**Задание №1по дисциплине «Основы расчета и проектирование**

**сварных конструкций»**

**для самостоятельного дистанционного**

**изучения темы:**

**«Методика расчета сварных швов»**

Задание для студентов групп: Т-20-1 и Т-20-2

Выполнить эскиз детали с резьбой по заданным размерам

по данной теме – **2 часа**

**Срок выполнения – до 12.09.2022г.**

Выполненные работы показать преподавателю на занятиях

Последовательность выполнения задания:

1. Повторить типы сварных швов.

2. Повторить виды нагрузки на сварные конструкции.

3. Записать методику расчета св. швов по допускаемому

напряжению в конспект

***Расчет сварных соединений***

|  |
| --- |
|  |
| **типовые расчеты по ЕСКД** |
| |  | | --- | |  |   *Чем тоньше лед, тем больше хочется убедиться, выдержит ли он*  **СТЫКОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ С ПРЯМЫМ ШВОМ** (рис. 1, а).     Допускаемая сила для соединения при растяжении  **Р1 = [σ'p]·L·S**,  то же при сжатии  **Р2 = [σ'сж]·L·S**,  где, [σ'p] и [σ'сж] - допускаемые напряжения для сварного шва соответственно при растяжении и сжатии.     При расчете прочности все виды подготовки кромок в стыковых соединениях принимают равноценными.  **СТЫКОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ С КОСЫМ ШВОМ** (рис. 1, б).     Допускаемая сила для соединения при растяжении  расчет сварных соединений     То же при сжатии  расчет сварных соединений  При β = 45° - соединение равнопрочно целому сечению.  **НАХЛЕСТОЧНОЕ СОЕДИНЕНИЕ** (рис. 2).     Соединения выполняют угловым швом. В зависимости от напряжения шва относительно направления шва относительно направления действующих сил угловые швы называют лобовыми (см. рис. 2, а), фланговыми (см. рис. 2. б), косыми (см. рис. 2. в) и комбинированными (см. рис. 2, г).  расчет сварных соединений     Максимальную длину лобового и косого швов не ограничивают. Длину фланговых швов следует принимать не более 60К, где К - длина катета шва. Минимальная длина углового шва 30 мм; при меньшей длине дефекты в начале и в конце шва значительно снижают его прочность.    Минимальный катет углового шва Кmin принимают равным 3 мм, если толщина металла S >= 3 мм.     Допускаемая сила для соединения где, [τср] - допускаемое напряжение для сварного шва на срез; К - катет шва; L - весь периметр угловых швов; - для лобовых швов L = *l*; для фланговых L = 2*l*1; - для косых L = *l*/sinβ; - для комбинированных L = 2*l*1 + *l*.  **СОЕДИНЕНИЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ** (рис. 3).  расчет сварных соединений     Силы, передаваемые на швы 1 и 2, находят из уравнений статики  расчет сварных соединений     Необходимая длина швов  расчет сварных соединений  где, [τ'ср] - допускаемое напряжение для сварного шва на срез; К - катет шва. Примечание: Допускается увеличение l2 до размера l1.  **ТАВРОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ**     Наиболее простое в технологическом отношении.  расчет сварных соединений     Допускаемая сила для растяжения  **Р = 0,7 [τ'ср] KL**  , где, [τ'ср] - допускаемое напряжение для сварного шва на срез; К - катет шва, который не должен превышать 1,2S (S - наименьшая толщина свариваемых элементов).     Наиболее обеспечивающее лучшую передачу сил.  расчет сварных соединений     Допускаемая сила для растяжения  **Р1 = [σ'p]·L·S**,  то же при сжатии  **Р2 = [σ'сж]·L·S**,  где, [σ'p] и [σ'сж] - допускаемые напряжения для сварного шва соответственно при растяжении и сжатии.  **СОЕДИНЕНИЕ С НАКЛАДКАМИ**  расчет сварных соединений     Сечение накладок, обеспечивающее равнопрочность целого сечения (см. рис. 6)  расчет сварных соединений  где, F - сечение основного металла; [σp] - допускаемое напряжение при растяжении основного металла; [σ'p] - допускаемое напряжение для сварного шва при растяжении.     Сечение накладки, обеспечивающее равнопрочность целого сечения (см. рис. 7):  расчет сварных соединений  где, [τ'cp] - допускаемое напряжение для сварного шва на срез.  **СОЕДИНЕНИЕ С ПРОРЕЗЯМИ**  расчет сварных соединений     Применяют лишь в случаях, когда угловые швы недостаточны для скрепления. Рекомендуется a = 2S , *l* = (10 ÷ 25)S.     Допускаемая сила, действующая на прорезь  **Р = [τ'сp]·L·S**,  где, [τ'сp] - допускаемое напряжение для сварного шва на срез.  **СОЕДИНЕНИЕ ПРОБОЧНОЕ**  расчет сварных соединений     Применяют в изделиях, не несущих силовых нагрузок. Пробочную сварку можно применять для соединения листов толщиной от 15 мм.     Если пробочные соединения подвергаются действию срезывающих сил, то напряжение  расчет сварных соединений  где, d - диаметр пробки; i - число пробок в соединении.  **СОЕДИНЕНИЕ СТЫКОВОЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ИЗГИБАЮЩЕГО МОМЕНТА**  расчет сварных соединений     При расчете прочности соединения (см. рис. 9), осуществленного стыковым швом, находящимся под действием изгибающего момента Ми и продольной силы Р, условие прочности  расчет сварных соединений  где, W = Sh²/6; F = hS.     При расчете прочности соединения (см. рис. 10, а), осуществленного угловым швом, находящимся под действием изгибающего момента Ми и продольной силы Р, расчетные касательные напряжения в шве  расчет сварных соединений  где, Wc = 0,7Kh²/6; Fc = 0,7Kh.     При расчете прочности соединений (см. рис. 10, б), состоящих из нескольких швов и работающих на изгиб, принимают (для приведенного графически случая), что изгибающий момент Ми уравновешивается парой сил в горизонтальных швах и моментом защемления вертикального шва  расчет сварных соединений  Если момент Ми и допускаемое напряжение τ заданы, то из полученного уравнения следует определить *l* и K, задавшись остальными геометрическими параметрами.  **ДОПУСКАЕМЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ДЛЯ СВАРНЫХ ШВОВ**     Допускаемые напряжения (табл. 1 и 2) для сварных швов принимают в зависимости: а) от допускаемых напряжений, принятых для основного металла; б) от характера действующих нагрузок.     В конструкциях из стали Ст5, подвергающихся воздействию переменных или знакопеременных нагрузок, допускаемые напряжения для основного металла понижают, умножая на коэффициент  расчет сварных соединений  где, σmin и σmax - соответственно минимальное и максимальное напряжения, взятые каждое со своим знаком.  **1. Допускаемые напряжения для сварных швов в машиностроительных конструкциях при постоянной нагрузке**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Сварка** | **Для стыковых соединений** | | **При срезе [τ'ср]** | | **при растяжении [σ'p]** | **при сжатии [σ'сж]** | | Ручная электродами: Э42........... Э42 А....... | 0,9[σp] [σp] | [σp] [σp] | 0,6[σp] 0,65[σp] | | [σp] - допускаемое напряжение при растяжении для основного металла. | | | |   **2. Допускаемые напряжения в МПа для металлоконструкций промышленных сооружений (подкрановые балки, стропильные фермы и т. п.)**   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Марка стали** | **Учитываемые нагрузки** | | | | | | | **основные** | | | **основные и дополнительные** | | | | **вызывающие напряжения** | | | | | | | **растяжения, сжатия, изгиба** | **среза** | **смятия (торцового)** | **растяжения, сжатия, изгиба** | **среза** | **смятия (торцового)** | | **Подкрановые балки, стропильные фермы и т.