Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е. В. БАЯНОВ, А. В. ДЕНИСЕНКО

СОЕДИНЕНИЯ ПАЙКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

Утверждено
Редакционно-издательским советом
университета в качестве учебного пособия

НОВОСИБИРСК
2025

УДК 621.79:744(075.8)
Б345

Рецензенты:
д-р техн. наук, профессор *В. Г. Буров*
канд. техн. наук, доцент *А. С. Верещагина*

Работа подготовлена на кафедре инженерной графики НГТУ для студентов, изучающих курс инженерной графики в технических вузах

Баянов Е. В.

Б345 Соединения пайкой и склеиванием : учебное пособие / Е. В. Баянов, А. В. Денисенко. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2025. – 76 с.

ISBN 978-5-7782-5417-6

Рассматриваются технологические особенности основных видов неразъемных соединений деталей пайкой и склеиванием. Подробно изложены требования к чертежам. Приведены варианты учебных заданий по разработке конструкторских документов для изделий, полученных пайкой и склеиванием, и примеры их выполнения.

Пособие предназначено для сопровождения учебного процесса по инженерной графике для студентов технических специальностей.

УДК 621.79:744(075.8)

Баянов Евгений Викторович
Денисенко Анна Владимировна

СОЕДИНЕНИЯ ПАЙКОЙ И СКЛЕИВАНИЕМ

Учебное пособие

Редактор *Е.М. Федяева*
Выпускающий редактор *И.П. Брованова*
Дизайн обложки *А.В. Ладыжская*
Компьютерная верстка *Н.В. Гаврилова*

Подписано в печать 15.05.2025. Формат 70×100 1/16. Бумага офсетная. Тираж 100 экз.
Уч.-изд. л. 6,12. Печ. л. 4,75. Изд. № 195/24. Заказ № 137. Цена договорная

Отпечатано в типографии
Новосибирского государственного технического университета
630073, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20

ISBN 978-5-7782-5417-6

© Баянов Е. В., Денисенко А. В., 2025
© Новосибирский государственный технический университет, 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЙКОЙ 4

1.1. Технологические процессы пайки 5
1.2. Типовые конструкции паяных соединений 8
1.3. Условные изображения и обозначения паяных швов на сборочном чертеже 10
1.3.1. Обозначение припоя 11
1.3.2. Выбор припоя 12

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СКЛЕИВАНИЕМ 15

2.1. Технологические процессы склеивания 15
2.1.1. Области применения клеев 15
2.1.2. Преимущества склеивания 16
2.1.3. Недостатки склеивания 17
2.2. Конструирование клеевых соединений 18
2.2.1. Типы клеевых соединений 19
2.2.2. Выбор клея 22
2.3. Условные изображения и обозначения клеевых швов на сборочном чертеже 25

3. ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖАМ 26

3.1. Состав и обозначение конструкторских документов 26
3.2. Выполнение сборочного чертежа 28
3.3. Построение изображений: виды, разрезы и сечения 28
3.3.1. Правила построения видов изображения 29
3.3.2. Правила построения разрезов и сечений изображения 30

3.4. Нанесение размеров на сборочном чертеже....31
3.5. Нанесение номеров позиций на сборочном чертеже....32
3.6. Заполнение основной надписи и технических требований на сборочном чертеже....33
3.7. Выполнение спецификации к сборочному чертежу....34
3.8. Примеры выполнения задания....36
3.8.1. Оформление КД паяного соединения деталей....36
3.8.2. Оформление КД клеевого соединения деталей....44
3.9. Чертежи деталей....45
4. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА....51
Задание 1. Создание сборочной единицы с соединением деталей пайкой....51
Задание 2. Создание сборочной единицы с соединением деталей склеиванием....62
Заключение....73
Библиографический список....74

1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПАЙКОЙ

Изготовляемые промышленностью машины, станки, приборы и аппараты состоят из деталей, которые соединяются между собой различными способами. Соединение деталей обеспечивает их определенное взаимное положение в процессе работы. Соединения классифицируют по целостности и подвижности составных частей и методам образования соединений (рис. 1).

