повреждение компонента из-за возможного перегрева

Снятие заусенцев горячим воздухом

- Излишки материала на поверхности плавятся под воздействием тепла
- Очень безопасный и хорошо контролируемый процесс
 - Избегание повреждения или деформации компонента, используя управление процессом, подходящим для данного материала

Инфракрасное снятие заусенцев

- Процесс сравним с методом использования горячего воздуха, но вместо него для нагревания используется источник инфракрасного излучения

Вибрационное снятие заусенцев

- Обработка деталей вместе с абразивными веществами во вращающемся/вибрирующем оборудовании

Основные параметры обработки

	Пиление				Сверление				
	задний угол	передний угол	скорость резания	шаг зубьев	число зубьев	угол закручивания	угол заострения	скорость резания	скорость подачи
TECAFINE PE, PP	20–30	2–5	500	3–8	Z2	25	90	50–150	0,1–0,3
TECAFINE PMP	20–30	2–5	500	3–8	Z2	25	90	50–150	0,1–0,3
TECARAN ABS	15–30	0–5	300	2–8	Z2	25	90	50–200	0,2–0,3
TECANYL	15–30	5–8	300	3–8	Z2	25	90	50–100	0,2–0,3
TECAFORM AD, AH	20–30	0–5	500–800	2–5	Z2	25	90	50–150	0,1–0,3
TECAMID, TECARIM, TECAST	20–30	2–5	500	3–8	Z2	25	90	50–150	0,1–0,3
TECADUR/TECAPET	15–30	5–8	300	3–8	Z2	25	90	50–100	0,2–0,3
TECANAT	15–30	5–8	300	3–8	Z2	25	90	50–100	0,2–0,3
TECAFLON PTFE, PVDF	20–30	5–8	300	2–5	Z2	25	90	150–200	0,1–0,3
TECAPEI	15–30	0–4	500	2–5	Z2	25	90	20–80	0,1–0,3
TECASON S, P, E	15–30	0–4	500	2–5	Z2	25	90	20–80	0,1–0,3
TECATRON	15–30	0–5	500–800	3–5	Z2	25	90	50–200	0,1–0,3
TECAPEEK	15–30	0–5	500–800	3–5	Z2	25	90	50–200	0,1–0,3
TECATOR	15–30	0–3	800–900	10–14	Z2	25	90	80–100	0,02–0,1
TECASINT	5–10	0–3	800–900	3–4	Z2	25	120	80–100	0,02–0,1
Армированные/наполненные полимеры TECA	15–30	10–15	200–300	3–5	Z2	25	100	80–100	0,1–0,3

* Армированные/наполненные: стекловолокно, стеклянные шарики, углеволокно, минеральный наполнитель, графит, слюда, тальк и пр.

Нагревание до распиловки:
от Ø 60 мм TECAPEEK GF/PVX, TECATRON GF/PVX
от Ø 80 мм TECAMID 66 GF, TECAPET, TECADUR PBT GF
от Ø 100 мм TECAMID 6 GF, 66, 66 MDS

Нагрев до начала сверления в центре:
от Ø 60 мм TECAPEEK GF/PVX, TECATRON GF/PVX
от Ø 80 мм TECAMID 66 MH, 66 GF, TECAPET, TECADUR PBT GF
от Ø 100 мм TECAMID 6 GF, 66, TECAM 6 MO, TECANYL GF

	Фрезерование			Точение			скорость резания	скорость подачи
	число зубьев	скорость резания	скорость подачи	задний угол	передний угол	вспомогат. угол		
TECAFINE PE, PP	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6–10	0–5	45–60	250–500	0,1–0,5
TECAFINE PMP	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6–10	0–5	45–60	250–500	0,1–0,5
TECARAN ABS	Z1–Z2	300–500	0,1–0,45	5–15	25–30	15	200–500	0,2–0,5
TECANYL	Z1–Z2	300	0,15–0,5	5–10	6–8	45–60	300	0,1–0,5
TECAFORM AD, AH	Z1–Z2	300	0,15–0,5	6–8	0–5	45–60	300–600	0,1–0,4
TECAMID, TECARIM, TECAST	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6–10	0–5	45–60	250–500	0,1–0,5
TECADUR/TECAPET	Z1–Z2	300	0,15–0,5	5–10	0–5	45–60	300–400	0,2–0,4
TECANAT	Z1–Z2	300	0,15–0,4	5–10	6–8	45–60	300	0,1–0,5
TECAFLON PTFE, PVDF	Z1–Z2	150–500	0,1–0,45	5–10	5–8	10	150–500	0,1–0,3
TECAPEI	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	10	0	45–60	350–400	0,1–0,3
TECASON S, P, E	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6	0	45–60	350–400	0,1–0,3
TECATRON	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6	0–5	45–60	250–500	0,1–0,5
TECAPEEK	Z1–Z2	250–500	0,1–0,45	6–8	0–5	45–60	250–500	0,1–0,5
TECATOR	Z1–Z2	60–100	0,05–0,35	6–8	0–5	7–10	100–120	0,05–0,08
TECASINT	Z1–Z2	90–100	0,05–0,35	2–5	0–5	7–10	100–120	0,05–0,08
Армированные/наполненные полимеры TECA	Z1–Z2	80–450	0,05–0,4	6–8	2–8	45–60	150–200	0,1–0,5

* Армированные/наполненные: стекловолокно, стеклянные шарики, углеволокно, минеральный наполнитель, графит, слюда, тальк и пр.

- Предварительный нагрев материала до 120°C
- Будьте осторожны при использовании хладагентов: данные пластики восприимчивы к растрескиванию под напряжением

Интервью с Hufschmied Zerspanungssysteme

Чем занимается компания Hufschmied?

