

## Автоматическая сборка типовых соединений

### Соединения по цилиндрическим поверхностям с гарантированным зазором

К этим видам соединений относится надевание втулок, колец и шайб на шейки деталей типа тел вращения; посадка втулок, колец, шайб, гладких и ступенчатых осей и валов в отверстия корпусных и других деталей.

При выполнении данного соединения одна деталь (базовая) занимает неподвижное положение в сборочном приспособлении, а другая, направляемая специальным устройством, надевается на первую (вставляется в неё).

В реальных производственных условиях, даже на точно изготовленной сборочной машине не возможно совместить оси сопрягаемых поверхностей деталей. При жестком закреплении этих деталей их полная (100%-ная) собираемость может быть достигнута при том условии, если наибольшее смещение  $E$  осей не превышает минимального радиального зазора  $S_{\min}$  в сопряжении.

Если  $E = S_{\min} + a$ , где  $a$  – положительная величина, характеризующая перекрытие полей допусков, то полной собираемости уже не происходит. Принимая распределение размеров сопрягаемых деталей по закону Гаусса, определим заштрихованную площадь на последнем рисунке, являющуюся вероятностью несобираемости деталей.

$$P = 0,5 - \frac{1}{\sigma_0 \cdot \sqrt{2\pi}} \int_0^{T_0/2-a} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_0^2}} dx, \quad \left( e^{-\frac{(T_0/2-a)^2}{\sigma_0^2/2}} \right) ?$$

где  $x$  – текущая координата;

$\sigma_0$  – среднее квадратичное отклонение, характеризующее распределение диаметральных размеров отверстий при  $T_0 < T_b$ . Если  $T_0 > T_b$ , то в приведенную формулу вместо  $T_0$  следует поставить  $T_b$  и вместо  $\sigma_0$  –  $\sigma_b$  – среднее квадратическое отклонение диаметральных размеров вала.

Для лучшего направления (центрирования) сопрягаемых деталей на них делают заходные фаски. Угол фаски  $\alpha$  обычно колеблется в пределах (35÷50) градусов. С уменьшением  $\alpha$  улучшается центрирование деталей, а осевое усилие падает, но уменьшается при этом и активная длина сопряжения деталей, что не всегда допустимо. С увеличением  $\alpha$  центрирование ухудшается, а усилие сборки возрастает. Практически сборку узлов на автоматах без заходных фасок на деталях осуществить, особенно при малых зазорах, невозможно.

Процесс сборки по цилиндрическим поверхностям, имеющих заходные фаски, состоит из трёх последовательных стадий:

1. Подвод одной из сопрягаемой детали к другой до контакта по фаскам.
2. Скольжение подведенной детали по фаске второй детали под действием силы тяжести (или приложенного сборочного усилия  $P_{сб}$ ) до совмещения осей сопрягаемых поверхностей.
3. Осуществление заданного сопряжения с обеспечением заданного осевого положения подаваемой детали.

Рассмотрим вторую стадию процесса сборки.

Нижняя деталь 1 жестко закреплена в сборочном приспособлении, а верхняя деталь 2 удерживается захватным устройством, обладающим некоторой радиальной податливостью  $W$ . Из схемы видно, что величина горизонтальной составляющей  $P_1 = E/W$ , а величина сборочного усилия

$$P_{сб} = \frac{P_1}{\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \varphi\right)} = \frac{E}{W \cdot \left(\operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha - \varphi\right)\right)},$$

где  $\alpha$  – угол фаски,

$\varphi$  – угол трения в местах касания фасок сопрягаемых деталей.

При  $\pi/2 - \alpha - \varphi \rightarrow 0$  сборочное усилие  $P_{сб} \rightarrow \infty$ .

Сборку с гарантированным зазором можно производить под действием сил тяжести и принудительным методом в результате приложения к присоединяемой детали осевого усилия.

Сборка под действием сил тяжести возможна в ограниченных случаях:

- при отклонении осей сопрягаемых деталей не более  $15^\circ$  от вертикали;
- при массе детали не более 0,3 кг ( $\varnothing$  10-20 мм).
- при зазорах в сопряжении не менее 0,1 мм.
- при расположении центра тяжести детали на расстоянии  $l \leq h/(2f)$  от оси.

Из приведенного условия видно, что заклиниванию в большей мере подвержены тонкие детали (кольца, шайбы и т.д.). Для повышения надёжности работы сборочных автоматов применяют принудительную сборку с использованием устройств – досылателей на основе пневмо- и гидроцилиндров с удлиненными штоками. Досылатели незаменимы при горизонтальной и наклонной сборке, при сборке с малыми (менее 0,1 мм) зазорами, при посадке деталей малого веса и больших смещениях  $E$  осей сопрягаемых деталей. Применение досылателей резко повышает надёжность работы сборочных автоматов и полуавтоматов. (Усилие сборки на штоке досылателя не превышает обычно  $10 \div 20$  кгс (Н)).

