

Министерство образования и науки Самарской области

государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение Самарской области «Усольский сельскохозяйственный техникум»

Дисциплина ОПД 02 Техническая механика

Курс 2 группа 21 м

Преподаватель Евдокимов В.Н [evdokimov412@yandex.ru](mailto:evdokimov412@yandex.ru)

Урок № 115-116 Дата 14.05.2020 г

## **Тема: Соединения деталей машин**

### **Общие понятия**

Каждая машина состоит из деталей, число которых зависит от сложности и размеров машины. Так автомобиль содержит около 16 000 деталей (включая двигатель), крупный карусельный станок имеет более 20 000 деталей и т.д.

Чтобы выполнять свои функции в машине детали соединяются между собой определенным образом, образуя **подвижные и неподвижные связи**. Например, соединение коленчатого вала двигателя с шатуном, поршня с гильзой цилиндра (подвижные связи). Соединение штока гидроцилиндра с поршнем, крышки разъемного подшипника с корпусом (неподвижные связи).

Наличие подвижных связей в машине обусловлено ее кинематической схемой. Неподвижные связи обусловлены целесообразностью расчленения машины на узлы и детали для того, чтобы упростить производство, облегчить сборку, ремонт, транспортировку и т. п.

**Соединение деталей** – конструктивное обеспечение их контакта с целью кинематического и силового взаимодействия либо для образования из них частей (деталей, сборочных единиц) механизмов, машин и приборов.

С точки зрения общности расчетов все соединения делят на две большие группы: *неразъемные и разъемные* соединения.

**Неразъемными** называют соединения, которые невозможно разобрать без разрушения или повреждения деталей. К ним относятся заклепочные, сварные, клеевые соединения, а также соединения с гарантированным натягом. Неразъемные соединения осуществляются силами молекулярного сцепления (сварка, пайка, склеивание) или механическими средствами (клепка, вальцевание, прессование).

**Разъемными** называют соединения, которые можно многократно собирать и разбирать без повреждения деталей. К разъемным относятся резьбовые, шпоночные и шлицевые соединения, штифтовые и клиновые соединения.

**По форме сопрягаемых поверхностей** соединения делят на плоское, цилиндрическое, коническое, сферическое, винтовое и т.д.

Проектирование соединений является очень ответственной задачей, поскольку большинство разрушений в машинах происходит именно в местах соединений. Многие аварии и прочие неполадки в работе машин и сооружений обусловлены неудовлетворительным качеством соединений.

Так, например, опытом эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов установлено, что долговечность фюзеляжа определяется прежде всего усталостными

разрушениями, из которых до 85% приходится на резьбовые и заклепочные соединения. Отметим, также, что в конструкциях тяжелых широкофюзеляжных самолетов (например, ИЛ-96, АН-124) насчитывается до 700 тыс. болтов и до 1,5 млн заклепок.

### **Заклепочные соединения, характеристика, расчет заклепочных соединений.**

*Заклепочные соединения состоят из двух или нескольких листов или деталей, соединяемых (склепываемых) в неразъемную конструкцию с помощью заклепок (рис. 1).*

*Заклепкой называют круглый стержень, имеющий сформированную закладную головку 1 на одном конце и формируемую в процессе клепки замыкающую головку 2 на другом его конце. При этом детали сильно сжимаются, образуя прочное, неподвижное неразъемное соединение.*

*Заклепочным швом называют соединение, осуществляемое группой заклепок (рис. 3).*

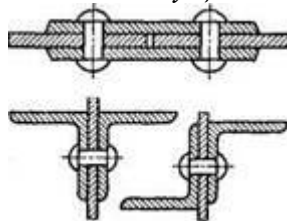


Рис. 1. Заклепочные соединения

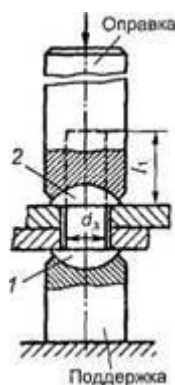


Рис. 2. Формирование заклепочного шва

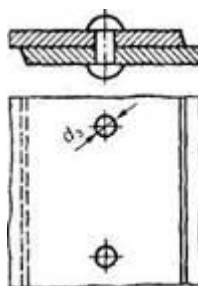


Рис. 3. Однорядное заклепочное соединение

Отверстия под заклепки в деталях продавливают или сверлят. При продавливании образуются мелкие трещины по периферии отверстий. Трещины могут быть причиной разрушения заклепочного шва во время работы. Продавленные отверстия применяют в малоответственных конструкциях. Сверление – процесс малопроизводительный и дорогой. Сверленные отверстия применяют в конструкциях, где требуется высокая надежность. При больших диаметрах отверстий практикуют продавливание с последующим рассверливанием.

