

УДК 621.813

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ШПОНОЧНЫХ И ШЛИЦЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Андрей Алексеевич Хохлов

студент

garlic142@gmail.com

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. При соединении различных деталей для создания плотного сопряжения и обеспечения высокого центрирования применяют шпоночные и шлицевые соединения. У обоих вариантов есть свои разновидности и области применения, имеются преимущества и недостатки. Статья направлена на изучение особенностей и характеристик данных разъемных соединений деталей.

Ключевые слова: шпоночное соединение, шлицевое соединение, центрирование, машиностроение, крутящий момент, деталь, механизм, шпонка, зубья.

Любая машина, двигатель, установка или станок имеют огромное количество различных деталей. Для любой конкретной области применения используют разного рода соединения, которые, в свою очередь, разделяются на следующие виды: разъёмные и неразъёмные [1].

Разъёмные соединения могут многократно разбираться и собираться, что делает их применение удобным и практичным. Но в ту же очередь разъёмные соединения менее прочные, чем неразъёмные.

У неразъёмных соединений нет возможности многократного применения, так как разделение деталей происходит за счет их разрушения.

Классификация неразъёмных и разъёмных соединений представлена в таблице 1.

Таблица 1

Виды соединений.

Виды соединений	
Разъёмные	Неразъёмные
1. Резьбовое	1. Сварка
2. Шпоночное	2. Пайка
3. Шлицевое	3. Клеевое
4. Штифтовое	4. Соединения с натягом
5. Клиновое	5. Заклепочные

Для соединений и сопряжений элементов машин большое распространение имеют детали вращения, к работе и точности сборки которых предъявляются особые требования. Поэтому в этой статье речь пойдет о шпоночных и шлицевых соединениях, как наиболее распространенных в автомобилях и различной технике.

Шпоночные соединения являются одними из самых распространённых разъёмных соединений используемых в машиностроении. Они применяются для соединения между собой двух деталей. Обычно это соединения являются:

- вал-ступица;
- вал-звездочка или шкив;
- вал-зубчатое колесо.

Помимо этого шпонки способны передавать вращательную нагрузку или крутящий момент, необходимую для работы механизма. Для того, чтобы передать нагрузку с вала другим деталям в него устанавливают прямоугольный брус - шпонку. Также шпонку используют для предотвращения относительного смещения между собой. Другим примером применения шпонок может послужить защита от разрушения (перерезания) болтов, выполняющих работу по стягиванию деталей [1].

Для того чтобы шпонка оставалась на своем месте, на валу делают проточку концевой фрезой, а затем в паз закладывают шпонку. Таким образом, шпонка фиксируется от относительного движения. Затем во втулке делают протяжку (рисунок 1), чтобы ее можно было посадить на вал.

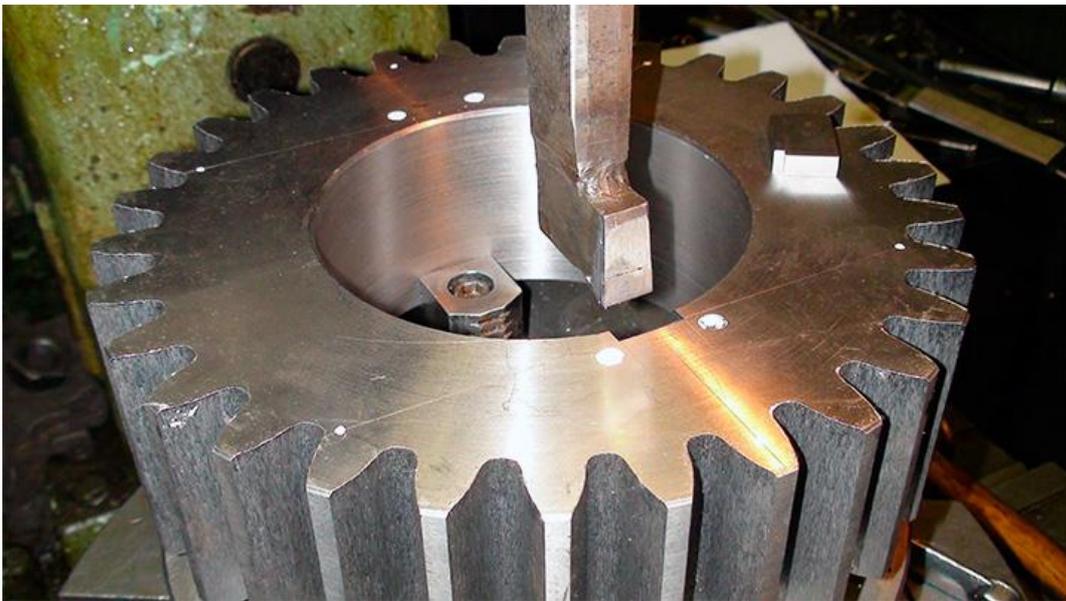


Рисунок 1 – Протягивание втулки.