Hufschmied специализируется на разработке и производстве специальных инструментов для обработки полимерных и композитных материалов. Наши инструменты производятся при использовании 6-осевых шлифовальных станков с ЧПУ. Таким образом, мы можем обеспечить реализацию заказа от запроса до поставки в короткие сроки. Высококачественные, полностью закаленные металлы и керамика служат в качестве базовых материалов, которые после покрываются в соответствии с требованиями заказчика.

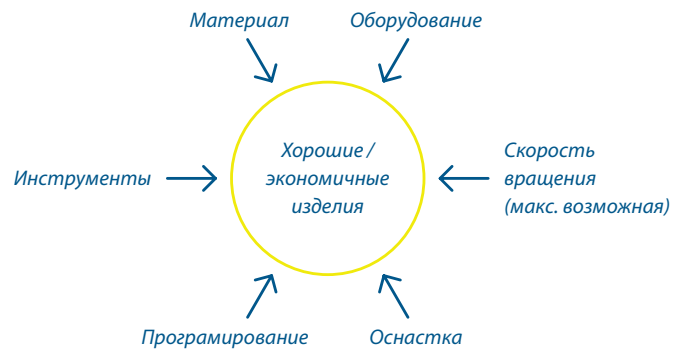
Каков в целом ваш опыт в области обработки пластмасс?

Компания Hufschmied представлена на рынке более 25 лет. Очень рано мы сосредоточили свое внимание на обработке пластмасс, так как стало очевидно, что это та область, где можно ожидать высокий рост спроса. Пластики продолжают быстро развиваться и сейчас, и новые, высокотехнологичные материалы добавляются на рынок практически каждый день. Так как мы работаем с различными производителями материалов и университетами, мы всегда имеем возможность вступить в контакт с новыми материалами на самых ранних стадиях его разработки. Впоследствии данные материалы обрабатываются в наших собственных лабораториях. Таким образом, мы обеспечиваем наших клиентов соответствующими инструментами и оборудованием на ранних стадиях их развития.

Как вы реагируете на новые задачи, связанные с появлением новых материалов?

На сегодняшний день мы имеем возможность обрабатывать все виды пластиков, даже если иногда для этого требуется оптимизация нескольких циклов. Пластики становятся все более разнообразными, что, соответственно, требует дополнительных форм и разновидностей инструментов. Полезно использование информационных брошюр о материалах, в особенности в случае с "наполненными" материалами. Так как мы не производим пластики самостоятельно и не имеем возможности их детального анализа, то мы можем полагаться на данную информацию. Если эти данные удовлетворяют общим условиям, таким как настройка оборудования, инструментов и параметров, тогда мы имеем возможность достичь намеченного результата довольно быстро. Все наши опытные результаты сводятся вместе в базе знаний и анализируются. Эта база данных является краеугольным камнем наших знаний об обработке материалов и поддерживает нас в разработке инструментов и технологических процессов.

Процесс развития



Какой точки зрения вы придерживаетесь во время обработки пластика?

Мы всегда разрабатываем наш инструментарий для "сухой обработки" пластиков. Относительно редко мы имеем возможность обрабатывать пластики во "влажных условиях" - применение или назначение компонента часто не позволяет этого.

Добавки включены в состав всех охладителей и могут вызывать неблагоприятные реакции во время обработки пластиков. Наши инструменты разработаны для обработки на высоких скоростях подачи. В свою очередь, высокая скорость подачи используется для того, чтобы убедиться, что рассеивание тепла происходит не через компонент (деталь), а через стружку. Как правило, данные корректировки параметров проводятся на месте эксплуатации, потому что клиент не желает рисковать, "срежая углы" из-за отсутствия опыта.

На ваш взгляд, какие основные проблемы присутствуют на рынке обработки пластиков?

На мой взгляд, все еще слишком много внимания клиентов фокусируется на металлообрабатывающей промышленности. Это часто приводит к возникновению проблем, связанных с эффектом "размазывания", коробления, образования трещин или заусенцев. В частности, образование заусенцев является проблемой для наших клиентов, потому что требует много времени, необходимого на доработку поверхности. Избежать этого мы теперь можем изменив всего несколько важных мелочей в программе обработки. Многие покупатели хотят себе универсальный инструмент, с помощью которого можно обработать большинство материалов и компонентов. К сожалению, такое редко возможно осуществить, потому что различные материалы также требуют различных инструментов соответствующего профиля. Инструмент должен быть адаптирован в соответствии с используемым материалом и деталью, в особенности для высокоэффективных устройств. Только таким путем возможно осуществить соответствующую обработку, которая будет надежной и экономически эффективной.

По вашему мнению, какие пластики с точки зрения обработки являются особенно критическими, а какие некритическими?

Пластики, наполненные углеродным или стекловолокном, являются определенным вызовом. В настоящее время используется все больше пластиков с керамическими наполнителями. Это может усложнить жизнь инструмента! Но если мы знаем, что содержится в материале, мы можем ответить на этот вызов результативно. Такие материалы как PE, POM, PC и PTFE могут быть обработаны без каких-либо особенных проблем, связанных с необходимостью применения правильного инструментария, правильных параметров и хорошим оборудованием. Но структура условий также должна согласовываться в деталях.

Есть ли особые рекомендации, как определить оптимальный метод обработки пластиков?

Мне нужно точно знать, как работает оборудование, как оно справляется с маленьким радиусом или быстрым темпом подачи? Если все это верно установлено, я могу сослаться на чертежи, прийти к доступным скоростям, темпам подачи и фиксации заготовки на выбранном инструменте. Как только будут определены использующиеся инструменты, могут быть адаптированы и программы. Базовые показатели могут быть найдены на нашей домашней странице www.hufschmied.net.

