

ров: $T_m(\text{УП-2124А}) < T_m(\text{ЭДТ-10}) < T_m(\text{УП-2157А}) < T_m(\text{ЭТФ})$, а по величине максимального значения механических потерь в области α -перехода – в ином порядке: $\text{tg}\delta_m(\text{ЗТО}) < \text{tg}\delta_m(\text{УП-2157А}) < \text{tg}\delta_m(\text{ЭДТ-10}) < \text{tg}\delta_m(\text{УП-2124А})$.

На основе изложенного можно заключить, что механизмы релаксационных процессов в исходных и армированных эпоксидных полимерах имеют аналогичную природу. Однако возникновение в армирован-

ных полимерах граничных слоев со структурой и свойствами, отличными от таковых для ненаполненных полимеров, а также конформационное ограничение молекулярных цепей вблизи поверхности армирующего волокна существенно усложняют протекание в них релаксационных процессов, что проявляется в обнаруженной мультиплетности главного релаксационного процесса и в изменении интенсивности и температурного положения релаксационных процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липатов Ю.С. Физическая химия наполненных полимеров. М.: Химия, 1997. 245 с.
2. Магомедов Г.М., Зеленев Ю.В. Механические релаксационные свойства армированных полимеров при низких температурах // Acta Polimerika. 1979. Т. 30. № 12. С. 750-753.
3. Магомедов Г.М., Задорина Е.Н. Анизотропия релаксационных свойств волокнистых полимерных композитов // ДАН СССР. 1986. Т. 286. № 3. С. 630-634.
4. Перелечко И.И. Акустические методы исследования полимеров. М.: Химия, 1973. 295 с.
5. Бартнев Г.М., Бартнева А.Г. Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия, 1992. 432 с.
6. Руднев С.Н. Структура и молекулярная подвижность густосшитых эпоксиаминных полимеров: Дис... канд. хим. наук. М., 1982.

УДК 621.9.04
СКИМБАЕВ М.Р.

Управление точностью формы и расположения отверстий с учетом текущего радиуса обработки

Упругие отжатию инструмента при растачивании происходят как в радиальном, так и в тангенциальном направлении, однако в силу их малости по сравнению с изменением текущего радиуса обрабатываемого отверстия, искажение формы при тангенциальных отжатию будет малым второго порядка. Поэтому будем рассматривать только управление радиальными упругими отжатию от изменения текущего радиуса обрабатываемого отверстия.

Даже при очень высокой геометрической точности современного оборудования для достижения высокой точности формы и расположения растачиваемых отверстий требуется высокая точность предварительно обработанных отверстий заготовки. Это условие является следствием наличия в технологической системе доминирующей колебательной системы – борштанги, являющейся звеном с малой жесткостью. Увеличению жесткости этого звена препятствуют объективные причины со стороны габаритов обрабатываемых отверстий. За счет существенного снижения отклонения от круглости, а также уменьшения отклонения расположения обрабатываемых поверхностей можно расширить область применения растачивания на случаи, когда по эксплуатационным соображениям этот метод обработки допускается как окончательный. Кроме того, применение управления точностью формы также оправдано снижением трудоемкости обработки, поскольку уменьшение коэффициента уточнения k_u позволяет, при прочих равных условиях, уменьшить количество рабочих ходов и добиться соответствия требованиям к точности обработки, а управление точностью формы ведет к общему повышению эффективности использования технологического оборудования [1].

Повышение эффективности использования оборудования возможно путем расширения номенклатуры

инструментов в магазине станка для оперативного применения. Величина коэффициента уточнения k_u зависит от целого ряда факторов, основными из которых являются: жесткость технологической системы, режимы резания, механические свойства материала. Эти факторы, имеющие значительные диапазоны изменения, приводят к тому, что коэффициент уменьшения погрешностей изменяется в широких пределах. Известно, что погрешность формы и расположения отверстий при растачивании, как правило, вызвана запаздыванием изменения силы резания по отношению к изменению толщины срезаемого слоя. Нестабильность упругих отжатию инструмента, снижающая точность формы и расположения обрабатываемых отверстий, может принимать вид колебательного процесса с переменными амплитудами и частотой порядка $10\text{-}10^3$ Гц [1, 2], что порождает технические проблемы обеспечения достаточного быстродействия систем управления упругими отжатию. Его длительность сравнима с периодом колебаний упругих отжатию и колебаний припуска в рассматриваемом диапазоне и потому оно должно быть учтено в разрабатываемых системах управления при механической обработке металлов.

Аналогично необходимо учитывать и запаздывание съема и обработки управляющего воздействия, достигающего $10^{-3}\text{-}10^{-2}$ сек в системах с пьезоэлектрическими преобразователями [3].

В связи с этим перспективным является использование аналоговых систем управления с пьезоэлектрическими исполнительными органами [4, 5].

Для управления точностью формы ранее применялось устройство, осуществляющее коррекцию смещений вершины резца от действия радиальной составляющей силы резания P_r . Это устройство выполнено в виде рамы с подвижной и неподвижной плата-

ми, соединенными между собой упругой связью, а также содержит датчик перемещения пьезоэлектрического преобразователя [6].

Недостатком этого устройства является влияние времени запаздывания отработки величины управляющего воздействия на точность формы и расположения растачиваемых отверстий. Например, при времени запаздывания отработки величины управляющего воздействия, равном $\tau_3 = 4$ мс, на технологическом переходе растачивания отверстий диаметром 60 мм с частотой вращения заготовки $n = 1000$ об/мин, формообразующая вершины резца без коррекции в радиальном направлении переместится по окружности на расстояние 13 мм, таким образом, на этом расстоянии произойдет копирование погрешности формы заготовки.

Для повышения точности формы растачиваемых отверстий путем учета текущего радиуса обрабатываемой поверхности и времени запаздывания отработки управляющего воздействия было разработано устройство, содержащее дополнительную державку с резцом, которая одновременно выполняет функцию контактного измерителя текущего радиуса обрабатываемой поверхности. При этом управляющее воздействие, вырабатываемое с учетом изменения текущего радиуса обрабатываемой поверхности, подается на пьезоэлектрический преобразователь равным времени запаздывания устройства управления. На боковой поверхности оправки выполнен вырез для ориентирования резцов относительно друг друга на угол φ .

Устройство для управления точностью формы закрепляется в суппорте станка. Корпус устройства состоит из подвижной и неподвижной частей, между которыми располагается пьезоэлектрический преобразователь. Подвижная часть представляет собой фланец с центральным отверстием, состоящим из оправки, в которую закрепляется первый резец, а в подвижной части – второй резец. Устройство содержит датчики: смещения вершины резца, контроля за текущим радиусом обрабатываемой поверхности, а также перемещения пьезоэлектрического преобразователя.

Величина временной задержки сигнала устанавливается такой, чтобы управляющее воздействие, компенсирующее изменение толщины припуска в произвольной точке обрабатываемой поверхности, реализовалось к тому моменту, когда над этой точкой

будет проходить вершина второго резца расточной оправки.

Тогда величина временной задержки $\tau_{вз}$ определяется по формуле:

$$\tau_{вз} = t - \tau_3 = \varphi / 6n - \tau_3 \text{ (сек)}, \quad (1)$$

где τ_3 – запаздывание отработки управляющего воздействия (сек).

Запаздывание отработки управляющего воздействия τ_3 накладывает ограничение на величину угла φ между первым и вторым резцами. При $\tau_{вз} = 0$ получается минимально допустимую величину угла φ_{\min} :

$$\varphi_{\min} = 6n * \tau_3, \text{ (град)}. \quad (2)$$

Таким образом, угол φ между резцами выбирается исходя из неравенства

$$\varphi \geq \varphi_{\min} = 6n * \tau_3, \text{ (град)}. \quad (3)$$

Устройство управления работает следующим образом.

С началом процесса резания появляется сила резания R , под воздействием которой происходит смещение вершин резцов от номинальных положений, настраиваемых при наладке инструмента на обрабатываемый размер. На датчиках появляется сигнал, пропорциональный этому смещению, который обрабатывается на пьезоэлектрическом преобразователе смещением подвижной части оправки. Перемещение подвижной части будет происходить до тех пор, пока величина рассогласования на датчиках не будет равна нулю.

Таким образом, происходит автоматическое управление точностью формы при растачивании отверстий с учетом текущего радиуса обрабатываемой поверхности и времени запаздывания отработки управляющего воздействия.

Экспериментальными исследованиями предлагаемого устройства установлено, что комплексная погрешность формы отверстия $\Sigma\Phi$ уменьшается в 2,5 раза, что позволит получать отверстия с отклонением от круглости не более 8-10 мкм, обеспечивая погрешность расположения 10 мкм при исходной 80 мкм.

Предлагаемое устройство позволяет уменьшить погрешность формы растачиваемых отверстий, учесть влияние текущего радиуса обрабатываемой поверхности, а также совместить несколько технологических переходов в один.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев В.Н. Автоматически регулируемые и комбинированные процессы резания. М.: Машиностроение, 1977. 304 с.
2. Жарков И.Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. Л.: Машиностроение, 1986. 179 с.
3. Пьезоэлектрические преобразователи / Под ред. С.И. Пугачева. Л.: Судостроение. 1984. 267 с.
4. Чемерис И.И. Пьезоэлектрические двигатели линейных перемещений // Диэлектрики и полупроводники, 1977. № 12. С. 19-27.
5. Кэду У. Пьезоэлектричество и его практическое применение. М.: Иностранная литература, 1949. 715 с.
6. А.с. 13 445421 СССР. Способ управления формообразующей вершиной резца при точении (растачивании) высокоточных отверстий / Р.К. Мешеряков, М.Р. Сихимбаев (СССР). А1. В23В25/06. БИ № 38 от 15.10.87.