По форме шпонки бывают призматические, сегментные, клиновые тангенциальные и цилиндрические. Они показаны на рисунке 2.



Рисунок 2 – Классификация шпонок по форме.

Призматическая шпонка выполняет работу по передаче крутящего момента боковыми гранями, а клиновидная работает по принципу сил трения, возникающих на верхних и нижних гранях. В большинстве случаев используют три вида шпонок, другие встречаются гораздо реже.

Примером редко встречаемых шпонок служат специальные шпонки. По форме специальные шпонки бывают: многогранные; трапецеидальные; ромбовидные; гребенчатые; круглые и полукруглые; Т-образные шпонки; с увеличенной толщиной.

Гребенчатые шпонки используют в тех случаях, когда втулка термически не закалена или выполнена из мягких материалов. У круглых, многогранных или трапецеидальных шпонок сила прижатия равна силе нагрузки (передаваемому крутящему моменту).

По характеру передаваемой нагрузки шпонки разделяют на напряженные – это те шпонки, которые не только передают крутящий момент, но и способны нести осевую нагрузку. Несомненным примером являются клиновые шпонки или штифты, которые устанавливают с натягом. И ненапряженные – призматически и сегментные. Самым эффективным вариантом ненапряженных шпонок выступают соединения с посадкой ступицы на вал с гарантированным

натягом. Важно отметить, что этот способ обеспечивает высокую надежность соединяемых деталей и отличное центрирование [2, 4].

Размеры поперечных сечений шпонок и пазов стандартизованы. Выбор соответствующей шпонки выполняется относительно вала соединения.

При посадке шпонки в паз необходимо убедиться в правильности бокового зазора. Для этой цели применяют щуп. После чего насаживают охватываемую деталь, например шкив, и сверяют с таблицей 2 наличие радиального зазора.

Таблица 2

Значение радиального зазора для призматических шпонок.

Диаметр вала, мм	Радиальный зазор, мм
>90	0,3
90-170	0,4
<170	0,5

Изготавливают шпонки из конструкционной стали Ст.45, Ст.50, иногда для получения большей прочности их подвергают термической обработке Ст.40Х.

Не менее важным условием для шпонок является недопустимость установки дополнительных прокладок в канавки для обеспечения плотности соединения. Перед постановкой шпонки в паз, канавку смазывают маслом.

Бывают ситуации, когда шпонка сильно перегружена и тогда ее заменяют шипом. Шип выполняют протяжкой на валу или втулке. Из минусов сравнительно меньшая прочность со шлицами и высокая стоимость изготовления. Поэтому когда нагрузка слишком велика для шпонки, применяют шлицевое соединение.

Шлицевое соединение представляет собой усиленную версию шпоночного соединения. На валу с помощью фрезерования, проточки или накатом формируют рабочие поверхности вала – зубья. Для образования соединения в отверстиях ступицы делают пазы, посредством протягивания или долбления.

Шлицевые соединения, так же как и шпоночные бывают подвижные – возможность перемещения детали вдоль вала и неподвижные.

Форма выступов зубьев показана на рисунке 3.

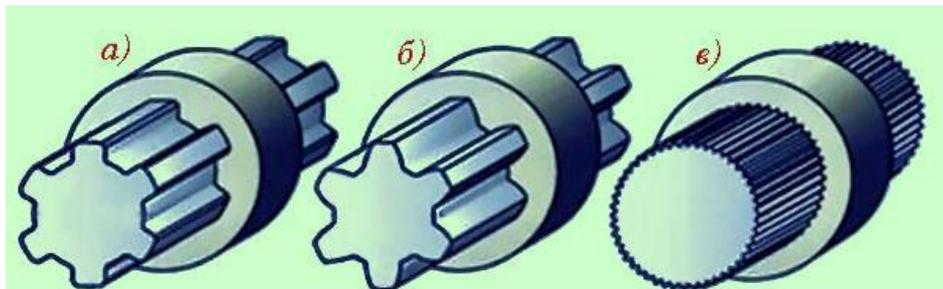


Рисунок 3 – Форма выступов зубьев шлицевого соединения:

а) прямоугольное; б) эвольвентное; в) треугольное.