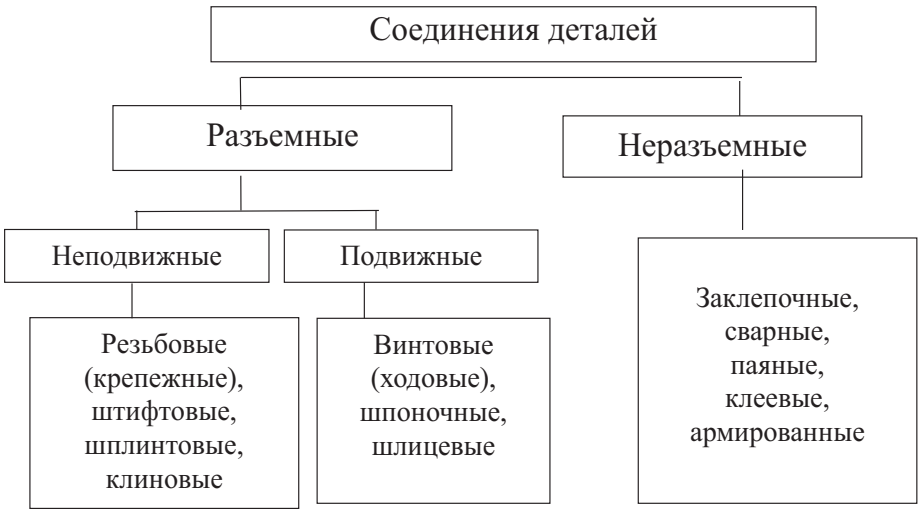

Рис. 1

К разъемным относят соединения, допускающие разборку и повторную сборку соединяемых деталей без разрушения и повреждения (например, резьбовые и болтовые соединения).

К неразъемным относят соединения деталей с жесткой механической связью, сохраняющейся в течение всего срока службы изделия. Разборка таких сборочных единиц невозможна без разрушения или повреждения самих дета-

лей или связывающих их элементов. К неразъемным можно отнести, например, соединения деталей сваркой, заклепками, пайкой, склеиванием и т. д. В сварных, паяных и клеевых соединениях соединительным элементом является сварной, паяный или клеевой шов. Для их выполнения предварительно необходимы операции обработки кромок, а также механической и химической очистки соединяемых поверхностей в зоне соединительного шва.

1.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ПАЙКИ

Соединения деталей пайкой находят широкое применение в машиностроении, приборостроении и электротехнике.

Пайка – технологический процесс получения неразъемных соединений из металлов и сплавов в результате расплавления припоя, смачивания и растекания его по поверхности металла и заполнения зазора между соединяемыми заготовками с последующим затвердеванием. На практике встречается пайка деталей или заготовок из самых разнообразных материалов, в том числе и жаростойких: титана, алюминия, медных сплавов, тугоплавких металлов. Пайку осуществляют с целью создания механически прочного (иногда герметичного) шва или для получения электрического контакта с малым переходным сопротивлением. При пайке мест соединения припой нагревают выше температуры его плавления. Процесс образования непрерывной и прочной межатомной связи между соединяемыми деталями происходит без расплавления их кромок.

Припой – металл или сплав, который в расплавленном состоянии служит для соединения деталей, поэтому припой должен иметь более низкую температуру плавления, чем соединяемые металлы. Припои выпускаются в виде гранул, прутков, проволоки, порошка, фольги, паст и закладных деталей.

Лужение – процесс покрытия металлических поверхностей оловом или специальным сплавом на оловянной основе.

Так как припой имеет температуру плавления ниже, чем температура плавления металла (или металлов), из которого(-ых) изготовлены соединяемые детали, то он плавится, в то время как металл деталей остается твердым. На границе соприкосновения расплавленного припоя и твердого металла происходят различные физико-химические процессы. Припой смачивает металл, растекается по нему и заполняет зазоры между соединяемыми деталями. При этом компоненты припоя диффундируют в основной металл. Основной металл растворяется в припое, в результате чего образуется промежуточная прослойка, которая после застывания соединяет детали в одно целое.

Выбирают припой с учетом физико-химических свойств соединяемых металлов (например, по температуре плавления), требуемой механической проч-

ности спая, его коррозионной устойчивости и стоимости. При пайке токоведущих частей необходимо учитывать удельную проводимость припоя.

