

Исследование напряженного деформированного состояния базовых плит УСПС для сварочного производства металлоемких изделий

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

В статье представлены результаты исследования напряженно-деформированного состояния базовых плит универсально-сборных приспособлений размерами более 500 мм для сборочно-сварочных работ, которые были получены с использованием метода конечных элементов. Определены максимальные значения компонент нормальных и тангенциальных напряжений с учетом сварочных деформаций, а также соотношения величин прогибов при различных схемах нагружения. Установлено, что оптимальным с точки зрения напряженно-деформированного состояния является закрепление базовых плит в 9-ти точках.

Ключевые слова: универсально-сборные приспособления, базовая плита, напряженно-деформированное состояние, деформация, прочность.

Введение

В развитии современного машиностроения большая роль принадлежит сборочно-сварочному производству. 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 необратимой оснастки УСПС – универсально-сборных приспособлений для сборочно-сварочных работ, особенно для сварных изделий габаритами более 500 мм.

1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций

До настоящего времени при проектировании УСПС для сборки изделий конструктивные параметры их принимались без учета сварочных деформаций и назначались опытным путем в виду отсутствия достоверных методов расчета [1-3]. Это приводило к частым поломкам элементов УСПС, а завышенный запас прочности снижал эффективность применения их в виду увеличенных габаритных размеров элементов приспособлений. Особенно это касается базовых плит УСПС, которые являются основанием всех компоновок и в процессе работы воспринимают наиболее высокие нагрузки. От их прочности и жесткости зависит качество и точность сборочно-сварочных работ.

Однако в литературе силовые условия работы сборочно-сварочных приспособлений для габаритных и металлоемких изделий изучены недостаточно полно.

Отсутствуют исследования напряженно-деформированного состояния оснований (базовых плит) с учетом схем нагружения и нагрузки.

Целью исследований является определение напряженно-деформированного состояния базовых плит УСПС.

2. Изложение основного материала

Универсально-сборные приспособления для сборочно-сварочных работ (УСПС) являются одним из эффективных средств, позволяющих значительно сократить цикл изготовления сборочно-сварочных приспособлений и почти вдвое уменьшить затраты на оснащение производства новых изделий.

Базовые плиты УСПС являются основанием всех компоновок и в процессе работы воспринимают все нагрузки. От прочности и жесткости плит зависит качество сборочно-сварочных работ.

В результате анализа условий эксплуатации УСПС на различных предприятиях машиностроительной отрасли установлены две расчетные схемы нагружения плит изгибающими моментами: двумя и четырьмя. Выявлено также, что базовые плиты могут иметь точечное опирание и закрепление в 4-х, 6-ти и 9-ти точках.

С точки зрения теории упругости базовые плиты представляют собой тонкие пластинки со сложной схемой нагружения и опирания.

Изучение специальной технической литературы показало, что аналитическое решение для рассматриваемого случая еще не получено ввиду сложности задачи.

Для расчета напряженно-деформированного состояния сложных конструкций космической, авиационной, судовой техники широкое применение получил метод конечных элементов (МКЭ) [4]. Благодаря его универсальности и алгоритмичности этот метод является одним из эффективных при расчете конструкций, подверженных действию различных нагрузок.

Использование современной вычислительной техники позволяет при расчетах по МКЭ получать решения многих сложных задач.

Исследование напряженно-деформированного состояния базовых плит УСПС и было проведено по МКЭ.

С позиции конструктивной прочности рассматриваемая задача является двумерной и относится к первой основной задаче теории упругости.

Исходными предпосылками при постановке настоящей задачи являлись следующие:

- материал пластины считался изотропным и однородным;
- связь между компонентами напряжений и деформаций выражалась законом Гука;
- массовыми и инерционными силами пренебрегали.

При расчете изгиба пластин по методу конечных элементов принимались те же гипотезы, что и в классической теории изгиба пластин. Исследуемая область базовой плиты разбивалась на 64 прямоугольных элемента, в каждом из которых определялись усредненные значения компонентов напряжений и эквивалентное напряжение, вычисленное по гипотезе удельной потенциальной энергии формоизменения (четвертая теория прочности). В узлах элементов определялись перемещения в направлении оси Z и два угла поворота вокруг оси X и Y (рис. 1). При этом были исследованы различные варианты конструктивных и эксплуатационных

параметров базовых плит универсально-сборных приспособлений, приведенные в табл. 1.

