

УДК 621.791.039

Е.А. ФРОЛОВ, О.В. БОНДАРЬ, С.И. КРАВЧЕНКО*Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка,
Украина*

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ КОНСТРУКТИВНЫХ И СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СВАРОЧНЫХ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В статье представлены основные схемы силового взаимодействия в универсальных сварочных сборно-разборных приспособлениях при изготовлении сложных сварных изделий. Установлены факторы влияния и критерии оценки параметров приспособлений. Определены основные требования конструкции, обеспечивающие высокую работоспособность, надежность и универсальность при одновременной минимизации параметров основных элементов компоновок. Установлено, что решающее значение для оценки конструктивных параметров приспособлений имеет жесткость и прочность всей конструкции, а в особенности опорно-корпусных элементов.

Ключевые слова: сборка, сварка, приспособления, универсальность, переналадка, прочность, жесткость, работоспособность.

Введение

Опыт передовых предприятий авиастроения и машиностроения показал, что одним из эффективных путей сокращения затрат и сроков подготовки производства изделий сварных конструкций является широкое применение переналаживаемой оснастки. Условия эксплуатации приспособлений предъявляют к ним ряд требований, от степени удовлетворения которых зависит технологическое совершенство конструкций и эффективность применения приспособлений при освоении новых видов продукции.

1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций

Универсальные сборочно-сварочные приспособления (УССП) в процессе эксплуатации подвергаются воздействию силовых нагрузок, особенно при изготовлении металлоемких конструкций, а поверхности их элементов — абразивному износу и действию брызг расплавленного металла при сварке. Вопросы обеспечения надежности, долговечности конструкции в целом и рабочих поверхностей сборочно-сварочных приспособлений в условиях единичного мелкосерийного производства освещены в работах [1–3].

Силовые взаимодействия в сборочно-сварочных приспособлениях, в том числе и в компоновках УССП, определяются характером происхождения, изменения во времени и условиями при-

ложения эксплуатационных нагрузок, их воздействием на элементы приспособлений и взаимодействием последних между собой. Однако в технической литературе недостаточно исследованы вопросы влияния конструктивных и силовых параметров УССП на долговечность и работоспособность в условиях серийного производства изделий.

Целью настоящей работы является изучение влияния и определение критериев оценки силовых параметров конструктивных элементов УССП.

2. Основная часть

По характеру происхождения нагрузки, действующие на элемент УССП, можно разделить на следующие виды:

- нагрузки, создаваемые прижимными устройствами в процессе установки и закрепления заготовок в приспособлениях, P ;
- нагрузки, создаваемые массой сварных конструкций, G ;
- нагрузки, вызываемые усадочными явлениями, происходящими в зоне сварных швов в результате нагрева металла при сварке и последующего его охлаждения, Q ;
- нагрузки, создаваемые крепежными элементами в стыках и соединениях при сборке УССП, так называемые монтажные нагрузки, P_m .

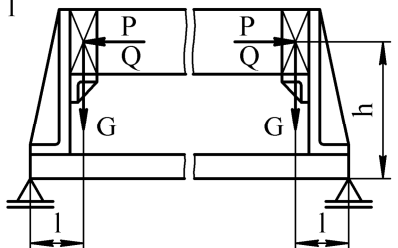
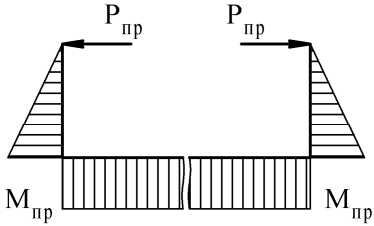
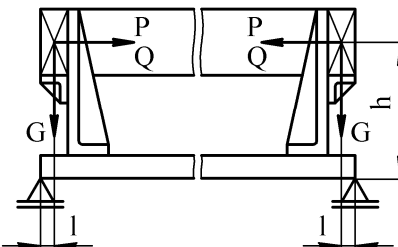
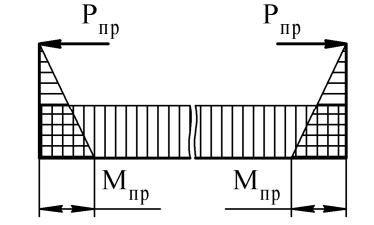
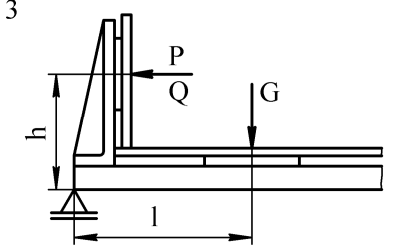
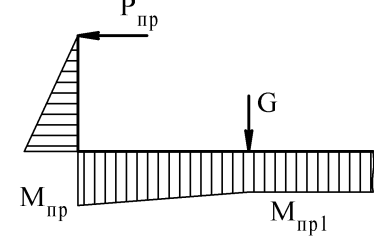
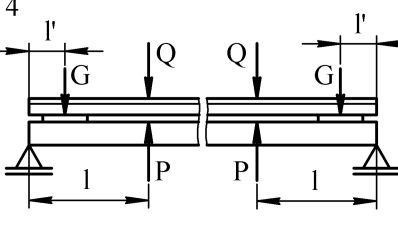
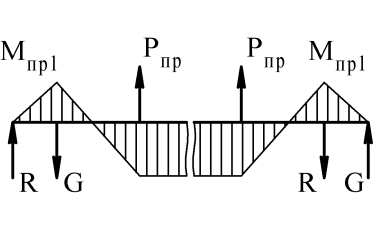
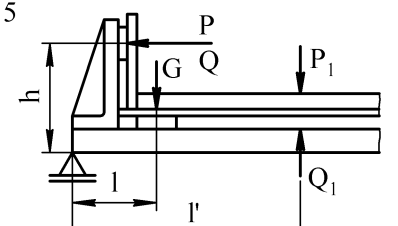
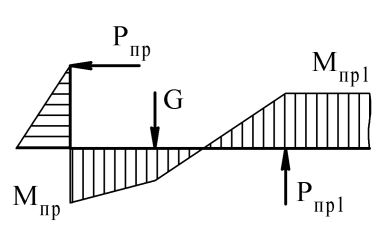
По условиям приложения эксплуатационные нагрузки статические. Динамические нагрузки могут иметь место лишь в результате нарушения правил эксплуатации приспособлений.