Каждая заклепка имеет свою зону действия  $D$ , на которую распространяется деформация сжатия в стыке деталей. Если зоны действия соседних заклепок

пересекаются, то соединение будет плотным. Вследствие пластических деформаций в процессе клепки стержни заклепок заполняют отверстия и заклепки стягивают соединяемые детали. В результате относительному сдвигу склепанных деталей оказывают сопротивление как стержни заклепок, так и силы трения, возникающие на поверхности стыка.

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

Заклепки поставляются как готовые изделия.

#### **Заклепочное соединение получают следующим способом.**

В отверстия соединяемых деталей вставляют заклепки (см. рис. 2). Под закладную головку 1 устанавливают инструмент-поддержку. Специальной клепальной машиной или вручную (ударами молотка, кувалды) выступающий конец заклепки ( $l_1 \approx 1,5d_3$ ) осаживают обжимкой в замыкающую головку 2. Для стальных заклепок с  $d_3 \leq 12$  мм производят клепку в холодную, то же относится к заклепкам из цветных металлов и сплавов; с  $d_3 \geq 12$  мм с нагревом заклепки до светло-красного каления ( $1000—1100$  °С). Этот способ обеспечивает более высокое качество заклепочного шва, так как заклепки укорачиваются при остывании и стягивают детали, создавая на стыке их поверхностей большие силы трения, препятствующие относительному сдвигу деталей при действии нагрузки

Диаметры отверстий под заклепки  $d_{отв}$  выбирают по стандарту в зависимости от диаметра заклепки. Для холодной клепки можно рекомендовать

$$d_{отв} = d_3 + 0,05d_3,$$

для горячей клепки

$$d_{отв} = d_3 + 0,1d_3,$$

где  $d_3$  — диаметр устанавливаемой заклепки.

Клёпку проводят вручную или машинами. При машинной клёпке отверстие заполняется металлом лучше, что благоприятно сказывается на работе заклепочного соединения. Во избежание химической коррозии в соединениях заклепки ставят из того же материала, что и соединяемые детали.

### ***Достоинства и недостатки заклепочных соединений по сравнению с другими видами неразъемных соединений***

#### **Достоинства:**

- высокая надежность соединения;
- удобство контроля качества клепки;
- повышенная сопротивляемость ударным и вибрационным нагрузкам;
- возможность соединения деталей из трудносвариваемых металлов, например из алюминия;
- неизменность физико-химических свойств материалов соединяемых деталей в процессе клепки.
- не дают температурных деформаций;
- детали при разборке не разрушаются.

Дополнительно отметим, что, так как заклепки изготавливают из высокопластичных материалов, их разрушению предшествуют значительные остаточные деформации, которые в некоторых случаях как бы сигнализируют об опасности разрушения, что и позволяет принять предупредительные меры. При разборке соединения (разрушении заклепок) соединяемые детали обычно почти не повреждаются и могут быть использованы повторно.

Клепаная конструкция с большим количеством заклепок вместо сварки (авиация, котлы, мосты) хотя и создает высокую концентрацию напряжений вблизи отверстий

соединяемых деталей, при возникновении трещины не позволяет ей распространяться на всю ширину детали, а лишь от одного отверстия до другого.

#### **Недостатки:**

- высокая стоимость, так как процесс получения заклепочного шва состоит из большого числа операций (разметка, продавливание или сверление отверстий, нагрев заклепок, их закладка, клепка) и требует применения дорогостоящего оборудования (станки, прессы, клепальные машины).

- повышенный расход материала для этого соединения (из-за ослабления соединяемых деталей отверстиями под заклепки требуется увеличение их толщины, применение накладок и т. п.). Вес заклёпок составляет 4% от веса конструкции (вес сварных швов – 1,5%).

