

Определение действующих напряжений в соединении базовых деталей универсальных сборно-разборных приспособлений для сварочных работ

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

Проведены исследования напряженного состояния наиболее нагруженного узла базовых элементов универсальных сборно-разборных приспособлений для сварочных работ (УСРПС) при действии сдвигающих нагрузок в соединении «Т-образный паз – шпонка – болт» на плоских моделях с помощью поляризационно-оптического метода измерения напряжений. Установлено, что максимальная величина действующих напряжений растяжения в этих соединениях меньше допустимых значений напряжений, тем самым обеспечивая их длительную работоспособность при выбранных параметрах и размерах Т-образных пазов базовых и опорно-корпусных деталей УСРПС.

Ключевые слова: универсально-сборная переналаживаемая оснастка, сборочно-сварочные процессы, модель, напряжение, оптический метод, растяжение.

Введение

Сборочно-сварочному производству принадлежит большая роль в развитии современного машиностроения. От дальнейшего повышения его эффективности во многом зависят технико-экономические показатели многих отраслей при производстве больших габаритных металлоемких сварных конструкций (авиационная, гусеничная и другая техника, где удельный вес сборочных работ составляет до 40 % от трудоемкости всего цикла сварочного производства). Это требует значительного количества неразборной специальной сборочно-сварочной оснастки.

Одним из эффективных средств, позволяющих в несколько раз снизить затраты и сроки подготовки производств новых изделий, повысить качество сварных конструкций, является применение обратимой оснастки УСРПС – универсально-сборных приспособлений для сборочно-сварочных работ, особенно для сварных изделий габаритами более 500 мм.

1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций

К настоящему времени разработаны и внедрены универсально-сборные переналаживаемые приспособления для сборочно-сварочных работ с Т-образными пазами на опорных плитах [1–4].

Однако в литературе силовые условия в сборочно-сварочных переналаживаемых приспособлениях для габаритных и металлоемких изделий изучены недостаточно. Отсутствуют исследования соединения базовых элементов типа «Т-образный паз – шпонка – болт», что является основным соединением в системе УСРПС. Необходимость исследования напряжения в данном соединении обусловлена действием горизонтальных сдвигающих усилий, передающихся через стальные прямоугольные шпонки на стенку Т-образных и шпоночных пазов, и действием изгибающих моментов.

Цель работы – экспериментально исследовать и определить реальные значения напряжений в соединении «Т-образный паз – шпонка – болт».

2. Изложение основного материала

Возникновение в соединениях напряжений от сдвигающих усилий, превосходящих по своему значению допустимые, может привести к разрушению пазов и потере работоспособности приспособления.

Установлено, что нагрузка от горизонтальных сдвигающих усилий в соединении передается на одну из сторон Т-образного паза, как показано на рис. 1.

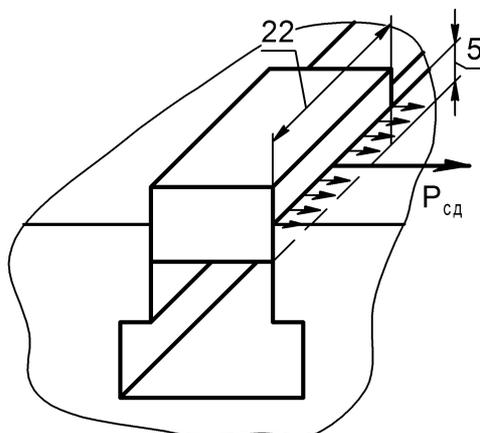


Рис. 1. Схема для определения максимального значения сдвигающей нагрузки ($P_{сд. max}$) в шпоночном соединении

Максимально допустимая величина сдвигающей нагрузки определялась, исходя из условия отсутствия остаточных деформаций сжатия по формуле

$$P_{сд. max} = [\sigma]_{сж} \cdot F, \text{ кН},$$

где $[\sigma]_{сж}$ – допустимое напряжение сжатия при статических нагрузках;
 F – площадь контакта шпонки и паза.

Допустимое напряжение сжатия $[\sigma]_{сж}$ для чугуна определялось по формуле

$$[\sigma]_{сж} = (\varepsilon_B \cdot \sigma_{в сж}) / (k_s \cdot n),$$

где ε_B – коэффициент уменьшения предела прочности при растяжении в зависимости от размера сечения;

$\sigma_{в сж}$ – предел прочности чугуна при сжатии;

k_s – коэффициент концентрации напряжений;

n – запас прочности.

