

## Лекция 6

# ЗАКЛЁПОЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ

### План лекции:

1. Конструкция технология, классификация, области применение заклепочных соединений.
2. Расчет на прочность заклепочных швов.
3. Материалы заклепок, определение допускаемых напряжений.

# 1. Конструкция технология, классификация, области применения заклепочных соединений

## Заклепочное соединение неразъемное

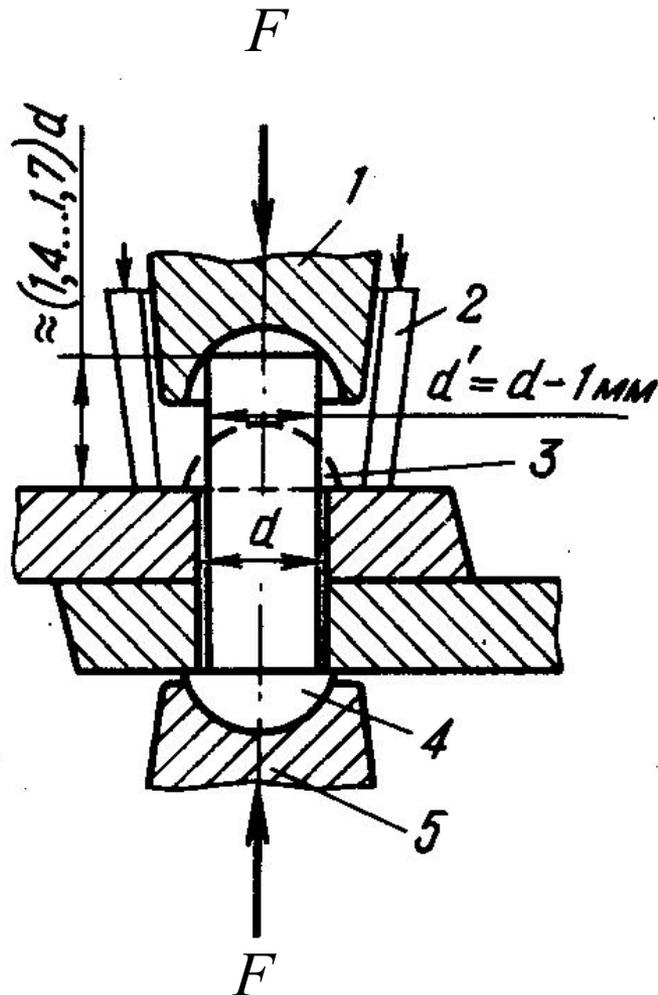


Рис. 2.1

В большинстве случаев его применяют для соединения листов и фасонных прокатных профилей. Соединение образуют расклепыванием стержня заклепки, вставленной в отверстие деталей (рис. 2.1, где 1 – обжимка; 2 – прижим при машинной клепке; 3 – замыкающая головка; 4 – закладная головка; 5 – поддержка)

При расклепывании вследствие **пластических деформаций** образуется замыкающая головка, а стержень заклепки **заполняет зазор в отверстии.**

Силы, вызванные упругими деформациями деталей и стержня заклепки, стягивают детали.

Относительному сдвигу деталей оказывают сопротивление стержни заклепок и частично силы трения в стыке.

Отверстия в деталях **продавливают** или **сверлят**. **Сверление менее производительно**, но обеспечивает **повышенную прочность.**

При продавливании листы деформируются, по краям отверстия появляются **мелкие трещины**, а на выходной стороне отверстия образуется **острая кромка**, которая может вызвать подрез стержня заклепки. Поэтому продавливание иногда сочетают с **последующим рассверливанием**.

Клепку (**осаживание стержня**) можно производить **вручную** или **машинным** (**пневматическими молотками, прессами и т. п.**) способом.

**Машинная клепка** дает соединения повышенного качества, так как она **обеспечивает однородность посадки заклепок** и увеличивает силы сжатия деталей. **Стальные заклепки малого диаметра (до 10 мм) и заклепки из цветных металлов ставят без нагрева - холодная клепка.**

Стальные заклепки диаметром **больше 10 мм ставят горячим способом - горячая клепка.**

**Нагрев заклепок** перед постановкой облегчает **процесс клепки** и **повышает качество соединения** (достигаются лучшее заполнение отверстия и повышенный натяг в стыке деталей, связанный с тепловыми деформациями при остывании).