Основной характеристикой силовых взаимодействий в компоновках УССП являются схемы нагружения приспособлений и их элементов. Для выявления типовых схем нагружения проведен структурный анализ конструкций универсальных сборочно-сварочных приспособлений.

В табл. 1 представлены основные компоновочные схемы УССП, из которых следует, что все нагрузки, действующие в приспособлениях, воспринимаются, в основном, опорно-корпусными элементами и через соединения передаются базовым основаниям.

Таблица 1

Типовые схемы нагружения элементов УССП

Компоновочная схема приспособления	Расчетная схема нагружения	Параметры нагрузок
<p>1</p> 		$M_{пр} = P_{пр} \cdot h,$ $P_{пр} = P \pm Q - G \cdot l / h$
<p>2</p> 		$M_{пр} = P_{пр} \cdot h,$ $P_{пр} = P \pm Q - G \cdot l / h$
<p>3</p> 		$M_{пр} = P_{пр} \cdot h,$ $M_{пр1} = P_{пр} \cdot h - G \cdot l,$ $P_{пр} = P \pm Q$
<p>4</p> 		$M_{пр} = P_{пр}(l - l'),$ $M_{пр1} = G \cdot l',$ $P_{пр} = P \pm Q$
<p>5</p> 		$M_{пр} = P_{пр} \cdot h,$ $M_{пр1} = P_{пр} \cdot h - G \cdot l + P_{пр1}(l - l'),$ $P_{пр} = P \pm Q,$ $P_{пр1} = P_1 \pm Q_1$

Основной расчетной схемой нагружения опорно-корпусных элементов является схема консольной жестко заземленной балки, нагруженной на свободном конце сосредоточенной силой $P_{пр}$ (схема 1–3). Базовые основания представляются в виде пластин или плит, нагруженных постоянными изгибающими моментами $M_{пр}$ (схемы 1–2), моментами $M_{пс} = Q \cdot l$ от сил, перпендикулярных срединной плоскости пластины или плиты (схема 4) или композицией моментов $M_{пр}$ и $M_{пс}$ (схемы 3; 5). При этом, нагружение базовых оснований моментами может быть одноосным или двухосным.

По методу опирания базовые основания могут быть представлены как конструкции свободно опертые по контуру (для приспособлений первой, второй и, частично, третьей серий) или жестко закрепленные в определенных местах (для приспособлений третьей, четвертой и пятой серий). При этом основными вариантами жесткого крепления базовых оснований является крепление их в четырех, шести и девяти точках.

Передача и распределение эксплуатационных нагрузок в приспособлениях осуществляется элементами соединения с базовым основанием. Из рис. 1 и рис. 2 видно, что соединение нагружено опрокидывающим моментом $M_{опр} = M_{пр} = P_{пр} \cdot h$ и сдвигающим усилием $R_{пр}$. Опрокидывающий момент воспринимается крепежными элементами соединения и нагружает их дополнительным осевым усилием $R = P_{пр} \cdot h \cdot l^{-1}$.