Для высокопрочного чугуна ВЧ50-2 имеем: $\sigma_{в сж} = 1,90$ МПа; $\varepsilon_B = 0,75$;
 $k_s = 1,0$; $n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 = 1,3 \cdot 3,0 \cdot 1,2 = 4,7$.

Таким образом,

$$[\sigma]_{сж} = (0,75 \cdot 1,90) / (1,0 \cdot 4,7) = 3 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Тогда $P_{сд. max} = 3,2$, кН.

Исследование напряженного состояния наиболее нагруженного узла базовых плит, опорно-корпусных и других элементов универсально-сборных приспособлений при действии сдвигающих нагрузок в соединении «Т-образный паз – шпонка – болт» проводилось на плоских моделях при помощи поляризационно-оптического метода измерений напряжений [5].

Установка для исследования напряжений оптическим методом (полярископ) состоит из источника монохроматического света и двух скрещенных поляризаторов, называемых поляризатором и анализатором, между которыми устанавливается нагруженная модель.

Размеры и схема нагружения плоских моделей для проведения исследований показаны на рис. 2.

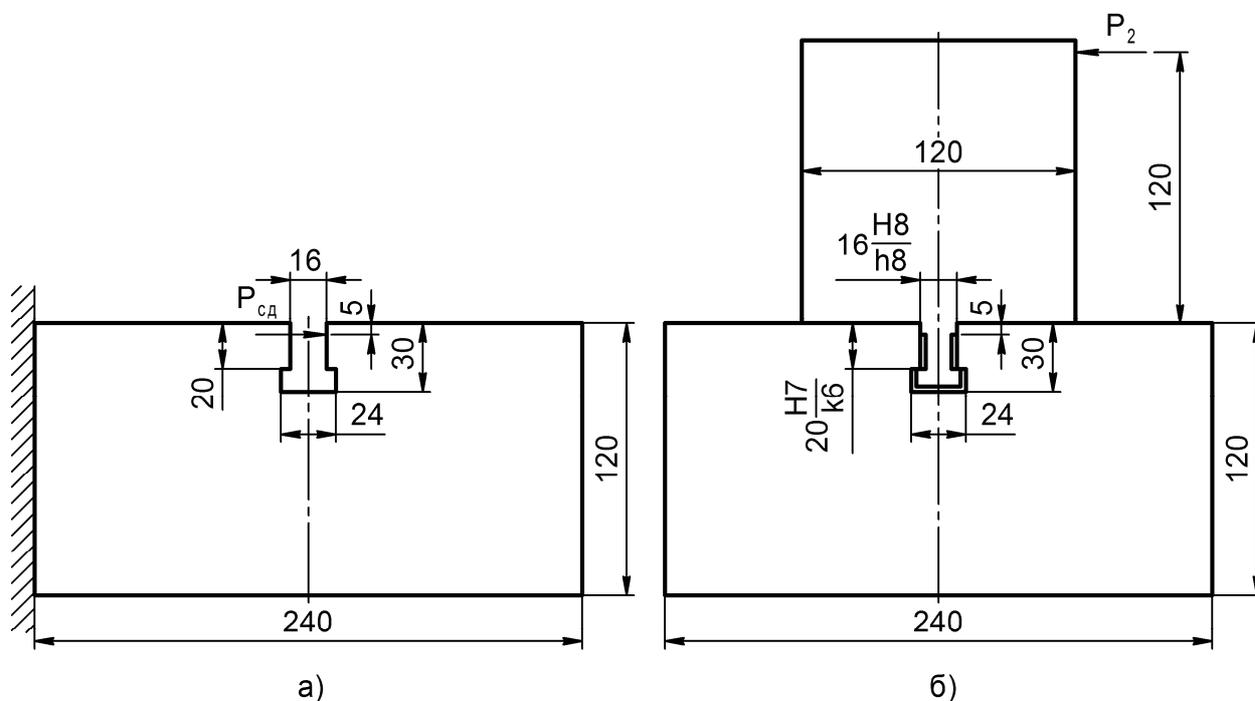


Рис. 2. Размеры и схемы нагружения плоских моделей:
а) при нагружении горизонтальным усилием;
б) при нагружении изгибающим моментом

Плоские модели для исследования выполнялись в масштабе 1:1. Модели изготавливали из оптически активного материала холодного отверждения ЭД-6П. Холодное отверждение целесообразно, так как при этом возникают значительно меньшие остаточные напряжения, процесс полимеризации длится недолго и, главное, при этом применяются малотоксичные отвердители аминного типа.

Исследования проводились на полярископе марки FMW-56 «Меопта». Нагружение моделей осуществлялось на рычажном прессе.