В зависимости от конструкции соединения применяют **различные типы** заклепок, **геометрические размеры которых стандартизованы.**

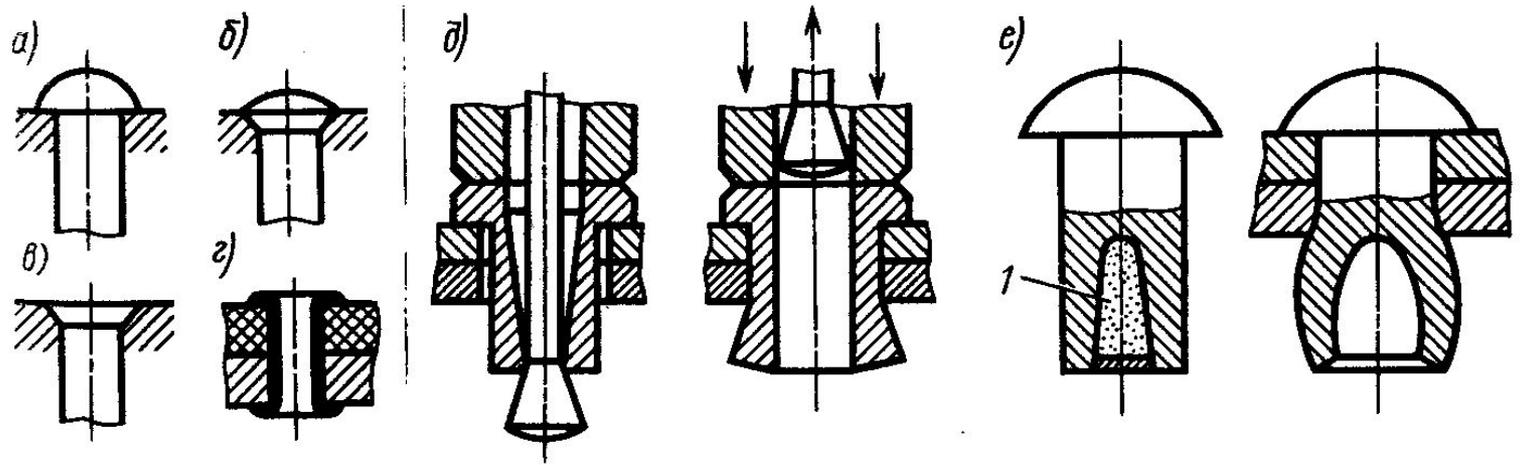


Рис. 2.2

Основные типы заклепок изображены на **рис. 2.2.**

**a** — с полукруглой головкой;

**б** — полупотайная;

**в** — потайная;

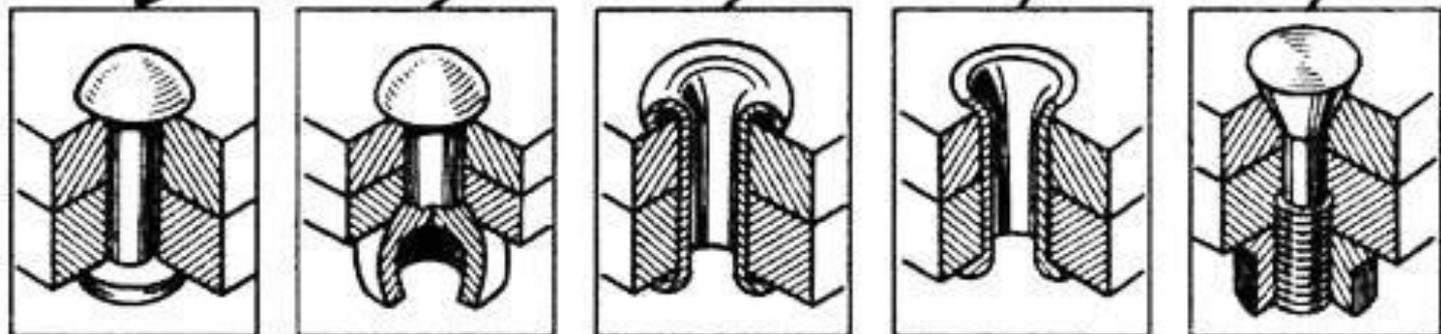
**г** — трубчатая.

Если нет доступа к замыкающей головке (например, пустотелое крыло самолета), то применяют заклепки для односторонней клепки. Например, на **рис. 2.2, д** замыкающая головка образуется при протягивании конической оправки через коническое отверстие заклепки и на **рис. 2.2, е** – взрывом заряда *1*.