В этом отношении количество оборотов всегда является важным вопросом. Многие люди используют на оборудовании программы, предназначенные для обработки стали - соответствующее количество оборотов и пр., а в результате имеют серьезные проблемы с заусенцами и плохим качеством поверхности.

Существуют ли отрасли промышленности, в которых особенно важно учитывать специальные требования к обработке пластиков?

Каждая отрасль имеет свой собственный предел компетенции, к которому мы должны приспосабливаться. К примеру, производство медицинских устройств. В основном здесь производится "сухая обработка". Также здесь часто требуется производить очень маленькие детали. Это обычно требует специального инструментария. Мы часто работаем с микро-сверлами и чрезвычайными длинами в резке. Небольшим преимуществом является то, что используются высокоточные станки.

Какие свойства вы берете в качестве эталона для определения обрабатываемости пластиков?

Для того, чтобы в некоторой степени ограничить пределы обрабатываемости, нам в основном нужны следующие детали:

- Идентификация материала настолько точная, насколько это возможно
- Является ли материал наполненным или в дальнейшем модифицированным?
- Из листа или круглого стержня будет изготавливаться деталь?
- Как будет выглядеть окончательная продукция?
- Какое оборудование доступно?
- Как крепится заготовка?

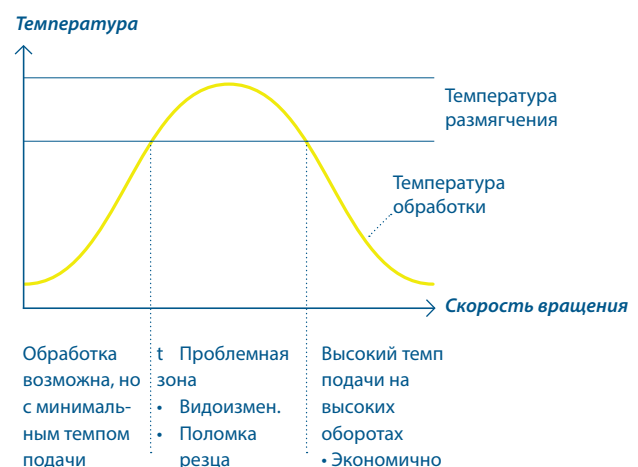
На основании данных положений можно установить способность к обработке. Мы будем рады также проводить испытания на нашем собственном оборудовании. В этом случае предоставляется протокол исследований с параметрами, демонстрационным видео и фотографиями.

Какие параметры могут быть использованы для оптимизации процесса обработки?

Как уже было сказано, следующие параметры важны для хорошей обработки:

- Скорость вращения
- Подача на зуб
- Крепление заготовки и инструмента
- Синхронизация и количество оборотов
- Охлаждение
- Структура программы

Так или иначе, но наиболее важным параметром является инструмент, использующийся при обработке.



Ralph Hufschmied, Nabil Khairallah (Hufschmied Zerspanungssysteme), interview by Holger Werz (Ensinger GmbH)

Охлаждение и охлаждающие жидкости

В настоящее время имеется тенденция использовать "сухую обработку" для инженерных пластиков. Так как сейчас накоплено достаточно опыта в этой области, то возможно часто осуществлять механическую обработку без использования охлаждающих веществ. Исключением для процесса механической обработки термопластов являются:

- Сверление глубоких отверстий
- Нарезание резьбы
- Пиление укрепленных материалов

Для улучшения качества поверхности и допусков обрабатываемых полимерных деталей, возможно и использование охлажденной режущей поверхности. Использование охлажденной режущей поверхности применяется и для обеспечения более быстрых темпов подачи и, следовательно, снижения времени производимых работ.

Обработка с охладителями

Если требуется охлаждение, то рекомендуется охлаждать следующими способами:

- Через образование стружки
- Используя сжатый воздух
 - ↳ Преимущества. Одновременное охлаждение и удаление стружки из рабочей области
- Использование водорастворимых охлаждающих веществ
- Коммерчески доступные эмульсии для сверления и масла для резания также могут быть использованы
 - ↳ Распыление и сжатый воздух являются очень эффективными методами

Обработка аморфных пластиков

- Избегайте использования охлаждающих веществ:
 - ↳ Материалы подвержены образованию напряжений, что может привести к трещинам и разрывам
- Если охлаждение необходимо:
 - ↳ Детали следует промыть в чистой воде или изопропанолу сразу после обработки
 - ↳ Используйте подходящие охлаждающие вещества
- Чистая вода
- Сжатый воздух
- Специальные смазочные вещества. Информацию о наиболее подходящих из них вы можете получить у вашего поставщика

+ Преимущества сухой обработки

- Нет остатков среды на компонентах (деталях)
 - ↳ Предпочтительнее для компонентов, используемых в медицинских устройствах или в пищевой промышленности (нет миграции)
 - ↳ Может быть исключено влияние на материал смазочно-охлаждающих веществ (набухание, изменение размеров, трещины от напряжения,...)
 - ↳ Нет взаимодействия с материалом
 - ↳ Ложная оценка / обработка оператором станка исключается

! Обратите внимание

- Охлаждение необходимо для достижения хорошего рассеивания тепла в особенности в случае "сухой обработки"!

Ключевые факты

В целом, при "сухой обработке" рекомендуется использовать рассеивание тепла через образование стружки.



Отжиг

Процесс отжига

Процесс отжига включает термическую обработку заготовок, формованных или готовых деталей. Продукция медленно и равномерно нагревается до определенного, индивидуального для каждого материала уровня. Затем материал следует выдержать в течение определенного периода при заданной температуре для того, чтобы тщательно прогреть заготовку или черновую деталь. Длительность периода выдержки зависит от материала и его толщины. В последствии материал медленно и равномерно охлаждается до комнатной температуры.