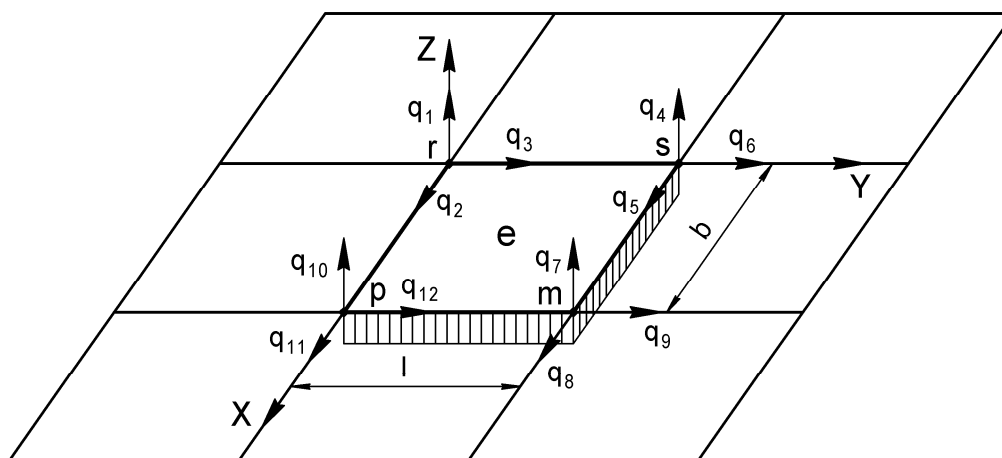


Рис. 1. Прямоугольный конечный элемент пластины при изгибе

Таблица 1

Параметры при проведении исследований

Форма плит	Материал плит и толщина (Н)	Условия опирания	Схемы нагружения изгибающими моментами
Прямоугольная с соотношением сторон 1,7 : 1	Высокопрочный чугун ВЧ-50-2: $E = 1,25 \cdot 10^3$ МПа; $\nu = 0,25$; Н = 45, 60, 75, 90, 105, 120 мм	Опираие и закрепление в 4-х, 6-ти и 9-ти точках	2 равных момента, 4 равных момента, 4 момента, два из которых в 1,33 раза больше двух других

Условия закрепления пластины принимались таковыми, что перемещение по оси Z и углы поворота относительно осей X и Y в точках закрепления, считались равными нулю.

Для численной реализации поставленной задачи была разработана специальная программа. Вычисления проводились с использованием ПЭВМ.

Полученные результаты машинного счета были систематизированы, проанализированы и представлены в виде эпюр и графиков, характеризующих напряженно-деформированное состояние базовых плит УСПС и влияние на него различных конструктивных и эксплуатационных параметров.

Анализ эпюр приведенных напряжений (σ_{np}) показывает, что наиболее нагруженной зоной базовых плит является область приложения изгибающих моментов. В этой зоне все нормальные (σ_x , σ_y) и тангенциальные (τ_{xy}) компоненты напряжений имеют максимальную величину.

Варьирование конструктивных и эксплуатационных параметров базовых плит УСПС в процессе машинного счета показало следующие результаты.

Соотношение сторон плит оказывает существенное влияние на величину действующих напряжений. При одинаковых условиях опирания и схемах нагруже-

ния приведенные напряжения на поверхности прямоугольных плит в 2,1 раза больше соответствующих напряжений квадратных плит.

Изменение условий опирания также оказывает влияние на изменение величины напряжений. Например, в квадратных плитах при нагружении двумя изгибающими моментами величины напряжений при опирании и закреплении в 4-х, 6-ти и 9-ти точках находятся в соотношении 1 : 1,7 : 1,8.

Изменение схемы нагружения плит существенно влияет на величину действующих напряжений. Например, при нагружении квадратных плит двумя и четырьмя моментами величины соответствующих напряжений находятся в соотношении 1 : 1,6.