#### Сборка цилиндрических соединений с натягом

Такой вид сопряжения применяют для деталей тех же классов, что и при сборке с гарантированным зазором. Характерная особенность данного вида автоматической сборки – обязательность наличия на сопрягаемых деталях заходной фаски, точное направление деталей при сборке и необходимость приложения значительных усилий (усилий сборки). Для автоматической сборки сопряжений с гарантированным натягом наиболее применимо исполнительное устройство, обеспечивающее компенсацию возможного смещения осей и направление запрессовываемой детали (рис).

Хорошие результаты даёт также устройство с базированием деталей по сопрягаемым поверхностям (рис)

Рис. Схема сборки с базированием нижней детали 1 узла по сопрягаемой поверхности на плавающий палец 2 приспособления. Верхняя деталь 3 подаётся штоком 4 из питателя 5. 6 – отсекатель.

Контролируют качество запрессовки в процессе автоматической сборки следующими способами:

1. По силе запрессовки. В этом случае используют датчики давления масла, установленные на напорной полости прессующего гидроцилиндра, или тензодатчики на штоке этого цилиндра. Контролируют силу запрессовки по её резко возрастающей величине при упоре запрессовываемой детали в торец уступа сопряженной детали.

2. По продолжительности запрессовки или по количеству ударных импульсов. Для заданной посадки предварительно определяются действующие определенное время минимальное и максимальное усилие запрессовки или наименьшее и наибольшее количество импульсов. Если запрессовка при минимальном усилии заканчивается раньше заранее рассчитанного положенного времени или при максимальном усилии по истечении установленного времени деталь не напрессовывается до конца, операция прерывается и узел отправляется в брак.
3. С использованием ультразвуковых колебаний. Прохождение ультразвука через контролируемый стык зависит от величины удельного давления. Чем оно меньше, тем больше рассеиваются и отражаются в обратном направлении УЗ колебания. Прозвучивание производят по спиральной линии для оценки качества сопряжения по всей поверхности (рис).

Заданное качество соединения при автоматической сборке чаще всего обеспечивается предварительным (100%) контролем размеров сопрягаемых деталей. Этот контроль при массовом характере производства выполняют на контрольно-сортировочных автоматах.

Не редко сборка деталей с натягом осуществляется с тепловым воздействием на сопрягаемые детали. Такую сборку выполняют, нагревая охватывающую или охлаждая охватываемую деталь.

Средства нагрева:

- ванны с кипящей водой;
- масляные ванны (до 130°C);
- туннельно-конвейерные нагревательные устройства (до 250°C);
- индукционные установки (до 350°C);

Средства охлаждения:

- твёрдая углекислота (-78°C) для небольших по массе деталей;
- пары жидкого азота (-190°C);
- воздушные потоки, проходящие через теплообменники специальных рефрижераторных устройств (в камерах должно быть избыточное давление, воздух тщательно осушен).

Сборка с охлаждением не изменяет исходную структуру и физико-механические свойства большинства металлов, однако стальные детали при этом становятся хрупкими (особенно, если есть тонкие стенки, перепад размеров), поэтому гораздо чаще используют нагрев охватывающей детали.

При сборке с тепловым воздействием очень важно уменьшать время переноса нагретой детали на сборочную позицию до минимума.

Точка А соответствует моменту выемки детали из нагревательного устройства, точка В – моменту начала запрессовки.

Температуру нагрева охватывающей детали можно найти из соотношения  $(N+S) \cdot 10^{-3} < \alpha \cdot T_B \cdot d$ ,

- где N – наибольший натяг для данного сопряжения, мкм;  
 S – наибольший зазор при посадке для данного номинального диаметра, мкм;  
 (раз есть зазор, то при выполнении сопряжения обеспечивают сборку без приложения осевой силы);  
 T<sub>B</sub> – температура нагрева, °C;  
 d – номинальный диаметр сопряжения, мм.

$$T_B > \frac{(N + S) \cdot 10^{-3}}{\alpha \cdot d}$$

Зная время перемещения детали из нагревательного устройства на позицию сборки, можно определить температуру в точке А.

$$T_A = T - \frac{T - T_B}{e^{-kt}},$$

где  $T$  – температура окружающего воздуха, °С;  
 $T_B$  – температура начала запрессовки, °С.

Для деталей типа втулок показатель

$$k = \frac{a}{c \cdot \rho} \left( \frac{1}{h} + \frac{1}{l} \right) \frac{100}{3},$$

где  $a$  – коэффициент передачи между втулкой и воздухом, ккал/(м<sup>2</sup>\*°С\*ч);  
 $c$  – теплоёмкость материала втулки, ккал/(кг\*°С);  
 $\rho$  – плотность материала втулки, кг/м<sup>3</sup>;  
 $h$  и  $l$  – толщина стенки и длина втулки, мм.