Уменьшение напряжения путем отжига

- Остаточные напряжения, которые возникли во время производства или обработки, могут быть в значительной степени уменьшены и практически полностью исключены путем использования отжига
- Увеличение кристалличности материалов
 - ↳ Оптимизация механических показателей материала
- Формирование однородной кристаллической структуры материала
- Частичное улучшение химической стойкости
- Снижение тенденции к деформациям и изменению размеров (во время или после обработки)
- Устойчивое улучшение стабильности размеров

Заготовки Ensinger подвергаются отжигу после производства. Таким образом, можно быть уверенным в том, что материал, который вы получаете, останется стабильным в своих размерах во время и после обработки и что он лучше будет подвержен последующей обработке.

Материал	Аббревиатура полимера	Этапы нагрева		Фаза выдержки*	Фаза охлаждения
TECASINT	PI	2 ч до 160°C	6 ч до 280°C	2 ч при 160°C / 10 ч при 280°C	20°C/ч до 40°C
TECAPEEK	PEEK	3 ч до 120°C	4 ч до 220°C	1,5 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECATRON	PPS	3 ч до 120°C	4 ч до 220°C	1,5 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECASON E	PES	3 ч до 100°C	4 ч до 200°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECASON P	PPSU	3 ч до 100°C	4 ч до 200°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECASON S	PSU	3 ч до 100°C	3 ч до 165°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAFLON PVDF	PVDF	3 ч до 90°C	3 ч до 150°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECANAT	PC	3 ч до 80°C	3 ч до 130°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAPET	PET	3 ч до 100°C	4 ч до 180°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
HYDEX 4101	PBT	3 ч до 100°C	4 ч до 180°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAMID 6	PA6	3 ч до 90°C	3 ч до 160°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAMID 66	PA66	3 ч до 100°C	4 ч до 180°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAFORM AH	POM-C	3 ч до 90°C	3 ч до 155°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C
TECAFORM AD	POM-H	3 ч до 90°C	3 ч до 165°C	1 ч на 1 см толщины стенки	20°C/ч до 40°C

* При максимальной температуре если не указано иное.

Промежуточный отжиг

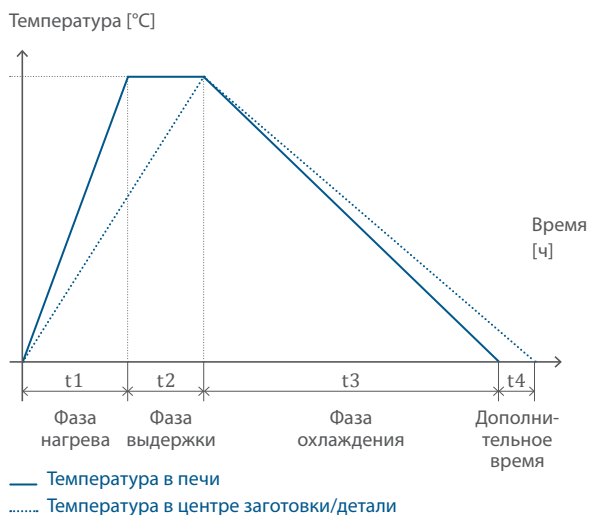
Также может быть разумным подвергать промежуточному отжигу критические детали во время их обработки. В особенности это относится:

- Если требуются узкие допуски
- Если должны быть произведены детали с сильной тенденцией к деформации, из-за требуемой их формы (асимметричные, узкое поперечное сечение, карманы и желобки)
- В случае с армированными волокнами/наполненными материалами (ориентация волокон может увеличить деформацию)
 - ↳ Механическая обработка может привести к дальнейшему увеличению напряжений в представленной детали.
- Использование тупого или неподходящего инструментария:
 - ↳ Является причиной образования напряжений
- Чрезмерный ввод тепла в компонент - следствие неадекватных скоростей и темпа подачи
- Высокие объемы снятия материала с заготовки - в основном вследствие односторонней обработки

Этап промежуточного отжига может помочь уменьшить напряжения и снизить риск деформации. В связи с этим, следует позаботиться о том, чтобы соблюдались требуемые размеры и допуски:

- Перед промежуточным отжигом компоненты следует предварительно обработать (черновая обработка) и оставить некоторый запас надежности (шероховатость)
 - ↳ Отжиг может приводить к определенной усадке компонентов
- Впоследствии должно быть проведено окончательное измерение размеров детали
- Хорошо поддерживать компонент во время этапа промежуточного отжига:
 - ↳ Позволит избежать деформации во время отжига

Картина фаз отжига



Морфологические изменения и последующая усадка

Термическое воздействие всегда имеет прямое влияние на полимерные материалы и их обработку:

- Отжиг
- Механическая обработка (тепло от трения)
- Использование (температура эксплуатации, горячая стерилизация паром и пр.)

Полукристаллические пластики

- 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
- Особенно критичным в этом отношении является ТЕСАFORM
 - ↳ Неправильная обработка может привести к значительной деформации и/или к короблению компонента, детали

Аморфные пластики

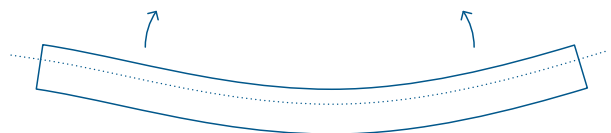
- Менее критичны с точки зрения пост-усадки и деформации

Образование коробления из-за односторонней обработки

1. желтый - удаляемый материал



2. искривление после удаления материала с одной стороны



Ключевые факты

Отжиг/закалка приводит к оптимальной стабильности размеров и снижает уровень напряжения. В случае с аморфными материалами, термическая обработка также уменьшает тенденцию к образованию трещин от напряжения

Стабильность размеров

Стабильность размеров - ключевая характеристика в каждой системе, каждой стадии процесса - от производства заготовок до готовых деталей, их эксплуатации. Существует множество различных причин, которые могут повлиять на стабильность размеров компонента.