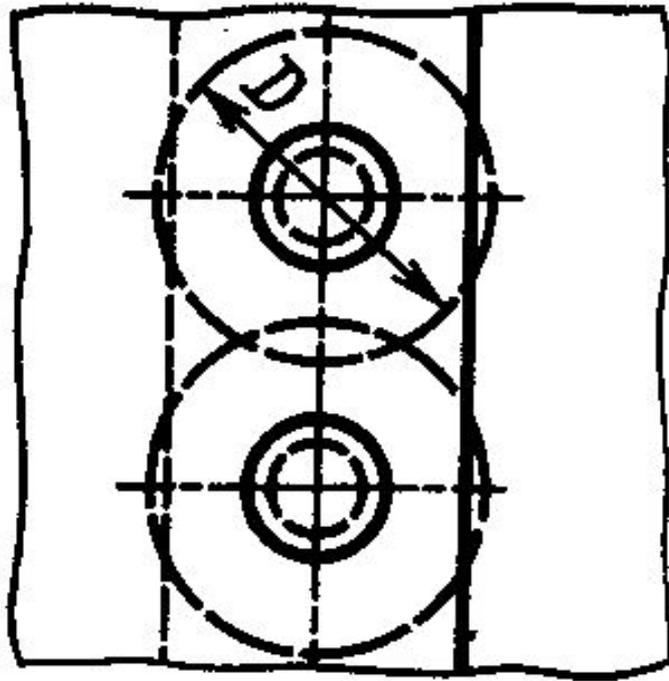
**По назначению** заклепочные соединения разделяют на **прочные** (в металлоконструкциях); **прочноплотные** (в котлах и резервуарах с высоким давлением); **плотные** (в резервуарах с небольшим внутренним давлением).

# ЗАКЛЕПКИ

до соединения



Каждая заклепка имеет свою зону действия  $D$  (рис. 2.3), на которую распространяются деформации **сжатия в стыке деталей**.

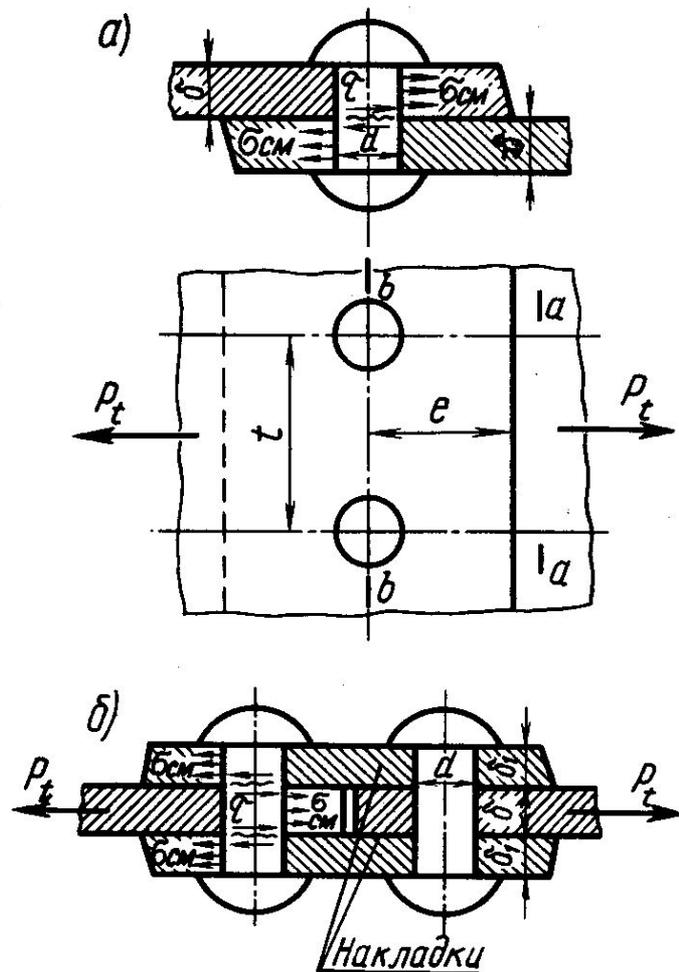


Если зоны действия соседних заклепок пересекаются, то соединение **будет плотным**.

Для обеспечения плотности шва иногда выполняют чеканку (пластическое деформирование листов, например, пневматическими молотками) вокруг заклепок и по кромкам листов.

Рис. 2.3

**По конструктивному признаку** различают заклепочные соединения **внахлестку** и **встык**, **однорядные** и **многорядные**, **односрезные** и **многосрезные**.