Расшифровку картин полос производили по методу полос. Цену полосы материала определяли на тарировочном диске. Это наиболее точный путь, исключая влияние «краевого эффекта» и неточности нагружения. Вычисление величин напряжений на контурах моделей и переход с модели на натуру производили по известным формулам, приведенным в литературе [5].

Определение величины напряжений на контуре модели производилось на основании полученной картины изохром. Зная порядок полосы-изохром n и определенную путем тарирования цену полосы $\sigma_0^{(t)}$, можно определить разность главных напряжений в рассматриваемой точке модели по формуле

$$\sigma_1 - \sigma_2 = n\sigma_0^{(t)},$$

или по формуле

$$\sigma_1 - \sigma_2 = n\sigma_0^{(1,0)}/t.$$

где $\sigma_0^{(t)}$ – цена полосы для модели данной толщины t , измеряемая в Па;

$\sigma_0^{(1,0)}$ – цена полосы для материала, соответствующая цене полосы для модели толщиной 1 см и измеряемая в Па.

Для точек ненагруженного контура модели, где $\sigma_2 = 0$ (или $\sigma_1 = 0$), формула упрощается и принимает вид

$$\sigma_k = n\sigma_0^{(t)}/t.$$

Из последней формулы видно, что порядок полос у ненагруженного контура модели непосредственно позволяет определить напряжения вдоль контура модели.

Таким образом, для определения напряжений необходимо иметь возможность находить порядок любой полосы. Более удобно определять положение нулевой полосы на картине полос нагруженной модели и по ней вести счет полос. Для выбора из всех полос полосы нулевого порядка производится просвечивание модели источником белого, а не монохроматического света. Благодаря этому картина полос изохром получается цветной и только полосы нулевого порядка остаются черными и легко обнаруживаются.

Переход от модели к натуре. Как известно из теории упругости, некоторые простейшие задачи исследования напряженного состояния решаются без использования упругих постоянных материала. В результате решения получаются соотношения, в которые входят только величины нагрузок, линейных размеров и напряжений. Такого рода задачи при плоском напряженном состоянии характеризуются соотношениями для натурной детали

$$\sigma_n = P_n/F_n = [P_n/(l_n \cdot t_n)] \cdot C \quad (1)$$

и для модели, геометрически подобной детали по очертаниям в плоскости размеров

$$\sigma_m = P_m/F_m = [P_m/(l_m \cdot t_m)] \cdot C \quad (2)$$

При этом коэффициент C имеет одну и ту же величину для модели и для детали. Приняв обозначения $P_v = P_m/P_n$ – масштаб сил; $l_v = l_m/l_n$ – масштаб длин; $t_v = t_m/t_n$ – масштаб толщин; $\sigma_v = \sigma_m/\sigma_n$ – масштаб напряжений и разделив уравнение (1) на уравнение (2), получим зависимость для масштабов

$$\sigma_v = P_v/(l_v \cdot t_v),$$

где P_m, P_n – нагрузки на модели и натуре соответственно;

l_m, l_n – линейные размеры модели и натуре;

t_m, t_n – толщина модели и натуре;

σ_m, σ_n – напряжения в модели и натуре.

Цена полосы материала $\sigma_0^{(t)}$ определялась по формуле

$$\sigma_0^{(t)} = 8P/(\pi d t n),$$

где P – нагрузка на диск, Н;

d – диаметр диска, см;

t – толщина диска, см;

n – измеренный порядок полосы в центре диска.

Результаты расчетов цены полосы материала $\sigma_0^{(t)}$ для соответствующих схем нагружения плоских моделей приведены в табл. 1.

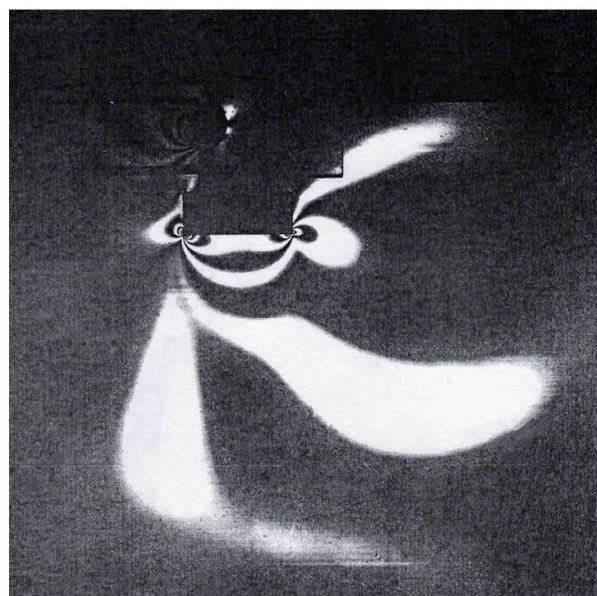
Таблица 1

Значение цены полосы материала $\sigma_0^{(t)}$

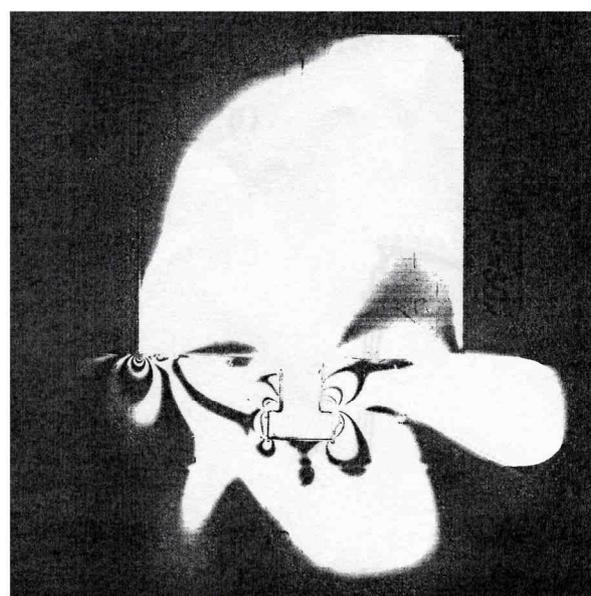
| Схемы нагружения моделей | Нагрузка на диск P , кН | Диаметр диска d , мм | Толщина диска t , мм | Порядок полосы в центре диска | $\sigma_0^{(t)}$, Па |
|--|---------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Горизонтальная нагрузка | 1,50 | 40 | 6,5 | 6 | 24,50 |
| Горизонтальная и вертикальная нагрузка | 1,00 | 40 | 7,0 | 7 | 1,40 |

Результаты исследований. Картины полос, полученные в результате нагружения плоских моделей на полярископе, показаны на рис. 3.

В результате расшифровки картин полос построены эпюры распределения напряжений в соединении базовых и опорно-корпусных деталей. Эпюры показаны на рис. 4.



а)



б)

Рис. 3. Картины полос:
а) при нагружении горизонтальным усилием;
б) при действии изгибающего момента

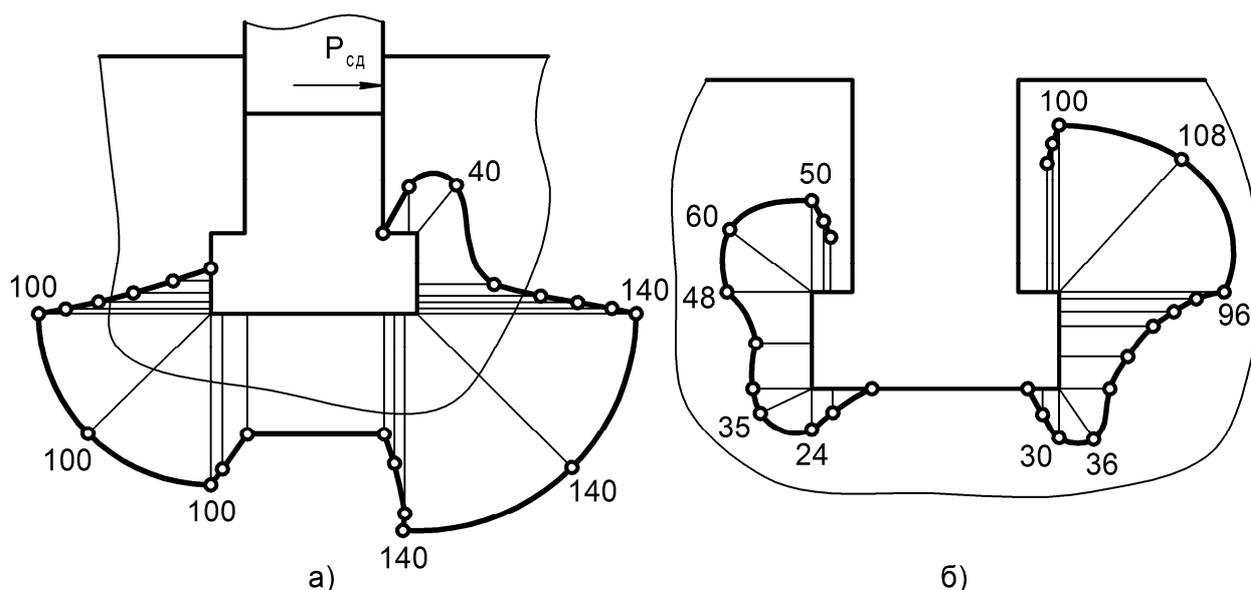


Рис. 4. Эпюры распределения напряжений:
 а) при нагружении горизонтальным усилием;
 б) при нагружении изгибающим моментом