Поглощение влаги:

- В целом, пластики с более низким поглощением влаги намного более стабильны в своих размерах.
Примеры: TECAFORM АН / AD, TECAPET, TECATRON, TECAPEEK
 - ↳ Могут быть получены детали с жесткими допусками
- Пластики с высоким уровнем поглощения влаги показывают значительное влияние на стабильность размеров. Примеры TECAMID, TECAST
 - ↳ Поглощение/выделение влаги материалом ведет к его набуханию или усадке
 - ↳ Перед обработкой рекомендуется создание необходимых условий

Снижение 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 использования это "застывшее" напряжение может себя проявить
 - ↳ Изменение размеров.
- Особенно важно. Использование компонентов при более высоких температурах:
 - ↳ Напряжение может внезапно уменьшаться.
 - ↳ Изменение формы, деформация или в худшем случае образование трещин от напряжения во время использования компонента

Выделение тепла

- Важными являются все процессы при которых материал выделяется тепло
 - ↳ Пример: Отжиг, механическая обработка, использование при высоких температурах, стерилизация
- Температуры выше значений температуры стеклования приводят к микроструктурным изменениям и отсюда образуется пост-усадка после охлаждения
 - ↳ Усадка и деформация особенно заметны в компонентах ассиметричной формы

- ↳ Полукристаллические термопласты обладают высокой пост-усадкой (до ~1.0 – 2.5 %), что является критичным с точки зрения деформации
- ↳ Аморфные термопласты показывают лишь незначительные показатели постусадки (~0.3 – 0.7%) и являются более стабильными в размерах, чем полукристаллические термопласты
- 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 отжига для того, чтобы уменьшить развитие напряжения в материале
- Пластики требуют больших производственных допусков, чем металлы
- Для минимизации риска искривления избегайте высокой растягивающей силы
- В случае с материалами армированными волокном особое внимание следует уделять положению компонента (отметьте направление экструзии)
- Во время обработки следует выбирать техническую процедуру, оптимальную для данного компонента



TECAFORM AH/AD, TESCAPET, TЕСAPEEK

Полукристаллические, неармированные материалы

TECAFORM AH / AD, TЕСAPET и TЕСAPEEK являются очень стабильными в размерах материалами со сбалансированными механическими свойствами. Эти материалы очень легко обрабатываются и имеют в своей основе тенденцию к образованию короткой стружки. Они могут быть обработаны с очень высокой производительностью и высокими темпами подачи.

Однако, принципиально важно обратить внимание на как можно более низкое тепловыделение во время обработки. Так как TЕСAFORM и TЕСAPET в частности имеют высокую тенденцию к пост-усадке до ~2,5 %, в связи с этим может возникнуть деформация из-за локального перегрева.

В случае с упомянутыми выше материалами, очень низкая шероховатость поверхности может быть достигнута за счет оптимизации параметров обработки.

TECAST T, TECAMID 6, TECAMID 66 (Polyamides)

Неармированные полиамиды

В целом об этой группе следует помнить что: TЕСAST T, TЕСAMID 6 и TЕСAMID 66 являются материалами группы полиамидов. В отличие от вышеупомянутых материалов, следует помнить, что для полиамидов естественна ломкость - это также может быть отнесено и к "свежесформованному" состоянию. Однако, из-за своей химической структуры, полиамиды имеют тенденцию к поглощению влаги. Это свойство дает им очень хороший баланс между ударной вязкостью и прочностью.

Поглощение влаги через поверхность ведет к практически постоянному распределению воды в поперечном сечении у заготовок небольших размеров и у деталей. В случае с большими по размерам заготовками (в частности для круглых стержней/листов 100мм в диаметре/с толщиной стенки) содержание влаги уменьшается от внешней поверхности к внутренней части.

В самом неблагоприятном случае центральная часть материала находится в хрупком и жестком состоянии. Если добавить к этому внутреннее напряжение, полученное в процессе экструзии, то механическая обработка может нести определенный риск, связанный с образованием трещин от напряжения.

В дополнение к этому следует помнить, что результатом поглощения влаги может стать изменение размеров материала. Это "разбухание" должно быть учтено при обработке и конструировании деталей из полиамидов. Поглощение влаги заготовками играет важную роль при механической обработке. В особенности тонкостенные компоненты (до ~10 мм) могут поглощать до 3% влаги. Примите за правило:

→ Поглощение 3% влаги, вызывает 0,5% изменение в размерах!

Обработка TЕСAST T

→ Тенденция к образованию короткой стружки
→ Следовательно, хорошо обрабатывается

Обработка TЕСAMID 6 и TЕСAMID 66

→ Формируется поток стружки (спирали)
→ Может потребоваться более частое удаление стружки с инструмента/заготовки
→ Важно стараться образовать стружку так, чтобы существовала возможность снимать ее тогда, когда она еще короткая. Это поможет избежать сбоев в технологическом процессе:
↳ Идеальные параметры механической обработки
↳ Выбор подходящих инструментов

В общем, мы рекомендуем предварительное нагревание до 80–120°C заготовок больших размеров (к примеру круглые стержни > 100мм и листы с толщиной стенки больше > 80мм) и обрабатывать заготовки рядом с центром, для того чтобы избежать образования трещин от напряжения, образуемого во время процесса.