На рис. 2.4:

**a** — однорядный односрезный шов внахлестку;

**б** — однорядный двухсрезный шов встык с двумя накладками.

Рис. 2.4



Заклепочные соединения применяют для деталей, материал которых плохо сваривается, и в тех конструкциях, где важно растянуть во времени развитие процесса разрушения.

Например, разрушение одной или нескольких из тысяч заклепок крыла самолета еще не приводит к его разрушению, но уже может быть обнаружено и устранено при контроле и ремонте.

**В сварных соединениях** образование трещин сопровождается **высокой концентрацией напряжений**, что приводит к **ускорению процесса разрушения**.

## **2.2. Расчет на прочность элементов заклепочного шва**

Условия нагружения заклепок подобны условиям нагружения болтов, поставленных без зазора (**ср. рис. 2.4 и 1.21**). Поэтому для заклепок остаются справедливыми расчетные формулы **(1.21) и (1.22)**, которые определяют прочность по напряжениям среза  $\tau$  и смятия  $\sigma_{см}$ .

При расчетах заклепочных соединений, нагруженных силой в плоскости стыка, допускают, что нагрузка распространяется равномерно между всеми заклепками шва, силы трения в стыке не учитывают.

На основные размеры заклепочных соединений выработаны нормы, которые рекомендуют выбирать  $d$ ,  $t$ ,  $e$  и  $\delta_1$  зависимости от **толщины листов  $\delta$**  или размеров прокатного профиля. При этом расчет приобретает проверочный характер.

Ниже рассмотрены некоторые особенности конструкции и расчета заклепочных соединений. В соединениях широких листов (рис. 2.4) за расчетную нагрузку принимают силу  $F_t$  действующую на фронте одного шага  $t$ . При этом значение  $F_t$  обычно определяют по напряжениям растяжения  $\sigma'$  в сечении листа  $a - a$ , не ослабленном отверстиями под заклепки. Напряжение  $\sigma'$  полагают известным из основных расчетов конструкции (расчет прочности стенок котла, резервуара и т. п.):

$$F_t = \sigma' t \delta$$

Прочность листа в сечении  $b - b$

$$\sigma = F_t / [(t - d) \delta] \leq [\sigma]$$

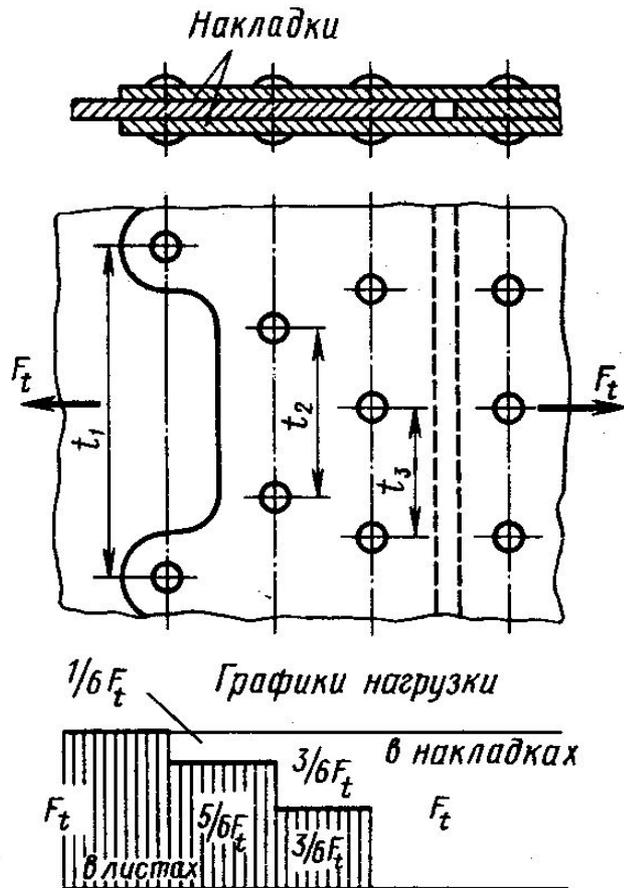
Отношение

$$\sigma' / \sigma = (t - d) / t = \varphi$$

называют коэффициентом прочности заклепочного шва.

Значение  $\varphi$  показывает, как уменьшается прочность листов при соединении заклепками. Например, для однорядного односрезного шва (рис. 2.4,а) при стандартных размерах  $\varphi = 0,65$ , т. е. образование заклепочного соединения уменьшает прочность листов на 35%.

