

АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРКИ ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Бондарев С.Г., асп.

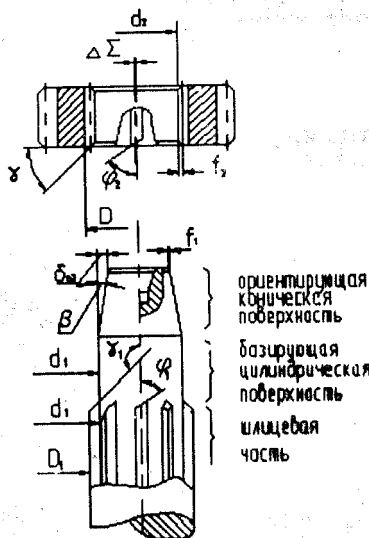
Сборка шлицевых соединений относится к категории наиболее сложных, поскольку в отличие от сборки цилиндрических соединений необходимо создать дополнительное вращение в пределах угла $\alpha = 360/n$,

где n - количество шлицев на валу или присоединительной детали.

Присоединяемая деталь может быть центрирована:

- в прямоточных соединениях по наружной поверхности шлицев, по поверхности впадин или по боковым сторонам шлицев [1];
- в эвольвентных - по наружной поверхности шлицев;
- в треугольных - по боковым поверхностям шлицев.

Центрирование шлицевой пары по внутреннему диаметру считается наиболее перспективным с точки зрения больших скоростей вращения (вертолетные редукторы и т.п.) [2]. Но в настоящее время нет достаточно полной теоретической проработки данного вида соединений для сборки в автоматическом режиме. Одним из показателей экономической эффективности автоматического сборочного оборудования является его простота и одновременно высокая надежность и безотказность сборки данного вида соединений. Для реализации этих требований необходимо ввести конструктивные элементы пары, позволяющие резко поднять собираемость деталей без усложнения технологического оборудования. Такими элементами могут являться три участка шлицевого вала:



Конструктивные элементы шлицевого сопряжения

Присоединяемая деталь также имеет срезы на торце шлицев под углом ϕ_2 .

Процесс автоматизированного соединения шлицевой пары имеет три этапа:

1. Прохождение присоединяемой деталью зоны фасок и кромок шлицевого отверстия присоединяемой детали и ориентирующей части шлицевого вала.
2. Сопряжение цилиндрических поверхностей.

3. Прохождение сбазированной по цилиндрической поверхности присоединяемой детали зоны фасок с последующей реализацией шлицевого соединения.

Как показали теоретические и экспериментальные исследования, автоматическое выполнение соединений по внутреннему диаметру с размерами от 11мм до 112 мм в зависимости от величины зазора $\delta_{c\min}$ между цилиндрическим участком вала и внутренним диаметром шлицевого отверстия присоединяемой детали можно разделить на три группы [3].

- К первой группе относятся соединения, H8/e8:H7/g6:H7/f7, имеющие минимальный зазор $\delta_c \geq 0,03$. Их можно собирать с высокой безотказностью либо под действием веса присоединяемой детали, либо сборочным исполнительным механизмом с направляющим устройством стержневого, пружинного типов и досылателем, осуществляющим принудительную сборку под действием сборочного усилия $P_{сб}$.

- Ко второй группе относятся соединения H7/g6, имеющие минимальный зазор $0,01 \leq \delta_c \leq 0,03$. Для выполнения таких соединений применяют исполнительные сборочные механизмы с устройством направленного поиска, позволяющие создавать дополнительное движение присоединяемой детали. Эти движения автопоиска позволяют не только совмещать сопрягаемые поверхности в начале соединения, но и избегать заклинивания деталей при выполнении сопряжений за счет погрешности формы (овальность, козусность), соизмеримой с величиной зазора.

- К третьей группе относятся соединения H7/h7 с минимальным зазором $\delta_{c\min} \leq 0,01$. Такие соединения применяют в быстроходных редукторах. Для безотказного выполнения таких соединений необходимо применять механизмы с обратной связью (адаптивные), оснащенные датчиками информации о ходе сборочного процесса (о величине усилия сборки или угла наклона присоединяемой детали).