Ключевые факты

Аморфные пластики должны подвергаться как можно более сухой обработке. Если использование охлаждающей жидкости совершенно необходимо, компонент должен быть очищен сразу же после ее применения

TECANAT, TECASON, TECAPEI

Аморфные термопласты

TECANAT, TECASON, TECAPEI являются аморфными материалами, которые склонны 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 этих материалов настолько, насколько это возможно, или, к примеру, используйте вещества на водной основе.

Кроме того, насколько это возможно, следует выбирать индивидуальные параметры механической обработки для данных материалов.

- 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

❗ Для учета при разработке конструкции

Конструкционный дизайн должен быть адаптирован и соответствовать 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.

TECA материалы с PTFE

Материалы, содержащие в своем составе PTFE (такие как: TECAFLON PTFE, TECAPEEK TF, TECAPEEK PVX, TECATRON PVX, TECAPET TF, TECAFORM AD AF), часто проявляют слегка более низкую механическую прочность. Из-за содержания PTFE несколько аспектов следует помнить во время обработки.

❗ Во время механической обработки уделяйте внимание следующему:

- Материалы, как правило, отстают от инструмента

↪ Имеет место явное увеличение шероховатости поверхности (образование волосистости, спаек, шероховатостей)

→ Избегайте повторной нарезки фрезерным станком

↪ Также приводит к шероховатой поверхности

→ Возможно, будет необходим дополнительный процесс механической обработки для снятия шипов и придания поверхности необходимого качества

→ Необходимо также частое снятие заусенцев

Выберите подходящее натяжение для того, чтобы избежать "съезжания" материала и в результате неправильных размеров детали.

TECASINT

Продукция из полиимидов, полученная путем спекания

Группы продукции TECASINT 1000, 2000, 3000, 4000 и 5000 могут обрабатываться "сухим" или "влажным" методом на стандартных станках для металлообработки.

❗ Рекомендации

Инструменты

→ Используйте полностью закаленные металлические инструменты

→ Прекрасно подходят инструменты с режущей поверхностью как у инструментов, использующихся для обработки алюминия

→ Для высоконаполненных видов продукции TECASINT (например, со стекловолокном, стеклянными шариками) используйте инструменты, оснащенные алмазными или керамическими наконечниками

Обработка

→ Высокая скорость резания и низкая скорость подачи в сочетании с сухой обработкой улучшают результат

→ Влажная обработка увеличивает давление резания и вызывает образование заусенцев, но она рекомендуется для продления срока службы инструментов

→ Синхронное фрезерование для предотвращения образования сколов и полостей

→ Промежуточный отжиг, как правило, не требуется

❗ Из-за повышенной способности полиимидов к поглощению влаги, желательно запечатывать эти детали в барьерную вакуумную пленку. Для того чтобы избежать изменений размеров высокоточных деталей из-за поглощения влаги, эту пленку следует снимать непосредственно перед использованием детали.

Армированные волокнами ТЕСА материалы

Армированные волокном материалы включают в себя все типы волокон. В наших рекомендациях по обработке пластиков мы сконцентрируемся на наиболее важных продуктах, включая армированные углеродным волокном материалы (среди них: ТЕСАРЕЕК GF30, ТЕСАРЕЕК CF30, ТЕСАРЕЕК PVX, ТЕСАТРОН GF40, ТЕСТРОН PVX, ТЕСАМІD 66 GF30, ТЕСАМІD 66 CF20) и армированные стекловолокном материалы.

Рекомендации

Инструментарий

- Используйте инструменты из закаленной стали (карбидная сталь K20) в любом случае или, в идеале, инструменты из поликристаллических алмазов (PCD)
- Используйте очень хорошо заточенные инструменты
- Производите регулярные контрольные проверки инструментов из-за абразивного эффекта, которым обладают обрабатываемые материалы
 - ↳ Более высокие сроки службы
 - ↳ Избегайте слишком большого выделения тепла

Фиксация заготовки

- 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

- Предварительный нагрев заготовки может быть рекомендован для улучшения её дальнейшей обработки
 - ↳ Большая прочность материала
- Заготовка должна умеренно нагреваться для этой цели
- Мы рекомендуем скорость нагрева 20°C в час до 80–120°C.
- Для равномерного распределения температуры в поперечном сечении заготовки, мы также рекомендуем выдержать материал при воздействии температуры, по крайней мере, 1 час на каждые 10мм толщины стенки.
- При этой температуре заготовки должны быть изготовлены с припуском

- Окончательная обработка после охлаждения до комнатной температуры
- Инструментарий также должен быть нагрет перед обработкой
 - ↳ Избегайте рассеивания тепла через материал

Обработка

- Равномерная обработка заготовки летучим резцом двух краевых зон:
 - ↳ В идеале, каждый процесс обработки летучим резцом должен иметь максимальную режущую глубину в 0,5 мм
 - ↳ Результат проявляется в более однородном распределении напряжения в заготовке
 - ↳ Приводит к более высокому качеству компонента

Пример

К примеру, для изготовления детали с чистовой толщиной 25мм обрабатываем лист толщиной в 30мм. Данный лист будет подвергнут обработке летучим резцом по 2мм с каждой стороны перед чистовой (окончательной) механической обработкой. В этом случае, лист должен быть перевернут несколько раз и максимум 0,5мм слоя удаляется на каждом этапе. В идеале, эта работа должна проводиться на предварительно разогретой заготовке. Следовательно, окончательная обработка проводится на остывшем, подготовленном к чистовой обработке материале. В любом случае данный технологический процесс гарантирует оптимальное качество детали с низким напряжением и минимальной деформацией.