Из эпюр видно, что максимальная величина действующих напряжений растяжения, возникающих в соединении, составляет $\sigma_{\max} = 140$ МПа и $\sigma_{\max} = 108$ МПа для соответствующих схем нагружения базовых и опорно-корпусных деталей.

Допускаемое напряжение растяжения для чугуна ВЧ50-2, как было установлено, составляет $[\sigma] = 190$ МПа.

Выводы

Исследования показали, что действующие напряжения в соединении «Т-образный паз – шпонка – болт» меньше допустимых, а это обеспечивает длительную работоспособность соединения при выбранных параметрах и размерах Т-образных пазов базовых и опорно-корпусных деталей УСРПС.

Список литературы

1. Горбулин, В. П. Обратимая технологическая оснастка для ГПС [Текст] / В. П. Горбулин, Г. Н. Жолткевич, Н. Д. Жолткевич, А. С. Кобзев [и др.]. – К.: Техніка, 1992. – 216 с.
2. Шац, А. С. Универсально-сборные приспособления для сборки под сварку металлоконструкций длиной 1000–5000 мм. Технология, организация и механизация сварочного производства. Альбом. / А. С. Шац, Л. С. Филатов. – НИИинформтяжмаш, 1970. – № 5. – 98 с.: илл.
3. Жолткевич, Н. Д. Отраслевая система переналаживаемой технологической оснастки для ускоренной технологической подготовки производства [Текст] / Н. Д. Жолткевич [и др.]. – М.: ЦНИИ информ., 1988. – 248 с.
4. Фролов, Е. А. Экспериментальное исследование влияния конструктивных элементов Т-образных пазов базовых плит УСРПС на прочность / Е. А. Фролов, С. И. Кравченко, О. В. Бондарь, А. М. Пирнат // Открытые информационные и ком-

пьютерные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н. Е. Жуковского «ХАИ». – Вып. 72. – Х., 2016. – С. 224–231.

5. Колфилд, Г. Оптическая голография. В 2-х томах. Том 1. Пер. с англ. / Под ред. Г. Колфилда. – М.: Мир, 1982 – Т. 1 – 376 с.: ил.

Поступила в редакцию 12.12.2016

Визначення діючих напружень у з'єднанні базових деталей універсальних збірно-розбірних пристосувань для зварювальних робіт

Проведено дослідження напруженого стану найбільш навантаженого вузла базових елементів універсальних збірно-розбірних пристосувань для зварювальних робіт (УЗРПЗ) при дії зсувних навантажень у з'єднанні «Т-подібний паз – шпонка – болт» на плоских моделях за допомогою поляризаційно-оптичного методу вимірювання напружень. Встановлено, що максимальна величина діючих напружень розтягу в цих з'єднаннях менша допустимих значень, тим самим забезпечуючи їх тривалу працездатність при вибраних параметрах і розмірах Т-подібних пазів базових і опорно-корпусних деталей УЗРПЗ.

Ключові слова: універсально-збірне переналагоджуване оснащення, складально-зварювальні процеси, модель, напруження, оптичний метод, розтяг.

Determination of actual stresses in connection of basic details of the universal collapsible devices for welding operations

Researches of tension of the most loaded node of basic elements of the universal collapsible devices for welding operations (UCDWO) in case of action of the shifting loadings in the "T-slot – spline – bolt" connection on plane models by means of a polarizable and optical method of measurement of tension are conducted. Found that the maximum value of actual stresses of stretching in these connections is less than admissible values of tension, thereby providing their long working capacity in case of the selected parameters and the sizes T-slots of basic and reference and case details of UCDWO.

Keywords: universal and combined readjusted equipment, assembly and welding processes, model, tension, optical method, stretching.

Сведения об авторах:

Фролов Евгений Андреевич – д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

Пирнат Артур Михайлович – аспирант, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

Кравченко Сергей Иванович – канд. техн. наук, доц., Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.

Бондарь Олег Валентинович – ассистент, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава, Украина.