

Прямоугольные электрические соединители.

Основные виды механической обработки, применяемые при изготовлении изоляторов

Использование в производстве различных видов механической обработки пластмассовых деталей позволяет с минимальными затратами обеспечить доработку заготовок до требуемого уровня с необходимым качеством.

Александр Сафонов
Леонид Сафонов

edet@online.debryansk.ru

Введение

Механическая обработка пластмассовых деталей — важная и неотъемлемая часть технологического процесса изготовления изоляторов электрических соединителей. В ряде случаев, когда необходимы повышенная точность размеров и высокое качество поверхности, механическая обработка является практически единственным возможным способом обеспечения этих требований. Часто в процессе производства возникают вопросы экономической целесообразности изготовления сложной высокоточной технологической оснастки, предусматривающей оформле-

ние всех необходимых конструктивных элементов с требуемой точностью и качеством поверхности. В данном случае альтернативой использованию дорогостоящей оснастки может служить введение в технологический процесс оформления некоторых элементов изолятора за счет применения различных операций механической обработки, начиная с резки, точения, фрезерования, сверления, нарезания резьбы и кончая шлифованием и полированием.

В опубликованных ранее работах [7, 8] авторы подробно рассмотрели теоретические основы и практику применения механической обработки как одного из направлений технологического процесса изготовления пластмассовых деталей. Однако применение на практике отдельных конкретных операций механической обработки вызывает определенные трудности при их реализации, что вполне объяснимо. Каждая из вышеперечисленных операций механической обработки, кроме общих принципов и подходов, нуждается в изучении и учете особенностей, связанных с применением конкретного оборудования, режущего инструмента, технологических приспособлений, назначением технологических режимов резания и др.

Поэтому для эффективного использования в производственном процессе изготовления пластмассовых изоляторов операций механической обработки необходимо более детально рассмотреть особенности каждой из этих операций.

Резка

Рассмотрим методы резки, которые применяются при выполнении отрезных операций в производстве пластмассовых изоляторов, полученных методом экструзии, горячего формования, из листового материала, когда требуется вырезать фасонные детали и т. д.

Скорость и производительность отрезных операций влияют не только на качество изоляторов, но и на трудоемкость и стоимость их изготовления. Таким образом, создание технологических методов

Таблица 1. Сравнительные характеристики методов резки пластмасс

Группа	Метод	Скорость	Качество поверхности	Деструкция обработанной поверхности	Износ инструмента	Область применения
Обработка режущим инструментом	Распиловка ножовкой	Низкая	Низкое	Наблюдается редко	Большой	X
	Распиловка ленточной пилой	Довольно высокая	Недостаточно хорошее	Наблюдается редко	Большой	B
	Распиловка дисковой пилой	Довольно высокая	Хорошее при оптимальном режиме резания	В некоторых случаях большая	Большой	A
Обработка абразивом	Абразивный круг	Высокая	Очень хорошее	Нет	Слабый	A
	Ультразвуковая резка	Очень низкая	Недостаточно хорошее	Большая	—	X
	Обдвка абразивными зёрнами	Очень низкая	Довольно хорошее	Почти не наблюдается	—	X
Резка ножницами	Простая резка	Высокая	Недостаточно хорошее	Наблюдается редко	Довольно большой	A
	Обрубка	Высокая	Хорошее при оптимальном режиме обработки	Наблюдается редко	Слабый	B
Тепловые методы	Посредством тепла трения	Довольно высокая	Недостаточно хорошее	Сильная	—	(A, B)
	Посредством электронагрева	Низкая	Хорошее при обработке термопластов	Сильная	—	(B)
	Резка нагретым газом	Низкая	Низкое	Сильная	—	X

Условные обозначения:

- A — метод применим только для прямой резки;
- B — метод применим как для прямой, так и для фасонной резки;
- X — в крупносерийном и массовом производстве метод не применяется.