- детали ослаблены отверстиями;  
- высокий шум и ударные нагрузки при изготовлении;  
- нарушение плотности швов при эксплуатации;  
- невозможность соединения деталей сложной конфигурации.  
- соединение деталей встык требует применения специальных накладок, что приводит к дополнительному увеличению массы конструкций.

- заклепки и соединяемые детали должны быть однородными (в местах соединений разнородных металлов возникают гальванические токи, разрушающие соединение) с одинаковым температурным коэффициентом линейного расширения. Указанные недостатки весьма существенны, поэтому они привели к резкому сокращению применения заклепочных соединений и замене их сварными, паяными и клеевыми соединениями.

#### ***Область применения заклепочных соединений***

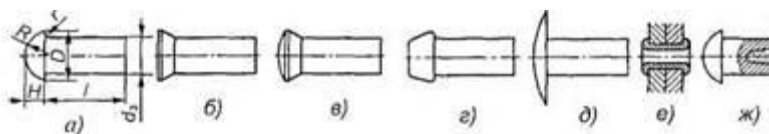
В настоящее время в связи с бурным развитием сварки заклепочные соединения имеют ограниченное применение (в конструкциях, для которых методы сварки и склеивания еще недостаточно разработаны или малоэффективны, а также в соединениях, работающих при больших вибрационных или ударных нагрузках при высоких требованиях к надежности соединения). Также в соединениях окончательно обработанных деталей, в которых применение сварки недопустимо из-за их коробления при нагреве. Особенно широко употребляются заклёпки для соединения разнородных или нагортованных (подвергнутых холодной деформации) материалов (сталь – алюминиевые сплавы; холоднокатаный лист; соединение металла с неметаллом).

Большой объем клепально-сборочных работ производится при изготовлении летательных аппаратов. Некоторые самолеты имеют более миллиона заклепок. Заклепочные соединения находят применение в подъемно-транспортных машинах, в строительстве железнодорожных мостов, котлостроении и т. п.

#### ***Основные типы заклепок.***

Разнообразие заклепочных соединений порождает соответственно большое число разновидностей самих заклепок. Выбор формы закладной головки зависит от назначения заклепочного шва. В швах, требующих большой прочности и плотности, применяют заклепки с *полукруглой головкой* ГОСТ 10299-80, 14797-85 (рис. 4, а). *Заклепки с потайной или полупотайной головкой* ГОСТ 10300-80, 14798-85 (рис. 4, б, в) используют в том случае, когда выступающие закладные головки заклепок мешают перемещению каких-либо деталей или в случае больших гидродинамических и аэродинамических сопротивлений (в судостроении и самолетостроении). *Заклепки с бочкообразной головкой* (рис. 4, г) применяют там, где они омываются горячими газами, в топках парового котла и т. п.; в процессе эксплуатации головки обгорают и приобретают полукруглую форму, сохраняя необходимую прочность.

**Заклепки с широкой головкой** (рис. 4, д) применяют для соединения тонколистовых (до 1,5 мм) материалов, **трубчатые заклепки (пистоны)** ГОСТ 12638-80, 12640-80 (рис. 4, е) — в слабонагруженных металлических соединениях, а также в соединениях неметаллических материалов (фибра и др.). Трубчатые заклёпки применяются также для того, чтобы использовать их отверстие в заклёпочном соединении для пропуска электрических проводников, крепёжных или других деталей. Полупустотелые заклёпки применяются в тех случаях, когда не желательно или не допустимо заклёпочные соединения подвергать ударам.



**Рис.4. Основные типы заклепок**

В случае невозможности образования замыкающей головки обычными способами (в труднодоступных — «узких» местах) применяют **взрывные заклепки** (рис. 4, ж).

Большая часть типоразмеров заклёпок стандартизована. Обозначение заклёпки в конструкторской документации обычно включает номер стандарта, диаметр стержня и длину тела заклёпки, выбираемую из ряда нормальных линейных размеров с учётом запаса длины на формирование замыкающей головки.