Понижение прочности деталей – одна из главных отрицательных характеристик заклепочного соединения. Для увеличения значений  $\varphi$  применяют многорядные и многосрезные швы (см. рис. 2.4, б и 2.5).



На рис. 2.5 изображена конструкция прочноплотного трехрядного шва с переменным шагом заклепок в рядах (правая половина шва симметрична и на рисунке изображена частично).

Рис.2.5

В этом шве на фронте основного шва  $t_1$  расположено шесть заклепок. Каждая заклепка передает нагрузку, равную  $(1/6)F_t$ . В соответствии с этим на рис. 2.5 даны эпюры продольных сил, возникающих в различных сечениях листов и накладок. Сечение листа по первому ряду заклепок нагружено полной силой  $F_t$ . Для того чтобы немного ослабить это сечение, в нем поставлена только одна заклепка (две половины заклепки). Сечение по второму ряду нагружено меньшей силой и, соблюдая условия равнопрочностей, в нем можно поставить большее число заклепок и т. д. Малая нагрузка на каждую заклепку, а также две плоскости среза заклепки позволяют значительно уменьшить ее диаметр.

Уменьшение диаметра приводит к увеличению коэффициента прочности шва [см. формулу (2.1)], например для рассматриваемого шва  $\varphi \approx 0,9$ . Однако стремление получить высокое значение  $\varphi$  приводит к сложной и дорогой конструкции соединения.

На рис. 2.6 изображена конструкция клепаного узла фермы, которая может служить примером прочного соединения. При разработке конструкции такого соединения учитывают условия, перечисленные ниже.

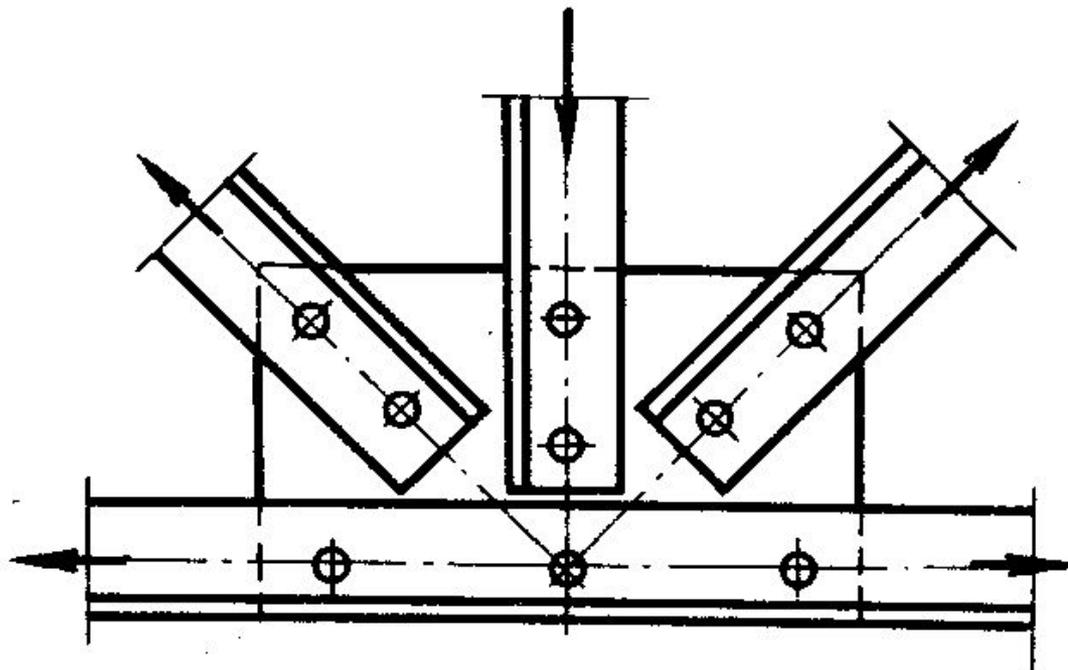


Рис. 2.6

1. Стержни (**уголки или другие профили**) следует располагать так, чтобы расчетные линии действия сил, проходящие через центры тяжести сечений стержней, пересекались в одной точке. В противном случае в соединении **кроме сил** появляются **моменты**.