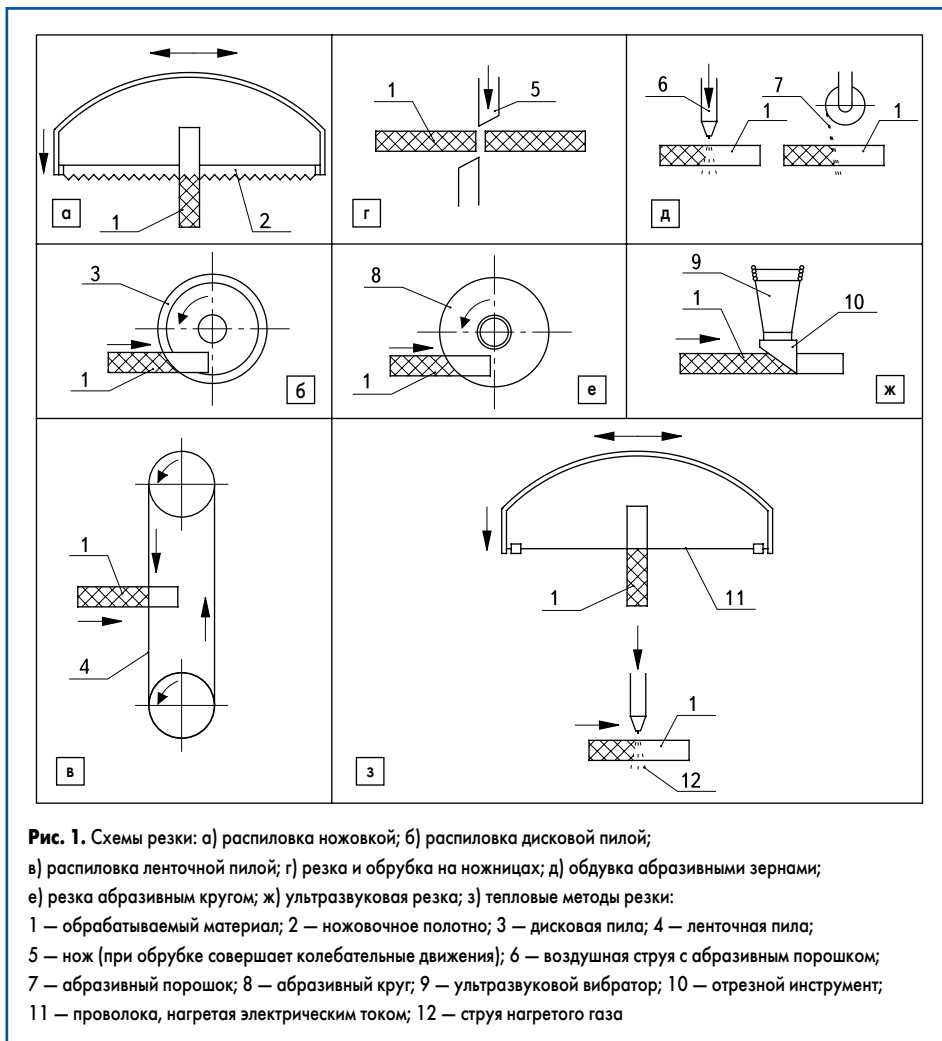


Рис. 1. Схемы резки: а) распиловка ножовкой; б) распиловка дисковой пилой; в) распиловка ленточной пилой; г) резка и обрубка на ножницах; д) обдужка абразивными зёрнами; е) резка абразивным кругом; ж) ультразвуковая резка; з) тепловые методы резки: 1 — обрабатываемый материал; 2 — ножовочное полотно; 3 — дисковая пила; 4 — ленточная пила; 5 — нож (при обрубке совершает колебательные движения); 6 — воздушная струя с абразивным порошком; 7 — абразивный порошок; 8 — абразивный круг; 9 — ультразвуковой вибратор; 10 — отрезной инструмент; 11 — проволока, нагретая электрическим током; 12 — струя нагретого газа

отрезных операций и режущих инструментов для их выполнения представляет значительный интерес для промышленного производства деталей из пластмасс.

Схемы различных методов резки, применяемых при обработке пластмассовых деталей, представлены на рис. 1, а их характеристики — в таблице 1.