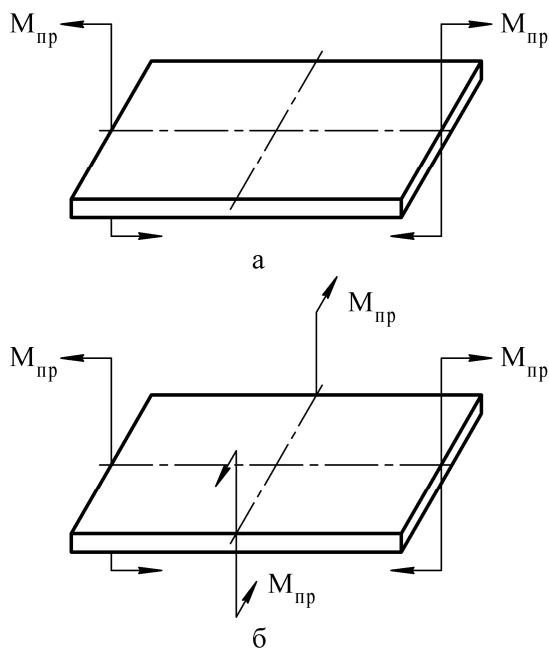


Рис. 1. Варианты нагружения базовых оснований

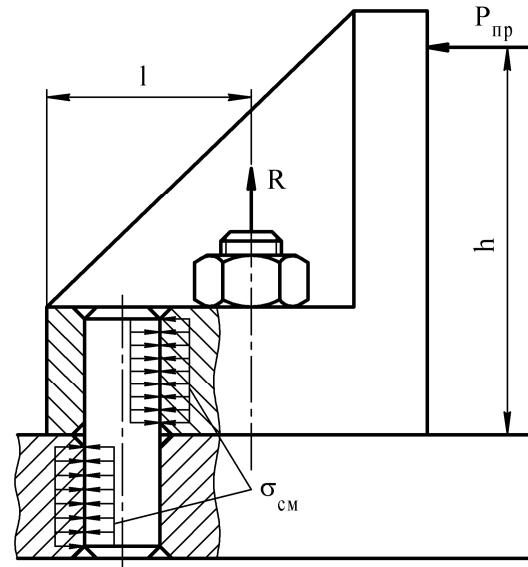


Рис. 2. Силовые взаимодействия в соединении

Сдвигающее усилие передается установочным элементам (шпонкам, штифтам и пр.) и вызывает в них деформации смятия поверхностей и среза.

Кроме рассмотренных выше схем нагружения, в приспособлениях довольно часто встречаются случаи местного нагружения базовых оснований вертикальными усилиями (см. таблицу 1, схема 5). С точки зрения оптимизации мест приложения эти усилия являются «блуждающими» и ввести их в расчетную схему приспособления весьма затруднительно. Их действие вызывает появление местных деформаций и напряжений, влияние которых может быть учтено коэффициентом запаса прочности (рис. 2).

Таким образом, все разнообразие силовых взаимодействий, встречающихся в приспособлениях, может быть сведено к рассмотренным схемам нагружения, что значительно упрощает методику расчета и исследования конструкций разрабатываемых приспособлений.

Анализ силовых взаимодействий и схем нагружения УССП показывает, что в качестве расчетного значения эксплуатационной нагрузки должна быть принята приведенная сила, равная сумме расчетных нагрузок, то есть:

$$P_{пр} = P + G + Q.$$

Это соответствует расчетной схеме приспособления, когда все действующие в нем силы, строго совпадают по направлению.

Как уже отмечалось, целью разработки и внедрения УССП является обеспечение гибкости и мобильности средств технологического оснащения серийного производства путем замены неразборных сварочных приспособлений, создание материально-

технической базы ускоренной подготовки производства и обеспечение требуемой точности и качества изготовления сварных конструкций.

Анализ конструкций сборочно-сварочных приспособлений и опыта их эксплуатации, показал, что для достижения поставленной цели УССП должны сочетать в себе положительные качества специальных, универсально-сборных и других переналаживаемых приспособлений.

Учитывая изложенное, в качестве основных требований, предъявляемых к конструкции УССП, можно выделить следующее:

1. Структурно УССП должны состоять из минимального количества унифицированных конструкций деталей и сборочных единиц (далее по тексту – элементов), обеспечивающих сборку всего потребного многообразия сборочно-сварочных приспособлений.

2. Конструкция элементов УССП и способы их соединения должны обеспечивать быструю, надежную и удобную сборку приспособлений, а также возможность их оперативной переналадки без механической доработки элементов.

3. Технические решения, заложенные в конструкцию УССП, должны максимально удовлетворять принципам машинного проектирования приспособлений.

4. Компоновки УССП должны обладать единством принципиальной конструкции, одинаковыми показателями прочности и жесткости (т.е. быть равнопрочными), а их элементы – функциональной взаимозаменяемостью и высокой унификацией конструктивного исполнения.

5. Жесткость элементов УССП должна быть достаточной, чтобы эффективно способствовать снижению или предотвращению остаточных деформаций и обеспечению требуемой точности изготовления сварных конструкций.