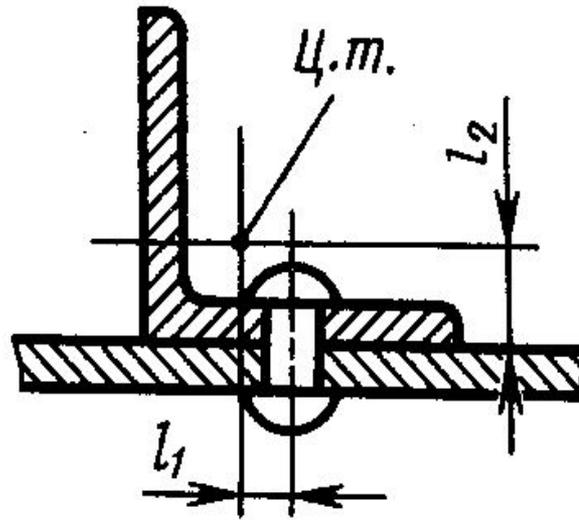


Рис. 2.7

2. Число заклепок для каждого уголка должно быть не менее двух (иначе будет шарнир).

3. Заклепки следует размещать возможно ближе к оси, проходящей через центр тяжести сечения стержня (например, уголка; рис. 2.7).

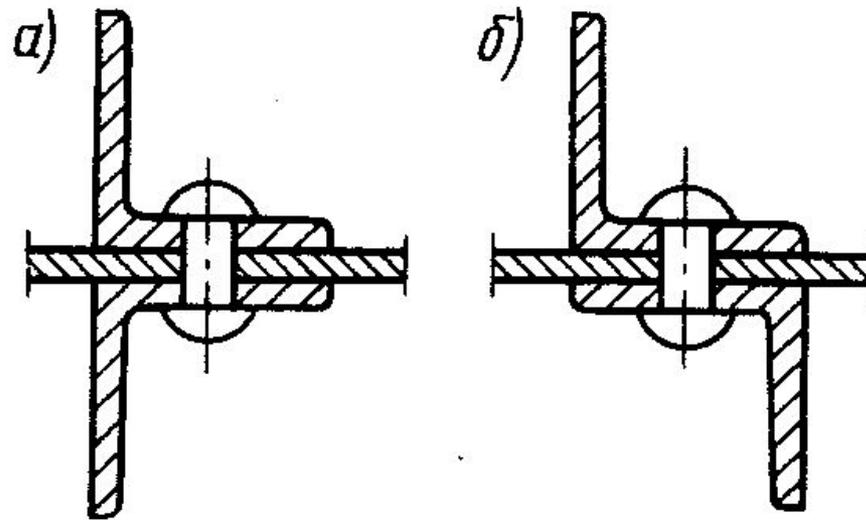


Рис. 2.8

При смещении заклепки от этой оси в соединении возникают моменты, равные  $Fl_1$  и  $Fl_2$ . Устранить влияние этих моментов можно применением симметричных стержней (рис. 2.8). В соединении, показанном на рис. 2.8, а, устранен момент  $Fl_2$ , а в соединении на рис. 2.8, б, устранены оба момента.

## 2.3. Материалы заклепок и допускаемые напряжения

**Заклепки** изготавливают из стали, меди, латуни, алюминия и других металлов. Материал заклепок должен обладать пластичностью и не принимать закалки. Высокая пластичность материала облегчает клепку и способствует равномерному распределению нагрузки по заклепкам. При выборе материала для заклепок необходимо стремиться к тому, чтобы температурные коэффициенты линейного расширения заклепок и соединяемых деталей были равными или близкими.

В противном случае при колебаниях температуры в соединении появляются температурные напряжения.

**Особую опасность** представляет **сочетание** **разно-**  
**родных материалов**, которые способны **образовывать**  
**гальванические пары**. Гальванические токи быстро разру-  
шают соединение.

Такое явление наблюдается в химической промышлен-  
ности и судостроении. Поэтому для скрепления алюми-  
ниевых деталей применяют алюминиевые заклепки, для  
**медных – медные**.

Допускаемые напряжения для заклепок (**табл. 2.1**)  
зависят в основном от характера обработки отверстия  
(**продавленные или сверленные**) и характера внешней  
нагрузки (**статическая, динамическая**).

Таблица 2.1

Вид напряжений	Обработка отверстия	Допускаемые напряжения, МПа	
		Ст0 и Ст2	Ст3
Срез $[\tau]$	Сверление	140	140
Срез $[\tau]$	Продавливание	100	100
Смятие $[\sigma_{см}]$	Сверление	280	320
Смятие $[\sigma_{см}]$	Продавливание	240	280