Наибольшее распространение получила прямоугольная форма зуба – 60-70%. У эвольвентного зуба больше нагрузочная способность, а треугольная форма используется в неподвижных соединениях, где небольшой передающий момент [5].

В соответствии с источником [3], центрирование по наружному диаметру рекомендуется, когда втулка термически не обрабатывается и при ее изготовлении применяется притягивание. Этот способ наиболее простой и экономичный. Центрирование по внутреннему диаметру целесообразно применять, когда втулка имеет высокую твердость [3]. Этот метод обеспечивает высокую точность центрирования. Центрирование по боковым сторонам зубьев не обеспечивает точного центрирования втулки и вала, но дает наиболее равномерное распределение нагрузки между зубьями. Этот метод рекомендуется применять при передаче больших крутящих моментов и при реверсивных нагрузках [3].

Виды центрирований показаны на рисунке 4.

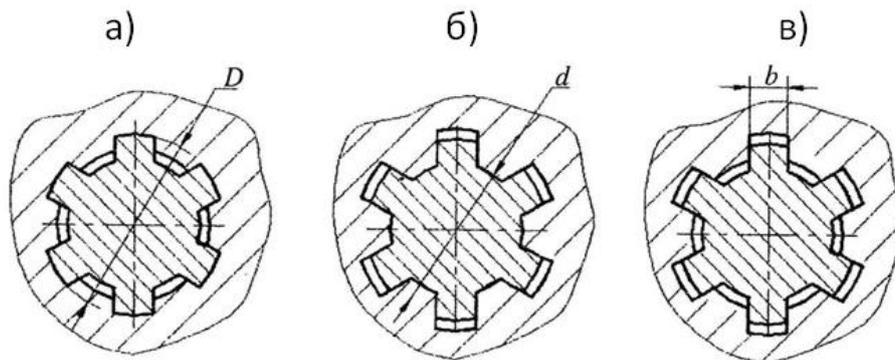


Рисунок 4 – Виды центрированных шлицевых соединений:

а) по наружному диаметру; б) по внутреннему диаметру; в) по боковым сторонам зубьев.

У подвижных шлицевых соединений проще сборка и посадка выбирается с зазором. Процесс сборки происходит от руки при помощи смазки. Для обеспечения неподвижного шлицевого соединения выбирают посадки с натягом, либо же переходные. В этом случае вал подвергают охлаждению, либо втулку нагреву. Жёсткие шлицевые соединения после сборки проверяют на биения, а подвижные – на равномерность проворачивания относительно неподвижного вала в четырёх диаметральных сечениях.

При износе зубьев вала деталь подлежит замене, но встречаются случаи, когда зубья ремонтируют. Примерами служат ответственные узлы, в которых деталь выполняется путем сложных технологических операций [6].

Ремонт детали выполняют путем раздачи зубьев. Выполняют работу на токарных станках с помощью резцов, также этот процесс можно выполнить вручную зубилом, но процесс будет более энергозатратным и малоэффективным. Сначала проходят токарным резцом, добиваясь номинальной ширины шлица с припуском 0,1-0,2 мм. Затем вдоль изношенного зуба проводят по одной продольной риске и проходят резцом, либо зубилом, таким образом, получается канавка. Далее канавку раздают специальным инструментом – чеканом (рисунок 5).

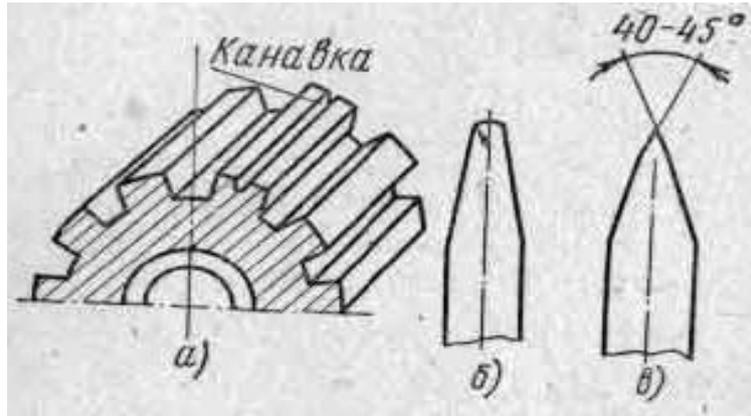


Рисунок 5 – Ремонт шлицев раздачей: а) Канавка, после проходки резцом или зубилом; б) чекан; в) зубило с углом режущей кромки не более 40-45°

Последующий ремонт выполняют с помощью сварки, заваривая канавку, и подвергая вал механической обработке с закаливанием [6,7].