Условием безотказности осуществления первого этапа сборки является выполнение неравенства [3]:

$$\Delta\Sigma \leq \Sigma f + \delta_c/2, \quad (1)$$

где $\Delta\Sigma$ - величина смещения сопрягаемых поверхностей на сборочной позиции перед началом сопряжения;

Σf - сумма катетов и фасок на торцах сопрягаемых поверхностей;

$d_2 - d_1 = \delta_c$ - минимальный зазор в сопряжении.

В свою очередь, $\Delta\Sigma$ зависит от ряда погрешностей [3]:

$$\Delta\Sigma = f(\varepsilon_\delta; \varepsilon'_\delta; \Delta H; \Delta\Phi), \quad (2)$$

где ε_δ и ε'_δ - погрешности базирования сопрягаемых поверхностей базовой и присоединяемой деталей на сборочной позиции;

ΔH - погрешность настройки сборочной автоматической позиции;

$\Delta\Phi$ - погрешность фиксации (позиционирования собираемых деталей на сборочной позиции).

Уровень безотказности выполнения соединений зависит от соотношения правой и левой частей уравнения (1) и характеризуется частным показателем технологичности - коэффициентом совмещения K_c , равным

$$K_c = \left[\frac{\Sigma f + \delta_c/2}{\Sigma f + \delta_c/2 + \Delta\Sigma} - K' \right] K_z K_s, \quad (3)$$

где K' - коэф., учитывающий возможность попадания "грань на грань" торцов шлицев шлицевого вала и присоединяемой детали;

K_z - коэф., учитывающий вибрационный способ;

K_s - коэф., учитывающий наличие смазки на сопрягаемых поверхностях.

Для автоматического выполнения соединения значение K_c должно быть $\geq 0,5$.

Повышать безотказность выполнения соединения можно двумя путями:

- создавать утончение шлицев в их начале, одновременно уменьшив внутренний и наружный диаметры шлицев шлицевого вала;
- уменьшить погрешность положения сопрягаемых поверхностей собираемых деталей $\Delta\Sigma$.

Ряд факторов, определяющих $\Delta\Sigma$, зависит от точности изготовления конструктивных элементов, сборочных автоматических устройств, транспортных систем $\Delta\Phi$, точности настройки ΔH , и поэтому на стадии проектирования собираемого изделия она определена быть не может.

Суммарная погрешность положения сопрягаемых поверхностей $\Delta\Sigma$ на сборочной позиции может быть определена через погрешность базирования.

Производственные исследования существующего автоматического сборочного оборудования позволили установить, что погрешность базирования базовой детали или собираемого изделия составляют

$$\varepsilon_{\delta} = (0,5 - 0,7)\Delta\Sigma.$$

Для соединения с зазором $\delta_{c\min} \geq 0,03$ выполнение условий (1) является необходимым и достаточным для осуществления не только первого, но и второго этапа процесса, т.к. при таких величинах минимальных зазоров заклиниваний присоединяемой детали при выполнении сопряжений не возникает и безотказное выполнение соединения осуществляется простыми по конструкции исполнительными механизмами (как правило досылателем пневматического типа).

Невыполнение условия (1), а также уменьшение минимального зазора в соединении $\delta_{c\min} < 0,03$ требуют применения исполнительных сборочных механизмов специальной конструкции.

При этом затраты на изготовление исполнительных механизмов возрастают, т.к., уже отмечалось, требуют устройства активного поиска (механические, пневматические, электромагнитные и др.) или с обратной связью (адаптивные системы). Увеличение затрат на автоматические сборочные устройства в зависимости от конструкции соединения можно охарактеризовать частным показателем технологичности - коэф. сложности соединения K_{ce} , определяемым по формуле [3]:

$$K_{ce} = C_{уст\min} / C_{уст}, \quad (4)$$

где $C_{уст\min}$ - минимальная стоимость сборочных исполнительного механизма и приспособления;

$C_{уст}$ - стоимость применяемых сборочных исполнительных механизмов и приспособлений.