п.** | | | | | | | | Ст2 Ст3 | 140 160 | 90 100 | 210 240 | 160 180 | 100 110 | 240 270 | | **Металлоконструкции типа крановых ферм** | | | | | | | | Ст0 и Ст2 Ст3 и Ст4 Ст5 Низколеги- рованная | 120 140 175 210 | 95 110 140 170 | 180 210 260 315 | 145 170 210 250 | 115 135 170 200 | 220 255 315 376 |      Для конструкций из низкоуглеродистых сталей при действии переменных нагрузок рекомендуется принимать коэффициент понижения допускаемых напряжений в основном металле  расчет сварных соединений  где, ν - характеристика цикла, ν = Рmin / Pmax; Рmin и Pmax соответственно наименьшая и наибольшая по абсолютной величине силы в рассматриваемом соединении, взятые каждая со своим знаком; Ks - эффективный коэффициент концентрации напряжений (табл. 3).  **3. Эффективный коэффициент концентрации напряжения Ks**   |  |  | | --- | --- | | **Расчетное сечение основного металла** | **Кs** | | Вдали от сварных швов | 1,00 | | В месте перехода к стыковому или лобовому шву (металл обработан наждачным кругом) | 1,00 | | В месте перехода к стыковому или лобовому шву (металл обработан строганием) | 1,10 | | В месте перехода к стыковому шву без механической обработки последнего | 1,40 | | В месте перехода к лобовому шву без обработки последнего, но с плавным переходом при ручной сварке | 2,00 | | В месте перехода к лобовому шву при наличии выпуклого валика и небольшого подреза | 3,00 | | В месте перехода к продольным (фланговым) швам у концов последних | 3,00 |   **ПРИМЕРЫ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ**  **Пример 1.** Определить длину швов, прикрепляющих уголок 100x100x10 мм к косынке (рис. 11. а). Соединение конструируется равнопрочным целому элементу. Материал сталь Ст2. Электроды Э42.     В табл. 2 для стали Ст2 находим допускаемое напряжение [σp] = 140 МПа. Площадь профиля уголка 1920 мм² ("Уголки стальные горячекатаные равнополочные" ГОСТ 8509-93).     Расчетная сила в уголке  **Р = 140x1920 = 268 800 Н**     В данном случае допускаемое напряжение при срезе, согласно табл. 1, в сварном шве  **[τcp] = 140x0,6 = 84 МПа**  .     Требуемая длина швов (при К =10 мм) в нахлесточном соединении согласно расчету к рис. 11а.  расчет сварных соединений     Длина лобового шва l = 100 мм: требуемая длина обоих фланговых швов lфл = 458-100 = 358 мм. Так как для данного уголка е1 = 0,7*l* то длина шва 2 будет l2 - 0,7x358 = 250 мм, длина шва 1 будет l1 = 0,3x358 = 108 мм. Принимаем l2 = 270 мм, l1 = 130 мм.  **Пример 2.** Определить длину l швов, прикрепляющих швеллер №20а. нагруженный на конце моментом М = 2,4x107 Н·мм (рис. 11. б). Материал сталь Ст2. Электроды Э42.  расчет сварных соединений     В табл. 2 для стали Ст2 находим допускаемое напряжение [σp] = 140 МПа. Допускаемое напряжение при срезе, согласно табл. 1, в сварном шве  **[τ'cp] = 140x0,6 = 84 МПа**  .     Момент сопротивления сечения швеллера **W = 1,67 x 105 мм³** (из ГОСТа)     Напряжение  **σ = 2,4x107 / 1,67x105 = 144 МПа**     Катет горизонтальных швов К1 = 10 мм, вертикального К2 = 7,5 мм. Из формулы 1 (см. выше) находим  расчет сварных соединений     Принимаем l = 200 мм. При этой длине шва напряжение при изгибе  расчет сварных соединений     Полученная величина меньше допускаемой [τ'cp] = 84 МПа.  **ЭЛЕКТРОДЫ**     Размеры и общие технические требования на покрытые металлические электроды для ручной дуговой сварки сталей и наплавки поверхностных слоев из сталей и сплавов приведены в ГОСТ 9466-75 или кратко [здесь](https://alexfl.pro/inform/inform_elektrod1.html).     Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей (по ГОСТ 9467-75):     Электроды изготовляют следующих типов:     Э38, Э42, Э46 и Э50 - для сварки низкоуглеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа:     Э42А, Э46А и Э50А - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву до 500 МПа, когда к металлу сварных швов предъявляют повышенные требования по пластичности и ударной вязкости;     Э55 и Э60 - для сварки углеродистых и низколегированных конструкционных сталей с временным сопротивлением разрыву св. 500 до 600 МПа;     Э70, Э85, Э100, Э125, Э150 - для сварки легированных конструкционных сталей повышенной и высокой прочности с временным сопротивлением разрыву свыше 600 МПа;     Э-09М, Э-09МХ, Э-09Х1М, Э-05Х2М, Э-09Х2МГ, Э-09Х1МФ, Э-10Х1М1НФБ, Э-10ХЗМ1БФ, Э-10Х5МФ - для сварки легированных теплоустойчивых сталей.  **Механические свойства металла шва, наплавленного металла и сварного соединения при нормальной температуре (по ГОСТ 9467-75)**   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **Типы электродов** | **Металл шва или наплавленный металл** | | | **Сварное соединение, выполненное электродами диаметром менее 3 мм** | | | **Временное сопротивление разрыву σв, МПа (кгс/мм²)** | **Относительное удлинение δ5, %** | **Ударная вязкость KCU, Дж/см² (кгс·м/см²)** | **Временное сопротивление разрыву σв, МПа (кгс/мм²)** | **Угол загиба, градусы** | | **не менее** | | | | | Э38 | 380 (38) | 14 | 28 (3) | 380 (38) | 60 | | Э42 | 420 (42) | 18 | 78 (8) | 420 (42) | 150 | | Э46 | 460 (46) | 18 | 78 (8) | 460(46) | 150 | | Э50 | 500 (50) | 16 | 69 (7) | 500 (50) | 120 | | Э42А | 420 (42) | 22 | 148 (15) | 420 (42) | 180 | | Э46А | 460 (46) | 22 | 138 (14) | 460 (46) | 180 | | Э50А | 500 (50) | 20 | 129 (13) | 500 (50) | 150 | | Э55 | 550 (55) | 20 | 118 (12) | 550 (55) | 150 | | Э60 | 600 (60) | 18 | 98 (10) | 600 (60) | 120 | | Э70 | 700 (70) | 14 | 59 (6) | - | - | | Э85 | 850 (85) | 12 | 49 (5) | - | - | | Э100 | 1000 (100) | 10 | 49 (5) | - | - | | Э125 | 1250 (125) | 8 | 38 (4) | - | - | | Э150 | 1500 (150) | 6 | 38 (4) | - | - |      ГОСТ 9467-75 предусматривает также типы электродов и механические свойства наплавленного металла или металла шва для легированных теплоустойчивых сталей.  **Электроды покрытые металлические для ручной дуговой наплавки поверхностных слоев с особыми свойствами (по ГОСТ 10051-75)**   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Тип** | **Марка** | **Твердость без термообработки после наплавки HRC** | **Область применения** | | Э-10Г2 Э-11Г3 Э-12Г4 Э-15Г5 Э-30Г2ХМ | ОЗН-250У O3H-300У ОЗН-350У ОЗН-400У НР-70 | 22,0-30,0 29,5-37,0 36,5-42,0 41,5-45,5 32,5-42,5 | Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок (осей, валов автосцепок, железнодорожных крестовин, рельсов и др.) | | Э-65Х11Н3 Э-65Х25Г13Н3 | ОМГ-Н ЦНИИН-4 | 27,0-35,0 25,0-37,0 | Наплавка изношенных деталей из высокомарганцовистых сталей типов Г13 Г13Л | | Э-95Х7Г5С Э-30Х5В2Г2СМ | 12АН/ЛИВТ ТКЗ-Н | 27,0-34,0 51,0-61,0 | Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивных ударных нагрузок с абразивным изнашиванием | | Э-80Х4С Э-320Х23С2ГТР Э-320Х25С2ГР Э-350Х26Г2Р2СТ | 13КН/ЛИВТ Т-620 Т-590 Х-5 | 57,0-63,0 56,0-63,0 58,0-64,0 59,0-64,0 | Наплавка деталей, работающих в условиях преимущественно абразивного изнашивания | | Э-300Х28Н4С4 Э-225Х10Г10С Э-110Х14В13Ф2 Э-175Б8Х6СТ | ЦС-1 ЦН-11 ВСН-6 ЦН-16 | 49,0-55,5 41,5-51,5 51,0-56,5 53,0-58,5 | Наплавка деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания ударными нагрузками | |