Похожий процесс обстоит с ремонтом втулки. Для этого применяют прошивку, которую продавливают через шлицевое отверстие, а затем калибруют шлицевой протяжкой.

Шлицевые соединения, так же как и шпоночные, стандартизованы.

Проведя сравнение шпоночных и шлицевых соединений, мы свели результаты в таблицу 3.

Таблица 3

Сравнение шпоночных и шлицевых соединений.

Критерии	Шпоночное соединение	Шлицевое соединение
Нагрузочная способность	Невысокая, вследствие нагрузки на одну шпонку	Высокая, нагрузка распределяется равномерно между всеми зубьями шлица
Сложность изготовления	Простота конструкции	Необходимость в оснащении высокотехнологичными станками
Центрирование деталей	Низкая, по сравнению со шлицевым соединением точность центрирования	Более точное центрирование между сопрягаемыми деталями
Концентрация напряжений	Ослабление вала, вследствие проточки под паз шпонки. Концентрация напряжений в одном месте (шпонка)	Равномерное распределение напряжений по всей поверхности вала. Большой передаваемый момент
Стоимость изготовления	Низкая	Высокая, так как требуется изготовить более сложную конструкцию
Число деталей соединения	3 – шпонка, вал, втулка. Снижение нагрузочной	2 – вал и втулка. Передаваемая нагрузка

	способности из-за третьей детали	выше
Взаимозаменяемость	Обеспечивается	Обеспечивается

Учитывая проведенный анализ, применение шпоночных и шлицевых соединений в машиностроении носит переменный характер. Выделить однозначное превосходство одного из соединений невозможно. Шпонки применяются в тех случаях, когда соединение не подвергается большим нагрузкам или не требуется высокий крутящий момент. Шлицевые соединения дорогостоящие и применение их в слабонагруженных узлах, где не требуется высокое центрирование, нецелесообразно. Необходимо соблюдать баланс между стоимостью изготовления и условиями работы, так как это напрямую влияет не только на функциональность механизма, но и на финансовую составляющую предприятия.

Список литературы:

1. Дианов Х.А., Ефремов Н.Г., Мицкевич В.Г. Детали машин. М. 2007.
2. Тенденции развития инженерного обеспечения в сельском хозяйстве / Завражнов А.И., Бобрович Л.В., Ведищев С.М., Гордеев А.С., Завражнов А.А., Ланцев В.Ю., Манаенков К. А., Михеев Н.В., Соловьев С.В., Федоренко В.Ф., Щербаков С.Ю. // Санкт-Петербург: Лань. 2021. С. 333.
3. Взаимозаменяемость и нормирование точности: учебное пособие / Манаенков К.А., Хатунцев В.В., Астапов С.Ю., Астапов А.Ю. // Мичуринск. 2013. С. 74.
4. ГОСТ 23360–78. Шпонки призматические. Размеры, допуски и посадки. Москва. 1979.
5. ГОСТ 1139–80. Соединения шлицевые прямобоочные. Размеры и допуски. Москва. 2005.
6. Суворов С.Г. Машиностроительное черчение в вопросах и ответах. Машиностроение. Москва. 1984.

7. Дьячков С.В., Бахарев А.А., Урюпин А.А. Применение системы компас-3d для решения научных задач в агроинженерии // Наука и Образование. 2019. Т. 2. № 2.

UDC 621.813

ON THE ISSUE OF APPLICATION OF KEYED AND SPLINED CONNECTIONS IN MECHANICAL ENGINEERING

Andrey Al. Khokhlov

student

garlic142@gmail.com

Mikhail S. Koldin

candidate of technical sciences, associate professor

koldinms@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. When connecting various parts to create a tight connection and ensure high centering, keyed and splined connections are used. Both options have their varieties, advantages and disadvantages, as well as areas of application. The article is aimed at studying the features of the detachable connections described above.

Keywords: keyed connection, splined connection, centering, mechanical engineering, torque, part, mechanism, key, teeth.

Статья поступила в редакцию 11.11.2024; одобрена после рецензирования 20.12.2024; принята к публикации 25.12.2024.

The article was submitted 11.11.2024; approved after reviewing 20.12.2024; accepted for publication 25.12.2024.