Ключевые факты

Для лучшей производительности инструментов и стабильности размеров деталей, изготавливаемых из армированных волокнами материалов, рекомендуется использования инструменты из карбидной стали или PCD

Особенности TECATEC

Композит

TECATEC является композиционным материалом на основе полиэфиркетона с 50% и/или 60% массовой доли ткани из углеродного волокна. Обработка TECATEC является значительно более сложным процессом, чем обработка армированных волокнами продуктов. Из-за слоистой структуры материала неправильная обработка может приводить к различным эффектам:

- Скалывание краев
- Деламинирование
- Окантовка
- Прорыв волокон

По этой причине требуется специальная обработка для этого материала. Она должна подбираться от случая к случаю, в соответствии с требуемой деталью.

Дизайн заготовки

Пригодность TECATEC для определенного применения и качество готовой детали в первую очередь зависит от положения детали в заготовке. Направление волокон ткани должно быть учтено в обязательном порядке еще на этапе разработки детали, особенно это зависит от типа производимой нагрузки (вытягивание, сжатие, изгиб) на устройство и при дальнейшей обработке.

Инструменты для обработки и материалы инструментов

Для более высоких сроков службы по сравнению с HSS или инструментами из карбидной стали мы рекомендуем применение:

- РСД инструментов (из поликристаллических алмазов)
- Керамических инструментов
- Покрытых титаном инструментов
- Инструментов с функциональным покрытием (плазменная технология)

Помимо высоких сроков службы, данные инструменты помогают минимизировать силу подачи материала, когда этот специфический материал также учтен в проекте.

- Выберите умеренную остроту режущей поверхности
- Установите хороший баланс между качеством поверхности (с очень острым полотном) и сроком службы инструментов (притупленные режущие лезвия)
- Спроектируйте геометрию фрезерования таким образом, чтобы волокна разрезались. В противном случае существует опасность образования волокнистой окантовки
- Из-за высокой абразивности углеродных волокон, необходима регулярная замена инструментов при обработке TECATEC
 - ↳ Избегайте излишнего тепловыделения и деформаций, вызванных тупым инструментарием

Обработка

- Имеется существенно больший риск скалывания и образования заусенцев во время процесса механической обработки, когда она проводится параллельно волокну, чем когда она идет вертикально по отношению к ткани
- Для получения деталей с жесткими допусками, компоненты также могут отжигаться несколько раз во время производства
- Вследствие относительно хорошего рассеивания тепла (благодаря содержанию большого количества волокон) может ожидать хорошее распределение тепла в обрабатываемой заготовке. По этой причине мы рекомендуем подвергать материал сухой обработке.

Механическая обработка и параметры инструментов

Мы рекомендуем уделять внимание следующим параметрам:

- Избегайте использования высоких сил подачи
 - Очень высокие точки углов (150 – 180°)
 - Очень низкая скорость подачи (примерно <0,05 мм/мин)
 - Высокий темп резки (примерно 300–400м/мин)
- Эта информация предназначена для предоставления начальной помощи в обработке TECATEC - детальная информация зависит от отдельных случаев.

Ошибки в обработке - причины и их решение

Резка и распиловка

Токарная и фрезерная обработка

<i>Сложности</i>	<i>Коренные причины</i>
Поверхность начинает плавиться	→ Тупой инструмент → Недостаточный боковой зазор/ задний угол → Недостаточная подача охлаждителя
Шероховатая поверхность	→ Слишком высокий темп подачи → Инструмент заточен непрофессионально → Режущая кромка не отточена
Спиральные отметки	→ Трение инструмента при отводе → Заусенец на инструменте
Вогнутые и выпуклые поверхности	→ Слишком большой угол заточки → Инструмент не вертикален по отношению к шпинделю → Инструмент отклонен → Темп подачи слишком высок → Инструмент установлен слишком высоко или низко от центра
Неровности или заусенцы в конце режущей поверхности	→ Угол заточки недостаточно большой → Тупой инструмент → Слишком высокий темп подачи
Заусенцы на наружном диаметре	→ Тупой инструмент → Недостаточно места за обрабатываемым диаметром

<i>Сложности</i>	<i>Коренные причины</i>
Поверхность начинает плавиться	→ Тупой инструмент или трение фланца → Недостаточный боковой зазор/ задний угол → Слишком низкий темп подачи → Скорость вращения шпинделя слишком высокая
Шероховатая поверхность	→ Слишком высокий темп подачи → Неправильный задний угол → Острая точка на инструменте (требуется незначительный радиус в точке фрезерования) → Инструмент не отцентрирован
Заусенцы на углах обраба- тываемой кромки	→ Недостаточно места за обрабатываемым диаметром → Тупой инструмент → Недостаточный боковой зазор/ задний угол → Нет ведущего угла на инструменте
Трещины и шелушение по углам	→ Слишком большой положительный наклон на инструмент → Инструменты недостаточно приработаны (слишком жесткое действие инструмента на материал) → Тупой инструмент → Инструмент установлен под центром → Острая точка на инструменте (требуется незначительный радиус в точке фрезерования)
Дребезжание во время обработ- ки	→ Чрезмерный радиус точки фрезы инструмента → Инструмент недостаточно прочно закреплен → Недостаточное управление материалом → Ширина режущей кромки слишком велика (использование 2 разрезов)