Из всех рассмотренных схем резки особый интерес при производстве изоляторов электрических соединителей представляет резка абразивными кругами, как наиболее востребованная и дающая хорошие результаты обработки. Поэтому рассмотрим эту схему более подробно.

Резка пластмассовых деталей абразивными кругами обеспечивает высокое качество разрезаемых поверхностей, исключает сколы и разломачивание материала на выходе из круга.

Особое внимание следует уделять подбору шлифовальных кругов для резки пластмассовых материалов. Отрезные круги должны иметь хорошую режущую способность и не засаливаться, быть тонкими и прочными, эффективно разрезать материалы как всухую, так и с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Если технические возможности позволяют при разрезке применять СОЖ, то ее всегда следует использовать, так как она интенсифицирует процесс резания и повышает качество обработки, уменьшая засаливание круга и уменьшая или исклю-

чая появление прижогов на обрабатываемых поверхностях. СОЖ также позволяет улавливать и удалять из зоны резания пылевидную стружку вместе с частицами износа абразивного круга. В качестве СОЖ достаточно эффективны 2–5%-ная эмульсия или вода.

В наибольшей мере указанным требованиям соответствуют алмазные отрезные круги — круги с алмазоносным слоем из природных и синтетических порошкообразных и поликристаллических алмазов. Алмазные отрезные круги на металлической связке, которая не имеет пор, куда могут попадать стружки и пыль, должны иметь фракцию алмазов не менее 250 мкм. С целью улучшения режущих свойств отрезных алмазных кругов на металлической связке их целесообразно протравливать в азотной или серной кислоте, погружая в нее алмазоносный слой и равномерно поворачивая круг.

Определение обрабатываемости пластмасс при резке

Обрабатываемость пластмасс при резке можно определять по формуле:

$$\eta'_0 = V_m / (V_\omega hp), \quad (1)$$

где $V_m = 10^3 S_{np} \delta B$, мм³/мин (здесь S_{np} — скорость резки (подачи), м/мин; δ — толщина разрезаемой детали, мм; B — толщина абразивного круга, мм); $hp = Pz (v/6120)$ (здесь Pz — тангенциальная составляющая силы реза-

ния, кгс; v — окружная скорость круга, м/мин); V_ω — износ круга.

Чтобы довести величину η'_0 до максимума для каждого вида пластмассы, необходимо устанавливать оптимальные режимы резания и подбирать абразивный круг.

Так как износом абразивного круга можно пренебречь, формула (1) приобретает следующий вид:

$$\eta'' = V_m / hp. \quad (2)$$

Для измерения обрабатываемости пластмасс при резке существуют два вида испытаний:

- с постоянной нагрузкой;
- с постоянной подачей.

Из уравнений (1) и (2) вытекает, что для определения обрабатываемости пластмасс при резке необходимо измерять скорость резки и тангенциальную составляющую силы резания.

Точение

Выбор марки инструментального материала, типа резца и его геометрии

Для точения пластмасс применяют резцы из быстрорежущей стали, резцы с пластинами из твердого сплава вольфрамкобальтовой группы (ВК), а также алмазные резцы. Оптимальными марками твердых сплавов являются ВК2, ВК3М, ВК4, имеющие наименьшее содержание кобальта и обладающие наибольшей теплопроводностью. Самая низкая температура наблюдается при точении алмазными резцами, которая не превышает 125...200 °С при изменении режимов резания в широком рабочем интервале.

Сложность выбора геометрических параметров резцов, оптимальных для конкретного случая, заключается в анизотропии свойств пластмасс.

Выбор переднего угла зависит не только от свойств обрабатываемой пластмассы, но и от способа получения заготовки. Основное влияние на выбор переднего угла резцов оказывает твердость обрабатываемой пластмассы. Исследователь Б. П. Штучный получил экспериментальную зависимость для определения переднего угла резцов с пластинками из твердого сплава по отношению к твердости обрабатываемой пластмассы [5]:

$$\gamma^\circ = (20/HB) - 2. \quad (3)$$

Формула (3) справедлива для пластмасс твердостью $HB = (10-40) \times 10$ МПа. Как правило, наибольшие значения передних углов ($\gamma = 10-20^\circ$) необходимо применять при точении термопластичных пластмасс, а значения $\gamma = 0-10^\circ$ — для реактопластов.