Если температуры  $T_A$  и  $T_B$  заданы, то

$$t = -\frac{1}{k} \cdot \ln \frac{T - T_B}{T - T_A};$$

$$t_1 = -\frac{1}{k} \cdot \ln \frac{T_{cp} - T_A}{T_{cp} - T},$$

где  $T_{cp}$  – температура нагревающей среды (ванны, печи и т.д.), °С,  
 $T_{нач}$  – начальная температура детали, °С.

Контролировать качество сопряжения по ходу выполнения тепловой сборки затруднительно. Заданное качество обеспечивают тщательным стопроцентным контролем размеров сопрягаемых деталей и точным соблюдением температурных режимов при подготовке сборки.

### Сборка резьбовых соединений

Процесс сборки с использованием резьбовых крепежных деталей состоит из нескольких последовательно выполняемых этапов:

- установка деталей на сборочную позицию;
- взаимная ориентация сопрягаемых деталей;
- подача и ориентация резьбовых крепежных деталей;
- завинчивание резьбовых крепежных деталей.

Последний этап состоит из трех приёмов:

- «наживление» резьбовых деталей;
- завертывание на основную часть резьбы;
- затяжка с заданным моментом.

«Наживление» крепежных деталей – наибольшая сложность при автоматической сборке резьбовых соединений.

Вид резьбового соединения оказывает большое влияние на возможность автоматической сборки. В настоящее время применяют три основных вида: болтовые, винтовые, резьбовыми шпильками.

Болтовые соединения наименее удобны для автоматической сборки, т.к. технологический процесс состоит из большого числа последовательно выполняемых переходов и требует сложного комплекса исполнительных устройств (до 20-ти), работающих в определенной последовательности и с высокой степенью надежности.

Соединения с помощью резьбовых шпилек более технологичны, т.к. процесс автоматической сборки состоит из меньшего числа переходов. Общее количество исполнительных устройств при этом достигает 15-ти.

Наиболее просто автоматизируется сборка винтовых соединений. После установки сопрягаемых деталей в нужное положение происходит подача, «наживление»,

завертывание и затяжка винтов. Использование винтов с потайной конической головкой обеспечивает их хорошее стопорение без применения шайб. Общее число исполнительных устройств при этом обычно не превышает 10-ти. Очень удобны самонарезающие (резьбообразующие) винты. Их можно ставить без шайб, т.к. они обеспечивают хорошее стопорящее действие, а при наличии заборного конуса легко направляются гладким отверстием в начале процесса завертывания.

Некоторое изменение конструкции деталей позволяет облегчить процесс автоматической сборки.

### Соединение заклепками

Такие соединения более технологичны в условиях автоматической сборки, чем соединения резьбовые. Для выполнения клепаных соединений используют более простое и надежно работающее оборудование. Время на выполнение этих соединений сравнительно мало, а качество их более однородно.

Применяют в автоматизированном производстве для получения прочного и герметичного неразборного соединения деталей, полученных главным образом из листового материала.

Когда нежелателен нагрев (сепараторы подшипников, плоские пружины и др.).

- разнородные материалы;
- стандартные заклепки и специальные (пустотелые, трубчатые и др.);
- однородная клепка в труднодоступных местах.

В условиях автоматизации диаметр клепки до 10 мм.

Замыкающая головка образуется ударами и давлением, последняя предпочтительней. (Орбитальный метод клепки).

Подготовка отверстий и прижатие деталей.

Прямой и обратный способ получения замыкающей головки – предпочтительней обратной.

	Прессы	Полуавтоматы	Автоматы
Пробивка отверстий	Вне	Вне	Автоматически
Закладка клепок	Вручную	Автоматически	Автоматически
Обжатие замыкающих головок	На прессе	Автоматически	Автоматически
		Ø до 8 мм, время ≈ 0,5 сек.	

4 этапа процесса автоматической клепки.

1 – установка деталей; 2 – вставка клепок; 3 – осадка головок со сжатием деталей или без него; 4 – удаление собранных изделий.

Схема процесса с одновременной вставкой и расклепыванием всех заклепок.

После установки соединяемых деталей 1 и 2 на фиксирующие штыри 3 приспособления через боковые отверстия 7 труб 6 подаются в ориентированном виде заклепки 5, которые направляются и удерживаются упругими губками 4. на второй стадии процесса штоки 8 проталкивают заклепки в отверстия соединяемых деталей и при дальнейшем опускании штоков происходит сжатие соединяемых деталей в результате осадки упругих опор 9 и образование плоских замыкающих головок клепок при контакте их концов с плитой 10.