Значения коэф. K_{ce} для различных зазоров $\delta_{c\min}$ в соединении приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1

Значение коэффициента сложности соединения K_{ce}

$\delta_{c\min}$ (ММ)	$\geq 0,03$	от 0,02 до 0,03	от 0,005 до 0,05
K_{ce}	1	0,25 - 0,5	0,125 - 0,25

Для соединения с зазором $\delta_{c\min} < 0,02$ влияние погрешности формы сопрягаемых поверхностей оценивается частным показателем технологичности - коэф. формы [3]:

$$K_{ф.п} = 1 - \Delta\Phi / \delta_{c\min}, \quad (5)$$

где $\Delta\Phi$ - суммарная погрешность формы сопрягаемых поверхностей.

Для безотказного выполнения соединения $\Delta\Phi$ не должна превышать $(0,4 - 0,5)\delta_{c\min}$.

Нормативные (минимально допустимые) частные показатели технологичности $K_{ин}$, определенные из условий безотказности сборочного процесса и затрат на сборочные устройства и коэф. экономической эквивалентности, приведены в табл. 2.

Min зазор	K_{CH}	K_{C3}	K_{CCH}	K_{CC3}	$K_{\Phi\Pi\kappa}$	$K_{\Phi\Pi\gamma}$
$\delta_c \geq 0,03$	0,6	1				
$0,01 \leq \delta_c \leq 0,03$	0,2	0,2	0,15-0,5	0,8		
$\delta_c \leq 0,01$	0,2	0,1	0,1	0,3	0,7	0,6

При зазоре в сопряжении $\delta_{c \min} \geq 0,03$ сила запрессовки P присоединяемой детали будет равна [4]:

$$P = \frac{F}{\operatorname{tg}(\varphi_1 + \alpha_2) + \operatorname{tg} \alpha_3},$$

где F - сила, направленная на проворот присоединяемой детали;

α_2 - угол трения наклонной плоскости;

α_3 - угол трения между толкателем и присоединяемой деталью.

В случае обеспечения толкателя вращательным движением, исключив трение между толкателем и присоединяемой деталью,

$$\operatorname{tg} \alpha_3 = 0.$$

Момент поворота присоединяемой детали вокруг шлицевого вала в пределах угла α равен

$$M_{kp} = F \cdot L,$$

где L - радиус от продольной оси симметрии до середины шлицев.

$$M_{kp} = P \cdot L \cdot \operatorname{tg}(\alpha_2 + \varphi_1) + \operatorname{tg} \alpha_3.$$

Углы $\varphi_1 = \varphi_2$ оказывают большое влияние на гарантированный момент поворота M_{kp} . Экспериментально установлено, что углы $\varphi_1 = \varphi_2 = 45^\circ$. Эта величина является наиболее приемлемой, поскольку обеспечивается безотказная сборка пары, и срезы не ослабляют периферийные части шлицев.

Вывод: разработка рациональных конструкций для сборки шлицевых соединений позволит не только автоматизировать сборочный процесс, но и повысить безотказность технологического процесса, улучшить качество сборки.

SUMMARY

The article contains main principles of increase of reliability in an automatic assembly of slotting connections with alignment on an internal diameter. Connections with fits of three types are considered and main mathematical dependences reflecting the opportunity of connection are given.

A variant of the technical decision of on assembly of slotting connections in an automatic mode is adduced.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 1139-80. Соединения шлицевые прямобочные. Размеры и допуски.
- Заявка № 4019119, ФРГ, МКИ, F16D 1/06. Заявлено 12.06.90г. Опубликовано 02.01.92г.
- Научные основы автоматизации сборки / Под редакцией д-ра техн.наук М.П.Новикова.- М.:Машиностроение, 1976.- 322с.
- Краткий справочник металлиста / Под редакцией проф. д-ра техн.наук А.Н.Малова.- М.:Машиностроение, 1969.- 630с.

Поступила в редколлегию 29 марта 1995г.