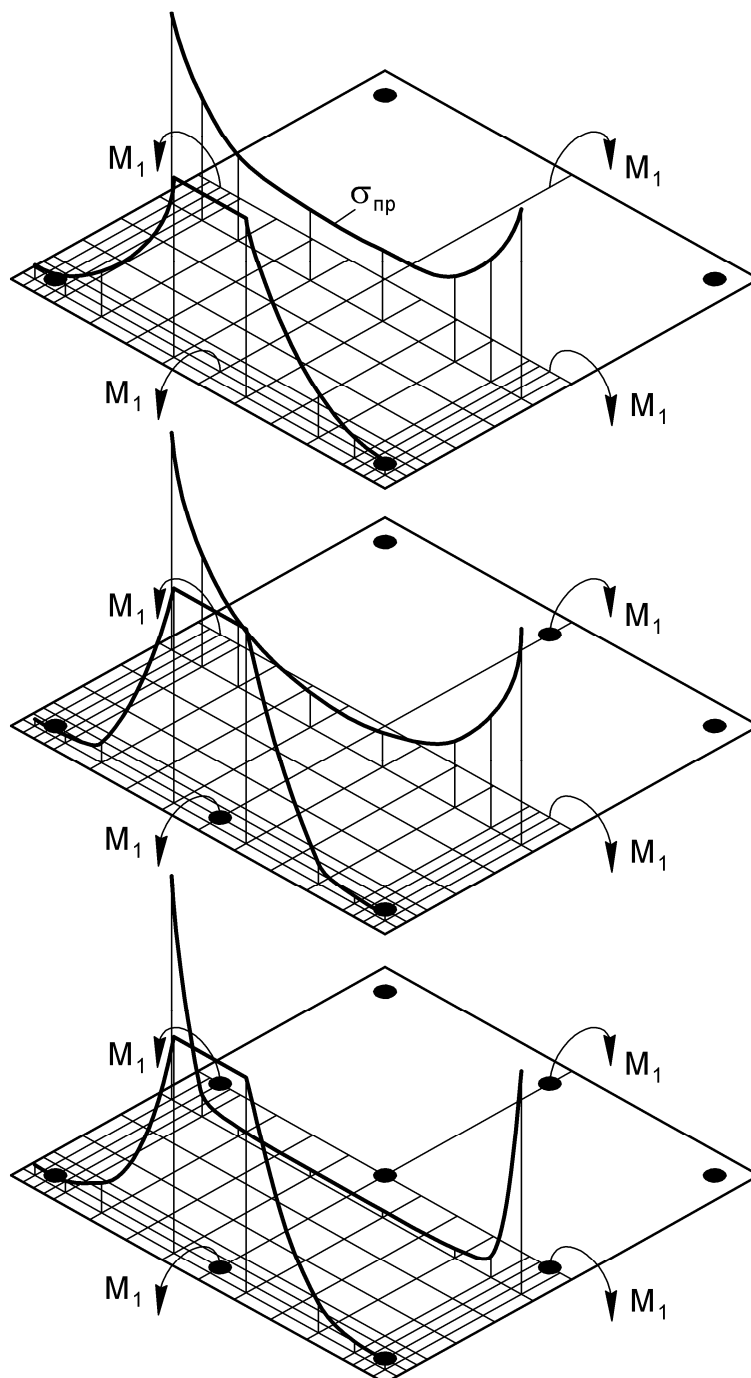


Рис. 2. Напряженное состояние квадратной плиты

Исследования напряженного состояния при различных толщинах плит показало, что приведенные напряжения всех вариантов не только не превосходят допустимо $[\sigma] = 190$ МПа, но и значительно меньше его – $\sigma_{пр} = 10...70$ МПа. Следовательно, напряжения, возникающие на поверхности базовых плит, не являются определяющим фактором при выборе их толщины.

На рис. 2 в качестве примера показаны эпюры приведенных напряжений квадратных плит при опирании и закреплении в 4-х, 6-ти и 9-ти точках и нагружении четырьмя равными изгибающими моментами.

Исследование деформированного состояния базовых плит показало следующие результаты.