## **Материалы**

В качестве склепываемых материалов могут быть углеродистые и легированные стали, цветные металлы и их сплавы, неметаллические материалы, применяемые в общем машиностроении. Заклепки изготовляют из низкоуглеродистых сталей Ст2, Ст3, Ст2кп, Ст3кп, 10, 15, Юкп, 15кп, легированной стали 12Х18Н9Т, меди МЗ, латуни ЛТ63, алюминиевых сплавов АД1, Д18, АМг5 и др. Материал заклёпки должен быть достаточно пластичным.

К материалу заклепки предъявляются *требования*:

1. Высокая пластичность для облегчения процесса клепки.
2. Одинаковый коэффициент температурного расширения с материалом деталей во избежание дополнительных температурных напряжений в соединении при колебаниях температуры.
3. Однородность с материалом склепываемых деталей для предотвращения появления гальванических токов, сильно разрушающих соединения.

Для стальных деталей применяют только стальные заклепки, для дюралюминиевых — алюминиевые, для медных — медные.

При выборе материала заклепок должно быть такое сочетание материалов, которое бы исключало образование гальванических пар и гальванических токов в соединении.

## **Расчет заклёпочных швов**

*Расчет заклёпочного шва* заключается в определении диаметра и числа заклепок, шага заклёпочного шва, расстояния заклепок до края соединяемой детали и расстояния между рядами заклепок.

После клепки шва соединенные детали оказываются сжатыми заклепками. При этом заклепки работают на растяжение, а между соединенными деталями возникают силы трения. Для отсутствия сдвига деталей и, следовательно, обеспечения необходимой герметичности при работе прочноплотного заклёпочного шва силы, действующие на соединенные детали, должны целиком восприниматься силами трения. Так как при проектировочном расчете прочноплотного шва силу, растягивающую заклепку и

одновременно сжимающую соединенные детали, а соответственно и силу трения, возникающую между этими деталями, определить невозможно, то **заклепки прочноплотных швов условно рассчитывают на срез**. При этом расчете герметичность шва обеспечивается выбором соответствующего допускаемого условного напряжения на срез для заклепок. В прочных швах герметичность соединения не требуется, поэтому силы, действующие на соединенные детали, могут быть больше сил трения, развиваемых между ними. Таким образом, при работе прочного шва возможен и допустим сдвиг одной соединяемой детали относительно другой. Поэтому **заклепки прочных швов рассчитывают на срез и на смятие**.

Методику определения основных соотношений размеров прочных швов рассмотрим на примере однорядного шва внахлестку, нагруженного поперечной силой  $F_r$  (рис. 5).

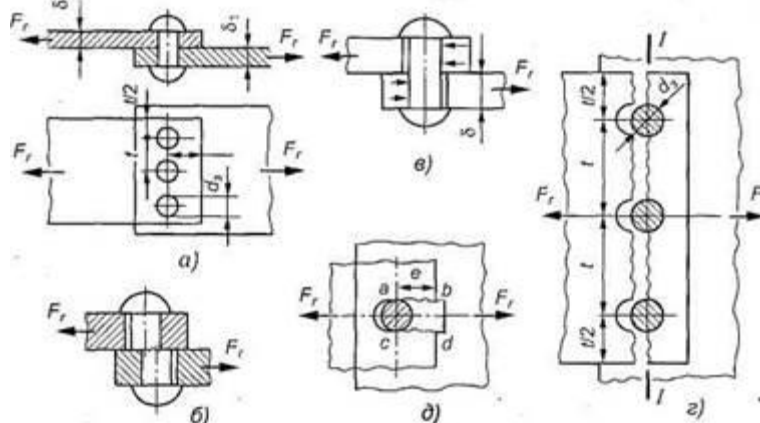


Рис.5. К расчету соединений заклепками

Введем обозначения:  $d_3$  — диаметр заклепки;  $\delta_1$  и  $\delta_2$  — толщина склепываемых деталей (листов);  $t$  — расстояние между заклепками в ряду (или шаг заклепок);  $e$  — расстояние от центра заклепки до края детали (листа);  $z$  — число заклепок в ряду.

1) При расчете на прочность силы трения на стыке деталей не учитывают (принимают, что нагрузка передается только заклепками); считают, что нагрузка между заклепками распределяется равномерно, а диаметр заклепки равен диаметру отверстия ( $d_3 = d_{отв}$ ).