Оптимальные значения задних углов резцов находятся в пределах $\alpha = 15-25^\circ$. Достаточно большие величины заднего угла объясняются высокой упругостью пластмасс.

Для улучшения схода стружки и снижения ее налипания переднюю поверхность резца необходимо изготавливать плоской или радиусной, а также обеспечивать ее доводку и полировку после заточки.

Таблица 2. Критерии затупления резцов при точении пластмасс

Обрабатываемый материал	Материал резца	Критерии затупления h_z , мм	
		Получистовое точение	Чистовое точение
Термопласты	P6M5 BK2, BK4, BK8 Синтетические и натуральные алмазы	0,2–0,3 0,3–0,35 0,12–0,14	0,15–0,2 0,15–0,2 0,1–0,14
Реактопласты	P6M5 BK2, BK3M, BK8 Синтетические и натуральные алмазы	0,3–0,4 0,3–0,6 0,2–0,3	0,15–0,2 0,15–0,25 0,10–0,14

Критерии износа резцов и период их стойкости

Нарастание изнашивания резцов приводит к искажению формы детали, не позволяет получить требуемую точность размеров и необходимую шероховатость поверхности. По этим признакам устанавливают критерии затупления резцов по задним поверхностям (h_z) при получистовом и чистовом точении пластмасс. В результате обобщения многочисленных результатов длительных научных и практических исследований в области точения пластмасс для различных инструментальных материалов и обрабатываемых пластмасс определены критерии затупления резцов (табл. 2).

Этим критериям затупления соответствуют следующие периоды стойкости резцов:

- для быстрорежущих резцов $T = 15–90$ мин;
- для твердосплавных резцов $T = 15–120$ мин;
- для алмазных резцов $T = 360–3400$ мин.

Оптимальные периоды стойкости быстрорежущих, твердосплавных и алмазных резцов, которые необходимо учитывать при расчете норм расхода резцов, как показала практика, — 30, 60 и 1500 минут соответственно.

Шероховатость обработанной поверхности и точность размеров детали

Шероховатость обработанной поверхности изоляторов зависит от вида пластмассы, марки инструментального материала, геометрических параметров резца, интенсивности износа резца, применения СОЖ и др.

Влияние свойств обрабатываемой пластмассы проявляется в процессе стружкообразования и во многом зависит от ее состава

и структуры. При точении термопластов можно получить шероховатость поверхности до $Ra = 0,63$ мкм, тогда как точение терморезактивных пластмасс при самых оптимальных условиях не позволяет получить параметр шероховатости менее 5 мкм.

Влияние марки инструментального материала на шероховатость поверхности сказывается в виде способности обеспечения стойкости и теплопроводности резца.

Передний и задний углы при точении термопластов и реактопластов влияют на шероховатость поверхности по-разному, их оптимальные значения целесообразно определять экспериментально. Изменение шероховатости поверхности в зависимости от значений переднего и заднего углов можно проследить на графике (рис. 2).

Низкая шероховатость поверхности обеспечивается при значениях главного угла ϕ в пределах $30–60^\circ$.

Увеличение вспомогательного угла ϕ_1 от 10 до 25° приводит к росту шероховатости в 1,2–1,4 раза. Его влияние можно уменьшить увеличением радиуса при вершине резца.

Из элементов режима резания на шероховатость поверхности наибольшее влияние оказывает подача. При увеличении подачи более $0,2–0,25$ мм/об. наблюдаются резкое увеличение шероховатости и сколы кромок поверхностей.

Глубина и скорость резания на шероховатость поверхности существенного влияния не оказывают.

Применение СОЖ снижает шероховатость поверхности (на $Ra = 3–5$ мкм), особенно в диапазоне скоростей $v = 5–10$ м/с.

Увеличение износа резца h_z более чем на $0,2–0,25$ мм приводит к увеличению шероховатости поверхности, возрастанию сил резания и, соответственно, к увеличению температуры в зоне резания, что способствует интенсификации окислительных процессов и образованию деструктурированного поверхностного слоя с измененной структурой. Поверхностный слой толщиной $0,2–0,4$ мм теряет свои исходные свойства, становится разрыхленным, снижаются его механические и электрические параметры.