Сверление

<i>Сложности</i>	<i>Коренные причины</i>
Конические отверстия	→ Неправильно заостренные сверла → Недостаточный ход/задний угол → Чрезмерно высокий темп подачи
Подгоревшая или оплавленная поверхность	→ Использование неподходящих сверл → Неправильно заостренные сверла → Недостаточный темп подачи → Тупое сверло → Поверхность слишком толстая
Расщепление поверхности	→ Чрезмерный темп подачи → Чрезмерный ход/задний угол → Чрезмерный наклон (как было описано с тонким участком)
Дребезжание при обработке	→ Чрезмерный ход/задний угол → Недостаточный темп подачи → Слишком большое выступание сверла → Чрезмерный наклон (как было описано с тонким участком)
Отпечатки подачи или спиральные линии на внутреннем диаметре	→ Чрезмерный темп подачи → Сверло не отцентрировано → Наконечник сверла не находится в центре
Отверстие сверления большего размера	→ Наконечник сверла не находится в центре → Слишком толстая перемычка → Недостаточный ход/задний угол → Чрезмерный темп подачи → Точка угла сверла слишком высока
Отверстие сверления недостаточного размера	→ Тупое сверло → Чрезмерный ход/задний угол → Точка угла сверла слишком мала

<i>Сложности</i>	<i>Коренные причины</i>
Не концентричные отверстия сверления	→ Чрезмерный темп подачи → Слишком низкая скорость вращения шпинделя → Сверло проникает слишком глубоко в другую часть → После отрезания инструментом остается "обрубок" который отклоняет ход сверла → Слишком толстая перемычка → Слишком высокая скорость сверления в начале → Дрель не зажата ровно по центру → Сверло недостаточно заточено
Заусенцы остаются после отрезания	→ Тупые режущие инструменты → Сверло не полностью проходит через деталь
Сверло быстро затупляется	→ Слишком низкий темп подачи → Слишком низкая скорость вращения шпинделя → Недостаточная смазка из-за охлаждения

Ключевые факты

Пожалуйста, для получения технической информации, не стесняйтесь связываться с нашим техническим отделом: techservice.shapes@de.ensinger-online.com или по телефону +49 7032 819 101

Ensinger Germany

Ensinger GmbH
Rudolf-Diesel-Straße 8
71154 Nufringen
Tel. +49 7032 819 0
Fax +49 7032 819 100
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Mercedesstraße 21
72108 Rottenburg a. N.
Tel. +49 7457 9467 100
Fax +49 7457 9467 122
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Wilfried-Ensinger-Straße 1
93413 Cham
Tel. +49 9971 396 0
Fax +49 9971 396 570
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Borsigstraße 7
59609 Anröchte
Tel. +49 2947 9722 0
Fax +49 2947 9722 77
www.ensinger-online.com

Ensinger GmbH
Mooswiesen 13
88214 Ravensburg
Tel. +49 751 35452 0
Fax +49 751 35452 22
www.thermix.de

Ensinger worldwide

Austria
Ensinger Sintimid GmbH
Werkstraße 3
4860 Lenzing
Tel. +43 7672 7012800
Fax +43 7672 96865
www.ensinger-sintimid.at

Brazil
Ensinger Indústria de
Plásticos Técnicos Ltda.
Av. São Borja 3185
93.032-000 São Leopoldo-RS
Tel. +55 51 35798800
Fax +55 51 35882804
www.ensinger.com.br

China
Ensinger (China) Co., Ltd.
1F, Building A3
No. 1528 Gumei Road
Shanghai 200233
P.R.China
Tel. +86 21 52285111
Fax +86 21 52285222
www.ensinger-china.com

Czech Republic
Ensinger s.r.o.
Průmyslová 991
P.O. Box 15
33441 Dobřany
Tel. +420 37 7972056
Fax +420 37 7972059
www.ensinger.cz

Denmark
Ensinger Danmark
Rugvænget 6
4100 Ringsted
Tel. +45 7810 4410
Fax +45 7810 4420
www.ensinger.dk

France
Ensinger France S.A.R.L.
ZAC les Batterses
ZI Nord
01700 Beynost
Tel. +33 4 78553635
Fax +33 4 78556841
www.ensinger.fr

Italy
Ensinger Italia S.r.l.
Via Franco Tosi 1/3
20020 Olcella di Busto
Garolfo
Tel. +39 0331 568348
Fax +39 0331 567822
www.ensinger.it

Japan
Ensinger Japan Co., Ltd.
3-5-1, Rinkaicho,
Edogawa-ku, Tokyo
134-0086, Japan
Tel. +81 3 5878 1903
Fax +81 3 5878 1904
www.ensinger.jp

Poland
Ensinger Polska Sp. z o.o.
ul. Spółdzielcza 2h
64-100 Leszno
Tel. +48 65 5295810
Fax +48 65 5295811
www.ensinger.pl

Singapur
Ensinger International GmbH
(Singapore Branch)
63 Hillview Avenue # 04-07
Lam Soon Industrial Building
Singapore 669569
Tel. +65 65524177
Fax +65 65525177
info@ensinger.com.sg

Spain
Ensinger S.A.
Girona, 21-27
08120 La Llagosta
Barcelona
Tel. +34 93 5745726
Fax +34 93 5742730
www.ensinger.es

Sweden
Ensinger Sweden AB
Stenvretsgatan 5
SE-749 40 Enköping
Tel. +46 171 477 050
Fax +46 171 440 418
www.ensinger.se

United Kingdom
Ensinger Limited
Wilfried Way
Tonyrefail
Mid Glamorgan CF39 8JQ
Tel. +44 1443 678400
Fax +44 1443 675777
www.ensinger.co.uk

USA
Ensinger Inc.
365 Meadowlands Boulevard
Washington, PA 15301
Tel. +1 724 746 6050
Fax +1 724 746 9209
www.ensinger-inc.com



Инженерные термoplastы и высокоэффективные пластики, произведенные компанией Ensinger, используются сегодня почти в каждой важной отрасли промышленности. Их экономичность и производительность привела к тому, что полимеры все чаще вытесняют классически используемые в этих областях материалы.