Деформированное состояние плит при одинаковых условиях опирания подобно. Наибольшие значения прогибы имеют в центральных зонах и на контуре плит при закреплении в 4-х точках. Изменение условий опирания оказывает существенное влияние на величину прогибов плит.

При закреплении в 9-ти точках во всех случаях деформации плит имеют незначительную величину.

При закреплении прямоугольных и квадратных плит в 4-х точках и нагружении двумя изгибающими моментами наибольшие прогибы имеют место на контуре плит в области приложения моментов. Отношение наибольшего контурного прогиба к прогибу в центре плиты составляет: для прямоугольных плит 140 %, для квадратных – 230 %. При закреплении в 6-ти и 9-ти точках эти отношения увеличиваются.

Изменение схемы нагружения базовых плит оказывает существенное влияние на характер деформированного состояния. Для всех вариантов при закреплении в 6-ти и 9-ти точках наибольшие прогибы имеют место на контуре плит, а не в центральной зоне. При закреплении в 4-х точках наибольший прогиб имеет место в центре плит.

На рис. 3 в качестве примера показана картина деформированного состояния квадратной плиты при нагружении четырьмя равными изгибающими моментами.

Установлены соотношения величин прогибов при различных схемах нагружения.

Анализ картин деформированного состояния рассматриваемых вариантов плит позволяет сравнительно просто выбрать оптимальную схему их опирания.

Из всех рассмотренных вариантов видно, что наименьшие прогибы базовые плиты при всех схемах нагружения имеют в случае закреплении их в 9-ти точках.

Выводы

Таким образом, по результатам исследования напряженно-деформированного состояния базовых плит универсально-сборных приспособлений для сборочно-сварочных работ по методу конечных элементов сделаны следующие основные выводы:

1. Максимальные значения компонент нормальных и тангенциальных напряжений наблюдаются у боковых кромок плит.

2. Приведенные напряжения во всех рассмотренных случаях значительно меньше допускаемых.

3. Оптимальным с точки зрения напряженно-деформированного состояния является закрепление базовых плит в 9-ти точках.

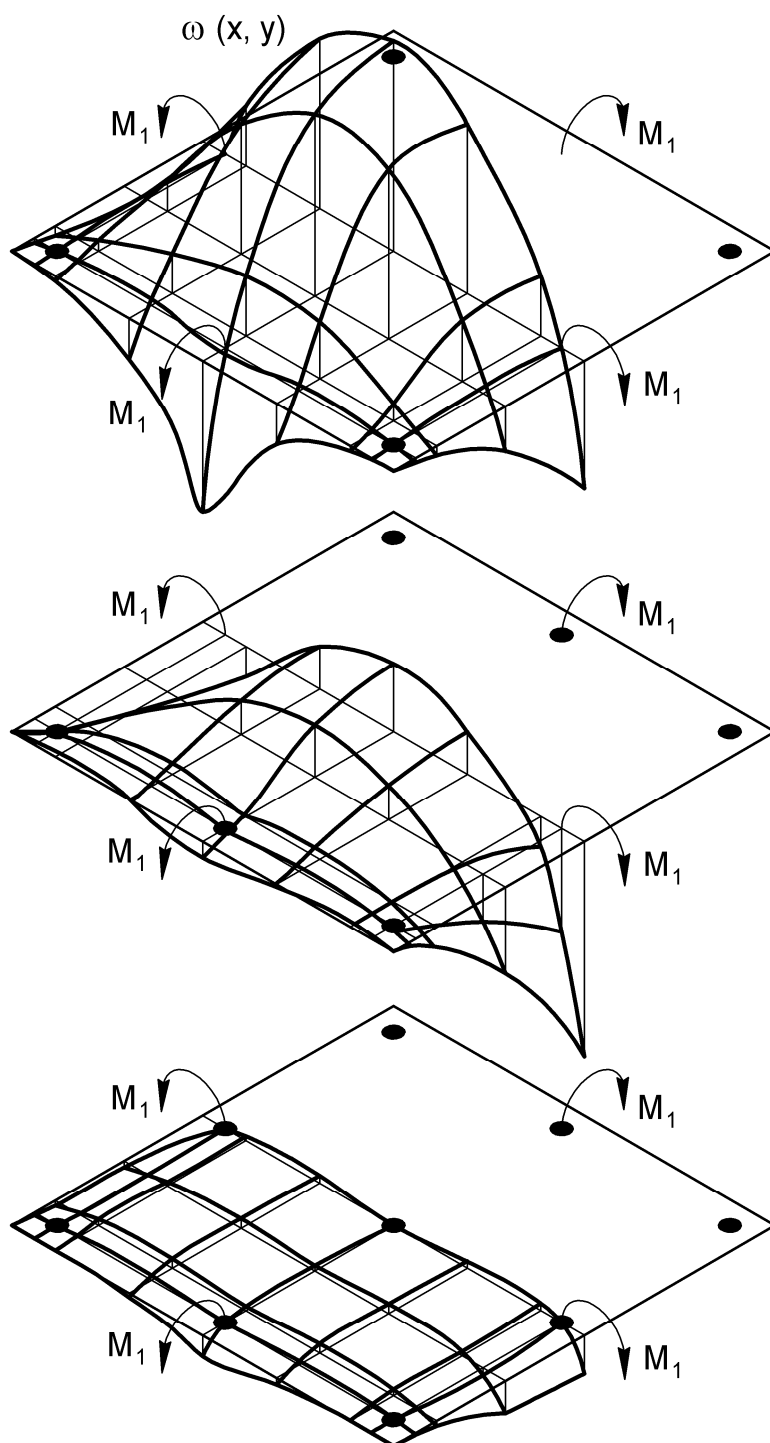


Рис. 3. Деформированная поверхность квадратной плиты

Список литературы

1. Шац А.С. Универсально-сборные приспособления для сборки под сварку металлоконструкций длиной 1000–5000 мм. Технология, организация и механи-

зация сварочного производства. Альбом. / А.С. Шац, Л.С. Филатов. – НИИИнформтяжмаш, 1970. – № 5. – 98 с.: илл.

2. Колганов И.М. Проектирование приспособлений, прочностные расчеты, расчет точности сборки: учеб. пособие. / И.М. Колганов, В.В. Филиппов. – Ульяновск: УлГТУ, 2000. – 99 с.

3. Мовшович А.Я. Исследование деформированного состояния базовых плит универсально-сборных приспособлений для сварочных работ и выбор рациональной схемы их опирания и закрепления / А.Я. Мовшович, Г.И. Ищенко, Ю.А. Черная, О.В. Бондарь // Высокие технологии в машиностроении: сб. науч. тр. / Нац. техн. ун-т «ХПИ». – Х., 2012. – Вып. 1 (22). – С. 247–251.

4. Крылов О.В. Метод конечных элементов и его применение в инженерных расчетах / О.В. Крылов. – М.: Радио и связь, 2002. – 104 с.

Поступила в редакцию 11.09.2015.

Дослідження напруженого деформованого стану базових плит УЗПЗ для зварювального виробництва металосємних виробів

У статті представлені результати дослідження напружено-деформованого стану базових плит універсально-збірних пристосувань розмірами понад 500 мм для складально-зварювальних робіт, які були отримані з використанням методу кінцевих елементів. Визначено максимальні значення компонент нормальних і тангенціальних напружень з урахуванням зварювальних деформацій, а також співвідношення величин прогинів при різних схемах навантаження. Встановлено, що оптимальним з погляду напружено-деформованого стану є закріплення базових плит в 9-ти точках.

Ключові слова: універсально-збірні пристосування, базова плита, напружено-деформований стан, деформація, міцність.

Investigation of the intense deformed condition of basic plates of UADW for welding production of metal-consuming products

The article presents the results of a study of the intense deformed condition of basic plates of universal and combined adaptations by the sizes more than 500 mm for assembly and welding job which were got with use of a method of final elements. Determined the maximum values of the normal and tangential tension taking into account welding deformation, and also ratios of sizes of deflections at various schemes of loading. It is established that from the point of view of the intense deformed state is securing the base plates in 9 points.

Keywords: universal and combined adaptations, a basic plate, the intense deformed state, deformation, durability.