Погрешность размеров деталей после точения складывается из следующих составляющих:

- погрешности обработки;

- погрешности в результате действия остаточных внутренних напряжений, «освободившихся» после снятия поверхностного слоя материала;
- температурные погрешности;
- погрешности измерений;
- погрешности, возникающие под действием окружающей среды.

Погрешности обработки — это результат неточности системы СПИД (станок – приспособление – инструмент – деталь) и износа инструмента.

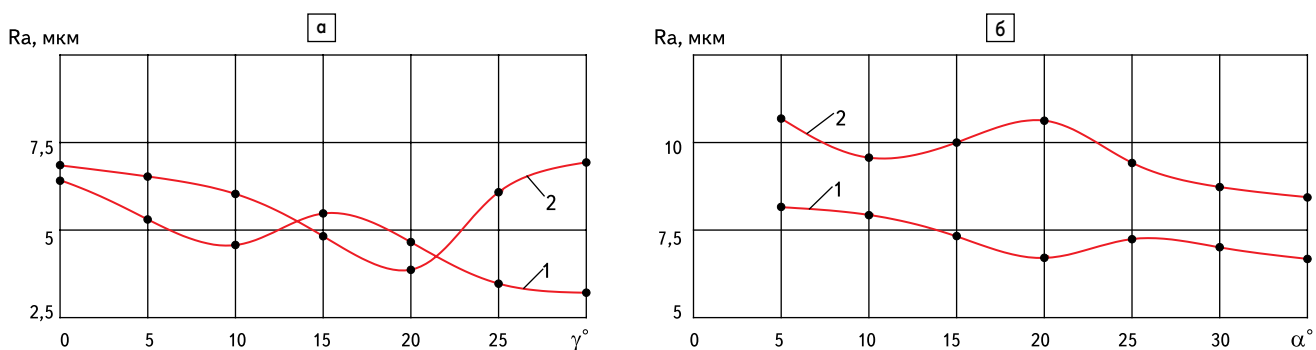
Особое внимание следует обратить на погрешности, возникающие в результате действия остаточных напряжений, «освободившихся» после точения, которые вызывают изменение размеров обработанной детали не сразу после обработки, а по истечении некоторого времени. Это приводит к тому, что годная в момент приемки деталь не может быть использована в производстве через определенное время. Для исключения этого дефекта мехобработку необходимо проводить в сочетании с термообработкой. Например, при обработке изоляторов из термопластов после чернового точения производится термообработка при температуре $160...190^\circ\text{C}$ (в зависимости от вида пластмассы) в течение 2 часов, после чего осуществляется чистовое точение. Для реактопластов выдержка при заданной температуре может достигать 48 часов и более, это связано с их неспособностью переходить в вязкое состояние.

Изменение размеров обработанных изоляторов происходит и под действием атмосферной влаги, так как процесс насыщения влагой после удаления поверхностного слоя пластмассы значительно интенсифицируется вследствие вскрытия пор.

Фрезерование

Обработка пластмассовых изоляторов фрезерованием включает такие переходы, как фрезерование плоскостей, пазов, уступов, сколов, фасонных поверхностей и т. п. Фрезерование дает возможность получить параметр шероховатости обработанной поверхности пластмасс в пределах $Ra = 1,25–2,5$ мкм и точность размеров по 10–11 квалитетам.

Процесс фрезерования, в отличие от процессов точения и сверления, в основном происходит прерывисто, что увеличивает вероятность


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от величины переднего (γ) и заднего (α) углов резца при точении пластмасс: 1 — стеклопласт; 2 — фенопласт

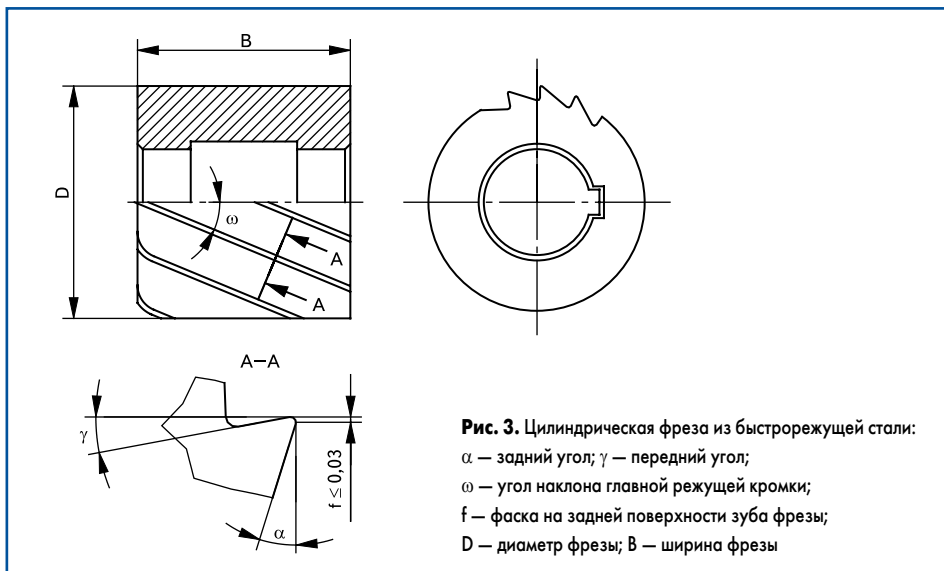


Рис. 3. Цилиндрическая фреза из быстрорежущей стали:

α — задний угол; γ — передний угол;
 ω — угол наклона главной режущей кромки;
 f — фаска на задней поверхности зуба фрезы;
 D — диаметр фрезы; B — ширина фрезы

появления сколов на кромках поверхностей и затрудняет получение точных размеров. Поэтому при фрезеровании пласт-масс должны быть выдержаны следующие основные требования:

- Обрабатываемая деталь должна быть надежно закреплена.
- Направление вращения фрезы должно совпадать с направлением подачи детали, то есть обеспечивается попутное фрезерование — во избежание сколов; встречное фрезерование пластмасс со слоистыми и листовыми наполнителями недопустимо.
- Оборудование не должно иметь зазоров в механизмах подачи и шпинделе.
- Режущий инструмент, его геометрические параметры и режимы резания должны соответствовать обрабатываемой пластмассе.

Конструктивные и геометрические параметры фрез для обработки пластмасс должны учитывать особенности процесса резания пластмасс.

Высокая упругость пластмасс требует заточки фрез с большими задними углами, простой формой передней поверхности, отсутствием фасок на задней поверхности. Для обеспечения плавности работы и уменьшения ударной нагрузки следует применять фрезы с большим углом наклона главных режущих кромок ($\omega = 20\text{--}30^\circ$) к оси фрезы. На практике установлено, что плавность процесса фрезерования обеспечивается тогда, когда в работе участвуют не менее 3 зубьев фрезы.

На рис. 3 изображена цилиндрическая фреза из быстрорежущей стали, на которой обозначены основные элементы ее конструкции.

При изготовлении фрез для обработки различных групп пластмасс используются такие же инструментальные материалы, как и для резцов. Исключение составляет лишь ограничение по применению твердого сплава BK2, так как этот сплав обладает повышенной хрупкостью, а фрезерование, как мы отмечали выше, в основном производится с ударными нагрузками.

Методики расчета и оценки режимов резания, критериев затупления инструмента и периода стойкости фрез, шероховатости поверхности и точности размеров деталей аналогичны тем, что применяются в процессе точения.

Нарезание резьбы

Методы получения резьбы

В современных электрических соединениях широко используются пластмассовые изоляторы с наружной и внутренней резьбой. Достаточно часто встречаются и резьбовые соединения пластмассовых деталей с металлическими и пластмассовыми деталями между ними.

Существуют два способа получения резьбы в пластмассовых деталях: без снятия стружки и путем снятия стружки.

Резьбу без снятия стружки получают прессованием, литьем под давлением и формованием профиля резьбы методом пластического деформирования. Этот способ позволяет получать одновременно резьбу в процессе литья изолятора, обеспечивает ее высокую прочность, так как не перерезаются волокна наполнителя и не нарушаются поверхностные слои пластмассы и литейная корка. Высокая прочность резьбы и качество поверхности обеспечивается оформляющими элементами технологической оснастки и режимами литья. Высокая производительность этого способа получения резьбы позволяет широко использовать его в серийном производстве.

В пластмассовых изоляторах способом снятия стружки резьбу получают при изготовлении мелких серий или при выполнении ремонтных работ, а также когда экономически нецелесообразно изготавливать сложную оснастку. Получение качественной и прочной резьбы, нарезаемой в пластмассовых изоляторах, является достаточно сложной задачей.

В зависимости от габаритных размеров деталей и их формы резьбу нарезают на токарных, сверлильных и резбонарезных станках, а также вручную, с помощью специальных приспособлений. В качестве режущего инструмента при нарезании резьбы используют метчики, плашки, резьбовые резцы, шлифовальные круги. Инструментальным материалом для метчиков служит в основном быстрорежущая сталь. Для обработки пластмасс с высокими абразивными свойствами применяют твердые сплавы BK6, BK8, алмазные резцы, вулканические дисковые круги.

Нарезание резьбы метчиками

Для нарезания резьбы применяют машинно-ручные, гаечные метчики из быстрорежущей стали, с напаянными пластинами из твердого сплава, цельнотвердосплавные с геометрическими размерами и заточкой под конкретный вид пластмасс.

Брак при нарезании резьбы метчиками проявляется в основном вследствие уменьшения среднего диаметра резьбы по сравнению со средним диаметром метчика (за счет высокой упругости пластмасс), выкрошиванию и сколов первых витков резьбы по отношению к предварительно оформленному отверстию, неперпендикулярности резьбового отверстия к поверхности детали.

Выкрошивание первых витков резьбы приводит к уменьшению прочности и несущей способности резьбового соединения, отсутствие первых витков вызывает перенапряжение остальных, что особенно отрицательно сказывается на прочности резьбы в глухих отверстиях, где длина резьбы и число витков ограничены.

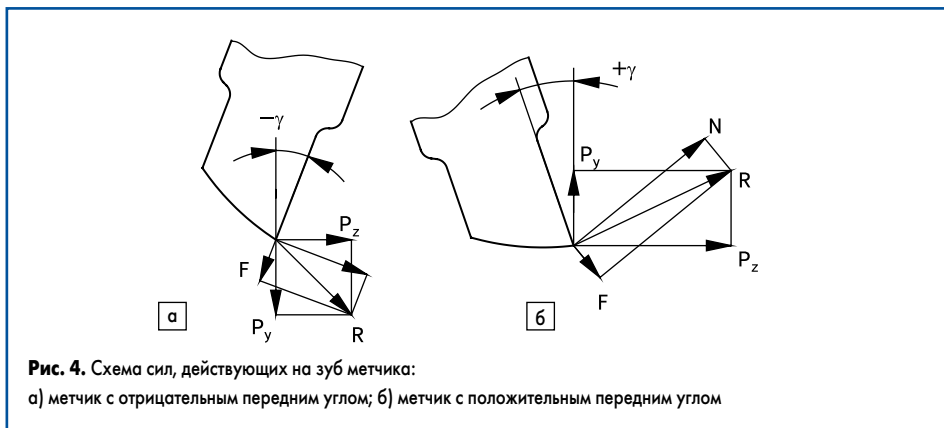
Перекося и смещение профиля резьбы по отношению к оформленному отверстию приводят к тому, что резьба по всей длине имеет неполный профиль, пониженную прочность, неравномерное нагружение резьбовых витков по окружности.

Для нарезания качественной и точной резьбы метчиками в деталях из пластмасс метчики должны соответствовать определенным требованиям:

- Иметь увеличенный наружный и средний диаметры (на практике установлено, что увеличение на 0,05–0,1 мм позволяет компенсировать упругое восстановление пластмассы после нарезки резьбы).
- Иметь возможно меньшее (2–3) число канавок, что позволяет увеличить их объем и облегчить образование и выход стружки.
- Иметь винтовые канавки при нарезании резьбы в глухих отверстиях (винтовые канавки обеспечивают более благоприятные условия удаления стружки из глухих отверстий).
- Иметь шлифованный профиль резьбы для уменьшения сил трения пластмассы о метчик.
- Иметь соответствующую геометрию заточки в зависимости от обрабатываемой пластмассы.

Из технологических требований, обеспечивающих качественное нарезание резьбы, следует отметить:

- Необходимость правильной ориентации метчика в отверстии и создание принудительной подачи в начальный момент нарезания резьбы. Как показали исследования, проведенные на ФГУП «Карачевский завод «Электродеталь»», принудительная подача метчика для достижения хорошего качества резьбы необходима на первых двух–четырех витках. Смысл принудительной подачи метчика состоит в том, чтобы обеспечить условие самозатягивания метчика без разрушения первых витков резьбы.
- Нарезание резьбы следует производить полностью одним метчиком, а не комплектом


Рис. 4. Схема сил, действующих на зуб метчика:

а) метчик с отрицательным передним углом; б) метчик с положительным передним углом

из двух–трех устройств, как это делается при нарезании резьбы в металлах.

- Конструкции метчиков должны учитывать особенности обработки различных видов пластмасс, связанных с различием их свойств.

Выбор геометрических параметров метчиков, поскольку они обеспечивают не только точность, но и качество профиля резьбы, имеет большое значение. Рассмотрим схему работы зуба метчика (рис. 4) и действующие на него силы.

При работе метчика с отрицательным передним углом нарезаемый профиль резьбы находится под действием сжимающих сил P_z и P_y . При положительном переднем угле силы P_z и P_y растягивают профиль резьбы. Пластмассы лучше сопротивляются сжатию, поэтому действие сжимающих сил P_z и P_y более благоприятно и вызывает только упру-

гую деформацию сжатия без образования сколов профиля.

Действие растягивающих сил P_z и P_y способствует разрушению и образованию сколов профиля резьбы из-за низкого сопротивления растяжению ослабленной структуры материала. В связи с этим для нарезания резьбы в деталях из пластмасс, особенно слоистых, наиболее целесообразно использовать метчики с отрицательными передними углами: $\gamma = -(5-10)^\circ$. Угол ϕ при вершине для отверстий глубиной до 10 мм следует принимать равным 5° . При увеличении глубины отверстия, нарезании резьбы в глухих отверстиях и слоистых пластмассах следует принимать угол $\phi = 15^\circ$.

Задний угол α метчиков не должен быть более 10° , чтобы после переточки не нарушалась точность резьбы.

На качество, точность и прочность резьбы влияет износ метчика. На практике износ

метчиков не измеряют, а оценивают по качеству нарезаемой резьбы. Ориентировочный период стойкости метчиков из быстрорежущей стали составляет от 5 до 20 минут, в зависимости от вида пластмасс.

Окончание следует

Литература

1. Балыков А. В., Цесарский А. А. Алмазное сверление деталей из труднообрабатываемых неметаллических материалов. М.: Машиностроение, 1985.
2. Бортников В. Г. Основы технологии переработки пластических масс. Л.: Химия, 1986.
3. Кобаяши А. Обработка пластмасс резанием. М.: Машиностроение, 1984.
4. Трёмбовецкий А. Н., Муковоз Ю. А. Алмазная обработка неметаллических материалов. Киев: Знание, 1985.
5. Штучный Б. П. Механическая обработка пластмасс. М.: Машиностроение, 1987.
6. Степанов А. А. Обработка резанием высокопрочных композиционных полимерных материалов. Л.: Машиностроение, 1987.
7. Сафонов А. Л., Сафонов Л. И. Электрические прямоугольные соединители. Изготовление пластмассовых изоляторов повышенной точности // Технологии в электронной промышленности. 2009. № 6.
8. Сафонов А. Л., Сафонов Л. И. Электрические прямоугольные соединители. Основные вопросы теории и практики механической обработки пластмасс // Технологии в электронной промышленности. 2009. № 7.