6. Прочность элементов УССП и износостойкость их поверхностей должны обеспечивать надежную работу приспособлений в течение 10...12 лет.

7. Способы соединения элементов УССП должны обеспечивать стабильность размеров приспособлений в течение всего периода их эксплуатации, при транспортировании и хранении.

8. Жесткость соединения элементов УССП должна быть не ниже жесткости пальцевого соединения, применяемого в конструкциях специальных и переналаживаемых приспособлений.

9. Собираемость элементов приспособлений, или вероятность того, что произвольно установленные друг на друга элементы УССП всегда могут быть надежно соединены, должна быть максимально возможной, но не ниже 80%.

10. Конструкции элементов УССП должны быть максимально просты, технологичны и предусматривать возможность их изготовления высокопроизводительными методами из прогрессивных заготовок.

11. Абсолютная металлоемкость (масса) приспособлений из элементов УССП не должна превышать металлоемкость (массу) неразборных специальных приспособлений (НСП) более чем на 10...15%.

12. Приспособления из элементов УССП должны быть удобны в эксплуатации и обеспечивать:

– свободный доступ к местам установки и сварки заготовок собираемых конструкций, к органам управления зажимных и фиксирующих устройств;

– быструю, удобную и надежную установку заготовок собираемых конструкций и свободное их удаление из приспособления после сварки;

– наиболее рациональный порядок сборки и сварки изделий при минимальном количестве переустановок или кантовок;

– безопасные условия работы.

Заключение

Изложенные требования и критерии оценки конструктивных и силовых параметров УССП предполагают обеспечение высокой универсальности, работоспособности и долговечности приспособлений при одновременной минимизации конструктивных параметров их элементов. В этих условиях решающее значение для оценки конструктивных параметров приобретает прочность и жесткость всей конструкции.

Литература

1. Жолткевич, Н.Д. *Обратимая технологическая оснастка для гибких производственных систем [Текст] / Н.Д. Жолткевич, А.Я. Мовшович, В.И. Глуценко. – К.: Техника, 1992. – 215 с.*

2. Ряховский, А.В. *Научные основы конструирования технологической оснастки для автоматизированных производств [Текст] / А.В. Ряховский // Сб. научных трудов НТУ «ХПИ». – Вып. 1(10), 2005. – С. 3–7.*

3. *Конструкции универсальных сборно-разборных приспособлений для сборочно-сварочных работ (УСПП-С) [Текст] / А.Я. Мовшович, К.А. Изотова, Ю.А. Черная, О.В. Бондарь // Машиностроение: сб. науч. трудов УИПА. – Вып. 9, 2012. – С. 148–161.*

Поступила в редакцию 16.04.2013, рассмотрена на редколлегии 24.04.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. кафедры Интегрированных технологий и сварочного производства А.Я. Мовшович, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ КОНСТРУКТИВНИХ І СИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗВАРЮВАЛЬНИХ ЗБІРНО-РОЗБІРНИХ ПРИСТОСУВАНЬ

Є.А. Фролов, О.В. Бондар, С.І. Кравченко

У статті представлено основні схеми силової взаємодії в універсальних зварювальних збірно-розбірних пристосуваннях при виготовленні складних зварних виробів. Встановлено фактори впливу та критерії оцінки параметрів пристосувань. Визначено основні вимоги конструкції, що забезпечують високу працездатність, надійність та універсальність при одночасній мінімізації параметрів основних елементів компоновок. Встановлено, що вирішальне значення для оцінки конструктивних параметрів пристосувань має жорсткість і міцність усієї конструкції, а особливо опорно-корпусних елементів.

Ключові слова: складання, зварювання, пристосування, універсальність, переналагодження, міцність, жорсткість, працездатність.

ANALYSIS CRITERIA OF DESIGN AND FORCE PARAMETERS FOR MULTI-PURPOSE WELDING ASSEMBLY AND DISASSEMBLY FIXTURES

E.A. Frolov, O.V. Bondar, S.I. Kravchenko

This article presents the main diagrams of structural interaction in multi-purpose welding assembly and disassembly fixtures under manufacturing of sophisticated welded items. Provision has been made for determination of analysis criteria and influence on fixture parameters. Main structural requirements providing high operability, reliability and multi-purpose while minimizing the layout parameters of the main elements have been defined. Found that the decisive design parameters for evaluation device has a rigidity and strength of the entire structure, and especially the support-hull elements.

Keywords: assembly, welding, fixtures, multi-purpose, readjustment, strength, stiffness, operability.

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

Бондарь Олег Валентинович – аспирант кафедры технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, e-mail: kaftechmash@inbox.ru.

Кравченко Сергей Иванович – канд. техн. наук, доцент кафедры технологии машиностроения, Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина.