

## ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Основой проектирования любого автомата или линии является технологический процесс, задачей которого является получение готовых изделий заданного качества с помощью рабочих инструментов. При этом под комплектом инструмента понимают то минимально необходимое и достаточное количество орудий обработки, которые обеспечивают выполнение данного технологического процесса. Величину комплекта определяют объемом и методами обработки. Комплектом инструмента являются, например, пуансон и матрица — при штамповке; сверло, зенкер и метчик — при обработке резьбовых отверстий и др.

Таким образом, в любой технологический процесс входят, с одной стороны, изделие, заключающее в себе материал, требуемую форму, размеры, показатели качества и т. д., с другой стороны, методы обработки, способы технологического воздействия на обрабатываемый материал.

В этом заключается сходство технологических процессов и автоматизированного, и неавтоматизированного производства.

Их основное отличие состоит в том, что технологические процессы неавтоматизированного производства проектируют из обеспечения главным образом качества обработки. Технологические процессы автоматизированного производства проектируют исходя из обеспечения не только качества, но и количества обрабатываемых изделий, с широким использованием принципа совмещения операций.

Простейшим вариантом построения любого технологического процесса неавтоматизированного производства при выбранных методах, технологическом маршруте и режимах обработки является полная обработка изделия в одной позиции при последовательном выполнении всех составных операций.

В этом случае легко определить итоговую, суммарную длительность протекания технологического процесса  $t'_{po}$ , которая зависит, с одной стороны, от характера детали, ее сложности и т. д., с другой — от прогрессивности выбранных методов и режимов обработки. Таким образом, производительности  $K'_o$  является характеристикой технологического процесса обработки изделия, безотносительного к структуре машины.

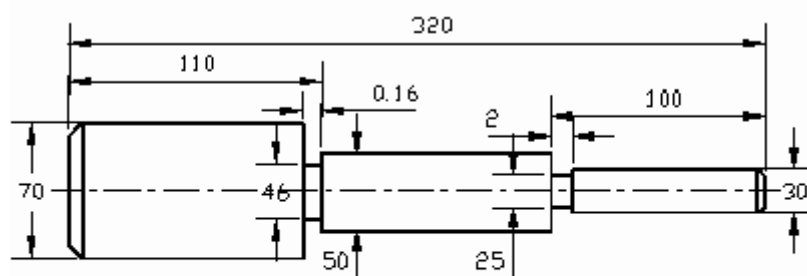


Рис. V-1. Типовая обрабатываемая деталь - ступенчатый вал

Для примера на рис. V-1 показан чертеж ступенчатого вала. Технологический маршрут обработки складывается из фрезерования торцов, их зацентровки, черновой и чистовой обточки всех ступеней, обработки фасок и канавок. Общее время обработки равно суммарной длительности всех операций. Время каждой операции определяется объемом обработки (длина  $l$  и диаметр  $d$  обрабатываемой поверхности, ширина обработки и др.) и выбранным методом обработки, а также его режимами — скоростью резания  $v$  и подачей  $s$ ; для операций обточки это время можно подсчитать по формуле

$$t_{p_i} = n_p / n_{ш} = (\pi l) / (1000 v s),$$

где  $n_p$  – число оборотов шпинделя на выполнение операции;  $n_{ш}$  – частота вращения шпинделя, об/мин;  $v$  – скорость резания, м/мин,  $l$  – длина хода инструмента, мм;  $s$  – подача, мм/об

Длительность обработки равна суммарному времени всех операций:

$$t'_{p_n} = \sum t_{p_i}.$$

Технологическая производительность

$$K'_o = 1/t'_{p_n}.$$

Величина  $K'_o$  характеризует возможности данного технологического процесса по выпуску продукции в его простейшем варианте, который, как правило, и реализуется в неавтоматизированном производстве. Так, вал, показанный на рис. V-1, можно полностью обработать на универсальном токарном станке. Такой вариант обеспечивает требуемое качество обработки, однако является наименее производительным, так как в любой момент в работе находится не более одного инструмента (одноинструментная обработка). Последовательно, без совмещения во времени совершенствуются и холостые (вспомогательные) операции (установка заготовок, их зажим и разжим, подвод инструментов, съем готовых деталей и т. д.).

Однако, если для полной обработки тех же изделий спроектировать однопозиционный автомат или полуавтомат (рис V-2,а), суммарное время обработки значительно сократится за счет совмещения между собой рабочих и холостых ходов. Так, в автоматическом цикле можно одновременно производить обработку обоих торцов, обточку нескольких шеек, прорезку всех канавок и снятие фасок (многоинструментная обработка). Время рабочего хода  $t_{po} < t'_p$ , определится уже суммарной длительностью только цепочки несовмещенных операций: обработка одного торца, черновая и чистовая обточка одной шейки, прорезка одной канавки.

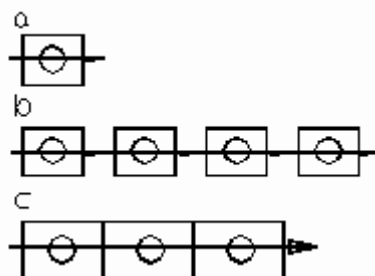


Рис.V-2. Структурные варианты построения машин, выполняющих одинаковый объем обработки:

а - однопозиционный автомат с многоинструментной обработкой; б - группа автоматов с дифференцированным технологическим процессом; с - многопозиционный автомат с дифференцированным и концентрированным технологическим процессом

Технологическая производительность

$$K_o = 1/t_{p_n} = K'_o U, \quad (V-1)$$

где  $U$  — количество одновременно работающих инструментов.

Величина  $K_o$  характеризует не только прогрессивность технологии, но степень совмещения операций в машине. Тем самым производительность однопозиционного автомата значительно выше, чем универсального станка, даже при тех же методах, технологических маршрутах и режимах обработки.

Широкое использование метода совмещения операций является важнейшей особенностью технологических процессов автоматизированного производства, основой построения всех многопозиционных машин и автоматических линий.

Возможность повышения производительности машин благодаря только многоинструментной обработке, как правило, невелика. Стремление применить многоинструментную работу часто приводит к чрезмерному увеличению числа суппортов на станке с несоразмерно большим количеством одновременно работающих инструментов. В этих случаях ограничиваются геометрическим решением задачи, находя возможности для размещения суппортов, механизмов их привода и резцовых державок. Большое количество инструментов на рабочей позиции, перегружая рабочее место, затрудняет сход стружки, ухудшает охлаждение инструмента, увеличивает усилия, действующие на деталь, и т. д. Все это обнаруживается уже в процессе эксплуатации станка и нередко приводит к сокращению числа одновременно работающих инструментов.

Повышение производительности можно обеспечить путем дальнейшего развития принципа совмещения — дифференциации технологического процесса и концентрации операций, что приводит к созданию многопозиционных машин.

Любой технологический процесс автоматизированного производства состоит из отдельных элементов — операций, выполняемых целевыми механизмами рабочих и холостых ходов. Дифференциация технологического процесса заключается в том, что технологический процесс расчленяется на операции, выполняемые на различных рабочих позициях машины или линии, через которые последовательно проходит обрабатываемое изделие, пока не получит полного объема технологического воздействия.

При дифференциации любой технологический процесс расчленяется прежде всего на составные операции, поэтому объем обработки, выполняемый каждым конкретным механизмом, может быть различным.

Составная рабочая операция — это часть технологического процесса, которая может быть выполнена одним целевым механизмом и одним инструментом в соответствии с требованиями качества.

Если дифференциацию ограничить делением на составные операции, то для осуществления всего технологического процесса необходимы минимальный комплект инструмента и система последовательно расположенных однопозиционных машин, число которых равно числу составных операций (рис. V-2, б).

Например, технологический объем обработки вала (см. рис. V-1) можно дифференцировать на шесть частей: 1) фрезерование и зацентровка торцов; 2) черновая обточка с одной стороны; 3) черновая обточка с другой стороны; 4) чистовая обточка с одной стороны, 5) чистовая обточка с другой стороны; 6) обточка фасок и канавок.

Если каждую часть технологического процесса осуществлять на однопозиционной машине, получим поточную линию из шести автоматов или полуавтоматов (одного фрезерно-центровального, четырех токарно-копировальных и одного токарно-отделочного).

Если дифференциацию объема обработки продолжить дальше, разделяя составные операции на более элементарные части, то, процесс обработки даже в пределах одной операции становится дискретным, требуя одновременно дополнительного количества одноименных инструментов, которые выполняют уже не составную операцию, а только часть ее — с неизбежными перерывами в обработке одной детали. Так, если выполняется операция сверления отверстия на всю глубину или обработка одним резцом на всю длину согласно чертежу изделия, то это означает выполнение составной операции одним инструментом. Если дробить процессы сверления, резания и другие на более элементарные части (несколько однородных элементарных операций), то потребуется не один инструмент, а несколько однотипных. При этом комплект инструмента возрастает по сравнению с технологически необходимым. К такому дроблению прибегают, чтобы сделать все операции во времени равновеликими и соизмеримыми.

Последовательное выполнение дифференцированного технологического процесса — составных или раздробленных операций на группе операционных автоматов (рис. V-2, б) обеспечивает полный объем

обработки за время, равное времени одной операции, выполняемой каждым автоматом. При этом в обработке одновременно находится число изделий, равное числу операций, т. е. числу операционных автоматов, и готовые изделия выдаются через промежуток времени, равный рабочему циклу однопозиционного автомата.

Дифференцируя общий объем обработки в различной степени, т. е. варьируя число последовательных позиций обработки  $q$ , получаем различную длительность обработки на одной позиции  $t_p$ , а следовательно, различную технологическую производительность  $K$ . Если возможно дифференцировать весь объем обработки на равные части, то

$$t_p = t_{p_0} / q, \quad K = K_0 q \quad (V-2)$$

Концентрация операций заключается в том, что отдельные операции, выполняемые так же одновременно, как и в группе однопозиционных автоматов, концентрируются в одном автомате (рис. V-2, в). Так появились многопозиционные автоматы, а затем и автоматические линии последовательного, параллельного и параллельно-последовательного действия. Наиболее характерными для технологии автоматизированного производства являются сложные технологические процессы, состоящие из множества разнородных видов обработки. Для таких процессов концентрация операций выражается сосредоточением в одной машине последовательно выполняемых разнородных операций дифференцированного технологического процесса. При этом один технологический комплект инструмента, который необходим в машине, рассредоточен по позициям, как в группе однопозиционных машин, работающих последовательно. В этом случае длительность рабочего цикла автомата или линии определяется продолжительностью наиболее длительной операции, а также холостыми ходами цикла — подачей, зажимом, транспортированием изделий из позиции в позицию.

Если принцип дифференциации технологического процесса, открытый еще в эпоху мануфактурного производства, характерен для любых форм современного поточного производства, то применение принципа концентрации операций — неотъемлемое свойство автоматизированного производства.