2) касательные напряжения среза распределены по поперечным сечениям заклепок равномерно;

3) напряжения смятия в каждой точке поверхности контакта заклепки и стенки отверстия нормальны к этой поверхности и по модулю одинаковы;

4) разгружающее влияние сил трения, действующих на поверхности контакта, не учитывается и считается, что усилие полностью передается заклепками.

В нахлесточных и стыковых соединениях с одной накладкой, называемых односрезными, заклепки работают на срез и изгиб из-за несовпадения плоскостей действия сил  $F$ , то есть под действием момента  $M=Fa$  (рис. 6). Момент возрастает с увеличением толщины листов; он воспринимается стержнем и головками заклепки, вызывая их деформации (сдвиг и изгиб). В результате контактные напряжения  $\sigma_k$  между листами и стержнем заклепки, уравнивающие силы  $F$ , будут неравномерно распределяться по высоте заклепки и в окружном направлении, концентрируясь вблизи стыка листов.

Характер распределения нагрузки по высоте заклепки будет зависеть от соотношения изгибных податливостей головки и стержня. При податливой головке нагрузка по длине соединения распределяется так, что часть изгибающего момента воспринимается головкой. В заклепке с очень податливой головкой последняя не воспринимает изгибающего момента. Изгиб головки вызывает концентрацию напряжений в зоне сопряжения её со стержнем, а также концентрацию контактных напряжений на опорных поверхностях. Это создает угрозу усталостного обрыва головки (опасное сечение показано волнистой линией) и возникновения фреттинг-коррозии и трещин в зонах контакта. Отверстия в соединяемых

листах являются источником значительной концентрации ( $\alpha_\sigma = \sigma_{\max} / \sigma_H = 2 \div 3$  в точке  $B$ ) и причиной возникновения усталостных трещин и разрушения листов (опасное сечение показано волнистой линией).

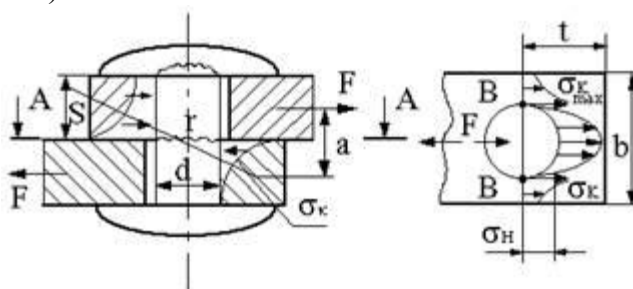


Рис.6

**Причинами разрушения** заклепочного соединения могут быть следующие: **срез** заклепок в плоскости соединения деталей (см. рис. 5, б); **смятие** заклепок и листов (см. рис. 5, в); **разрыв листов** в сечении, ослабленном отверстиями (см. рис. 5 з); **срез кромки листа** (в сечении  $ab$  и  $cd$ ) у отверстия под заклепку (см. рис. 5, д).

Расчет заклепочного шва заключается в определении  $d_3$ ,  $t$  и  $e$ . Расчет ведется по эмпирическим соотношениям, полученным из условия равнопрочности заклепок и соединяемых листов, с последующей проверкой листов на прочность и уточнением коэффициента прочности шва.

#### **Расчет параметров заклепки.**

Диаметр заклепки определяют из условия прочности на срез ( $\tau_{\text{ср}} \leq [\tau]_{\text{ср}}$ ) по формуле проекторочного расчета

$$d_3 = \sqrt{\frac{4F_r}{\pi i z [\tau]_{\text{ср.з}}}} \quad (1)$$

где  $F_r$  — поперечная сила, действующая на заклепки, Н;  $i$  — число плоскостей среза одной заклепки; для заклепки, показанной на рис. 5  $i = 1$ ;  $z$  — число заклепок (задается конструкцией шва);  $[\tau]_{\text{ср.з}}$  — допускаемое напряжение на срез для заклепок, МПа.

## **Сварные соединения**

**Сварным соединением** называют неразъемное соединение деталей с помощью сварных швов. Если в заклепочном соединении соединяющим элементом является заклепка, то в сварных — расплавленный металл, создающий при остывании неразъемное соединение, то есть такое, которое не может быть разобрано без повреждения деталей. Сварные соединения лучше других приближают составные детали к целым и позволяют изготавливать детали неограниченных размеров. Прочность сварных соединений при статических и ударных нагрузках доведена до прочности деталей из целого металла. Освоена сварка всех конструкционных сталей, включая высоколегированные, цветных сплавов и пластмасс.

Масса сварных конструкций при тех же габаритах значительно меньше клепаных (на 15%). Экономия металла достигается за счет использования полной площади сечения, а также возможности более рационального конструирования (например, применения стыковых соединений в тех случаях, когда при заклепочном соединении приходится применять накладки).

## **Достоинства и недостатки сварных соединений по сравнению с заклепочными (или литыми деталями).**

### **Достоинства:**

- простота конструкции сварного шва и меньшая трудоемкость в изготовлении, обусловленной сравнительной простотой технологического процесса сварки.
- значительное снижение массы конструкции при тех же габаритах: по сравнению с литыми — на 30-50%, по сравнению с заклепочными и болтовыми — до 20%. При замене заклепочных соединений сварными экономия в весе получается за счет отказа от применения различных накладок, необходимых в заклепочных соединениях, а также части веса самих заклепок; при замене литых деталей сварными конструкциями вес их уменьшается за счет более высоких механических свойств прокатного металла.
- возможность соединения деталей любых форм;
- герметичность и плотность соединения;
- бесшумность технологического процесса сварки;
- возможность автоматизации сварочного процесса;
- сварное соединение дешевле заклепочного;
- соединение деталей может выполняться встык без накладок;
- возможность сварки толстых профилей;
- высокая ремонтпригодность сварных деталей;
- высокая технологичность сварки, обуславливающая низкую стоимость сварного соединения;
- снижение массы сварных деталей по сравнению с литыми и клепаными на 25...30%;
- возможность получения сварного шва, равнопрочного основному металлу (при правильном конструировании и изготовлении);
- возможность получения деталей сложной формы из простых заготовок;
- возможность получения герметичных соединений.

### **Недостатки:**

- возникновение остаточных напряжений в свариваемых элементах;
- коробление деталей из-за неравномерного нагрева в процессе сварки;
- сложность контроля качества сварных соединений без их разрушения;
- сложность обеспечения высокой надежности при действии ударных и циклических, в том числе и вибрационных, нагрузок.
- зависимость качества шва от исполнителя ; применение автоматической сварки устраняет этот недостаток.
- склонность к образованию трещин в местах перехода от шва к цельному металлу вследствие термических напряжений, возникающих при остывании. Трещины особенно опасны при динамических нагрузках (вибрационных и ударных), поэтому в таких случаях сварные швы стараются не применять, заменяя их заклепочными соединениями. Термические напряжения могут быть частично или полностью устранены термообработкой сварного соединения (низкотемпературным отжигом). Термическая обработка исключает также последующее коробление сварных конструкций.

**Область применения.** В настоящее время сварные соединения почти полностью вытеснили заклепочные соединения. Сварка применяется для соединения элементов сосудов, испытывающих давление (резервуары, котлы).

Сварку применяют не только как способ соединения деталей, но и как технологический способ изготовления самих деталей. Сварные детали во многих случаях с успехом заменяют литые и кованные. Для изготовления сварных деталей не требуется моделей, форм или штампов. Это значительно снижает их стоимость при единичном и мелкосерийном производстве. Сварка таких изделий, как зубчатые колеса (рис.6) или коленчатые валы, позволяет изготавливать их более ответственные части (зубчатый венец, шейка) из высокопрочных сталей, а менее ответственные (диск и ступица колеса, щека коленчатого вала) – из менее прочных и дешевых материалов. По сравнению с литыми



детальями сварные допускают меньшую толщину стенок, что позволяет снизить массу деталей и сократить расход материала.

Большое распространение получили штампосварные конструкции, заменяющие фасонное литье, клепаные и другие изделия. Применение сварных и штампосварных конструкций позволяет во многих случаях снизить расход материала или массу конструкции на 30–50%, уменьшить стоимость изделий в 1,5–2 раза.

Сварку широко применяют как способ получения заготовок деталей из проката в мелкосерийном и единичном производстве, а также в ремонтном деле.

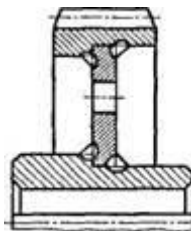


Рис. 7

### **Расчет сварных соединений на прочность**

Прочность сварного соединения зависит от следующих основных факторов: качества основного материала, определяемого его способностью к свариванию, совершенства технологического процесса сварки; конструкции соединения; способа сварки; характера действующих нагрузок (постоянные или переменные). Хорошо свариваются низко- и среднеуглеродистые стали. Высокоуглеродистые стали, чугуны и сплавы цветных металлов свариваются хуже. Значительно снижают прочность такие пороки сварки, как непровары и подрезы (рис. 8), шлаковые и газовые включения, скопление металла в месте пересечения швов и т. п. Эти дефекты являются основными причинами образования трещин как в процессе сварки, так и при эксплуатации изделий. Влияние технологических дефектов сварки значительно усиливается при действии переменных и ударных нагрузок.

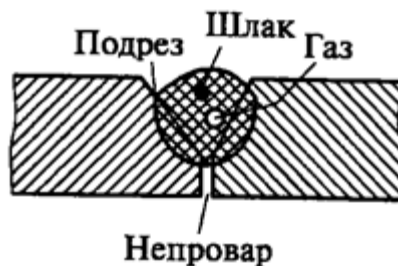


Рис. 8

Эффективными мерами повышения прочности сварных соединений являются: автоматическая сварка под флюсом и сварка в защитном газе; термообработка сваренной конструкции (отжиг); наклеп дробью и чеканка швов. Эти меры позволяют повысить прочность составных сваренных деталей при переменных нагрузках в 1,5–2 раза и даже доводить ее до прочности целых деталей.

Многообразие факторов, влияющих на прочность сварных соединений, а также приближенность и условность расчетных формул вызывают необходимость экспериментального определения допускаемых напряжений. Принятые нормы допускаемых напряжений для сварных соединений деталей из низко- и среднеуглеродистых сталей, а также низколегированных сталей (типа 14ГС, 15ГС, 15ХСНД, 09Г2, 19Г и пр.) приведены в справочной литературе.

### **Проверочный расчет** прочности стыкового шва.

Условие прочности на растяжение:

$$\sigma'_p = \frac{F}{\delta l_{\text{ш}}} \leq [\sigma']_p, \quad (2)$$

где  $\sigma'_p$ ,  $[\sigma']_p$  — расчетное и допускаемое напряжения на растяжение для шва;  $F$  — нагрузка, действующая на шов;  $\delta$  — толщина детали (толщину шва принимают равной толщине детали);  $l_{\text{ш}}$  — длина шва.

Условие прочности на изгиб:

$$\sigma'_p = \frac{6F}{\delta^2 l_{\text{ш}}} \leq [\sigma']_p, \quad (2.1)$$

Отношение  $[\sigma']_p$  к допускаемому напряжению на растяжение для основного металла детали  $[\sigma]_p$ , является коэффициентом прочности сварного соединения:

$$\varphi = \frac{[\sigma']_p}{[\sigma]_p}.$$

Величина  $\varphi$  колеблется в пределах 0,9–1,00, т. е. стыковое соединение почти равнопрочно с соединенными деталями. В тех случаях, когда требуется повысить прочность соединения, применяют косые швы (рис. 9). Расчет косого шва выполняют по формулам (2) и (2.1), в которых принимают  $[\sigma']_p = [\sigma]_p$ .



Рис. 9. Косой стыковой шов

**Проектировочный расчет.** Целью этого расчета является определение длины шва.

Исходя из основного условия прочности (2), длину стыкового шва при действии растягивающей силы определяют по формуле

$$l_{\text{ш}} = \frac{F}{\delta [\sigma']_p} \quad (3)$$

### **Список использованных источников**

1. Куклин Н.Г., Куклина Г.С. Детали машин. 3-е изд.: Высш. Шк., 1984.- 255 с., ил.
2. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3-х т. Т. 2. - 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1980. – 559с.
3. <http://ifio.npi-tu.ru/>
4. <http://www.detalmach.ru/>

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Виды неразъемных соединений
2. Заклепочные соединения и их характеристика
3. Преимущества и недостатки заклепочных соединений
4. Расчет на прочность заклепочных соединений
5. Преимущества и недостатки сварных соединений
6. Проектировочный расчет сварных соединений