Увеличению степени диффузии способствует:

- наличие чистых металлических поверхностей спаиваемых деталей (при окисленной поверхности степень диффузии припоя значительно уменьшается или полностью отсутствует);
- предотвращение окисления расплавленного припоя в процессе пайки, для чего применяются соответствующие паяльные флюсы;
- паяние при температуре, близкой к температуре плавления спаиваемой детали, и медленное охлаждение после паяния (в горячих песке или углях).

По условиям заполнения зазора между соединяемыми деталями различают два способа пайки:

1) капиллярный – зазор заполняется припоем под действием капиллярных сил;
2) некапиллярный – зазор заполняется припоем под действием силы тяжести или внешнего давления

Различают паяние легкоплавкими (мягкими) и тугоплавкими (твердыми) припоями (табл. 1). Легкоплавкие припои имеют температуру плавления до 450 °С и незначительную механическую прочность. В состав легкоплавких припоев входят олово и свинец. Тугоплавкие припои имеют температуру плавления выше 450 °С. Такими припоями можно получить прочность паяного соединения, близкую к прочности основного металла соединяемых деталей. Тугоплавкие припои состоят из сплава меди, цинка, серебра, никеля, железа, кадмия и других металлов. Припой в процессе паяния в результате смачивания образует с поверхностью спаиваемой детали зону промежуточного сплава, причем качество паяния в таком случае при наличии чистых металлических поверхностей будет зависеть от скорости растворения данного металла в припое: чем скорость растворения больше, тем качество пайки лучше. Иначе говоря, качество паяния зависит от скорости диффузии.

Таблица 1

Классификация припоев (ГОСТ 19248–90)

Признак	Виды припоев
По степени плавления при пайке	1. Расплавляемые. 2. Частично расплавляемые, в том числе композиционные (применяемые при металлокерамической пайке)
По температуре расплавления	1. Припои для низкотемпературной (мягкой) пайки с температурой плавления не более 450 °С: а) особо легкоплавкие (до 145 °С); б) легкоплавкие (145…450 °С).

Окончание табл. 1

Признак	Виды припоев
	2. Припои для высокотемпературной (твердой) пайки с температурой плавления более 450 °С: а) среднеплавкие (450…1100 °С); б) высокоплавкие (1100…1850 °С); в) тугоплавкие (>1850 °С)
По способу изготовления	Литые, тянутые, катаные, прессованные, измельченные, спеченные, штампованные, плакированные, многослойные
По основному компоненту	Галлиевые, индиевые, висмутовые, оловянно-свинцовые, оловянные, кадмиевые, свинцовые, цинковые, алюминиевые, германиевые, магниевые, серебряные, медно-цинковые (латунные), медные, кобальтовые, никелевые, марганцевые, золотые, палладиевые, платиновые, титановые, железные, циркониевые, ниобиевые, молибденовые, ванадиевые

К мягким припоям относятся оловянно-свинцовые сплавы (ПОС) с содержанием олова от 10 % (ПОС-10) до 90 % (ПОС-90), остальное – свинец. Электропроводность этих припоев составляет 9–15 % электропроводности чистой меди. Кроме этих составов в качестве мягких припоев используются также:

- сурьмянистые припои (ПОССу), применяемые при пайке оцинкованных и цинковых изделий и при повышенных требованиях к прочности паяного соединения;
- оловянно-свинцово-кадмиевые (ПОСК) – для пайки деталей, чувствительных к перегреву, и пайки выводов к конденсаторам и пьезокерамике;
- оловянно-цинковые (ОЦ) – для пайки алюминия;
- бессвинцовые припои, содержащие, наряду с оловом, медь, серебро, висмут и другие металлы.

Бессвинцовый припой не содержит в своем составе свинец. Обычно понятие «бессвинцовый» используется в смысле исключения свинца из производства для решения проблем экологии и охраны труда. Простейший бессвинцовый припой – чистое олово.

Наиболее распространенными твердыми припоями являются медно-цинковые (ПМЦ) и серебряные (ПСр) с различными добавками (например, медно-цинковый припой ПМЦ-36, имеющий состав 36 % Cu и 64 % Zn).

Широко применяются медно-фосфористые припои, к которым относятся сплавы меди, олова с добавками фосфора. Такие припои применяются при пайке меди, медных сплавов, серебра, чугуна и твердых сплавов.