

Разработка методики и определение величины смещения приварок в изделиях, свариваемых в переналаживаемой сборочно-сварочной оснастке

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

Предложена методика определения величины смещения приварок, осуществляемых в переналаживаемых сборно-разборных приспособлениях для установки приварок на различных плоскостях корпусов изделий. В ходе проведенных расчетов определено, что величина смещения приварки не зависит от способа установки прихватки в пространстве. Установлены величины отклонений различных по конструкции элементов для прихватки, которые составляют $\Delta x = 243$ мкм, $\Delta y = 251$ мкм, что в два раза меньше допусков, устанавливаемых техническими условиями при выполнении сварочно-сборочных операций с использованием переналаживаемой оснастки.

Ключевые слова: сборочно-сварочные операции, переналаживаемые сборные приспособления, точность, смещение.

Введение

Обеспечение качественных показателей при снижении трудоемкости изготовления деталей из листа изделий сложной техники (машиностроительной, аэрокосмической, транспортной и т. п.) является одной из важных задач, стоящих перед производством в современных условиях.

Современное производство характеризуется применением на предприятиях в основном специальной оснастки. В условиях постоянно растущих требований к эффективности и интенсификации производства в условиях рыночной экономики применение специальной оснастки ведет к увеличению затрат на подготовку производства и удлинению сроков производства новых изделий от 2 до 4 лет.

Вышеизложенное касается производства сборно-сварных конструкций, так как применение неразборных сварочных приспособлений не удовлетворяет растущим требованиям к современным технологиям и в значительной мере тормозит технологический процесс.

Одним из эффективных средств, позволяющих значительно снизить затраты и сроки подготовки производства новых сварных изделий и повысить их качество, является широкое использование в условиях машиностроительных предприятий переналаживаемых приспособлений для сборочно-сварочных работ.

1. Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций

Особое место в сборочно-сварочном производстве занимают переналаживаемые сборно-разборные приспособления (ПСРП-П) для установки приварок на различных плоскостях корпусов изделий [1–3].

Вся номенклатура деталей и сборочных единиц ПСРП-П по функциональному назначению делится на 5 групп: базовые, соединительные, установочные, фиксирующие и крепежные. Точность изготовления рабочих поверхностей их элементов соответствует 9–10 квалитетам точности.

Конструкция элементов и сборочных единиц ПСРП-П предусматривает сборку как плоских, так и пространственных изделий.

В процессе эксплуатации ПСРП-П одним из основных силовых факторов, действующих на элементы и узлы оснастки, являются внутренние усадочные силы, возникающие в процессе прихватки и сварки различных приварок (бонок, стержней, платиков). Именно в результате локального, неравномерного нагрева и остывания в зоне сварки происходит смещение прихватываемой приварки (в данном случае бонки – как наиболее распространенного вида приварки) от номинального заданного положения. Элементы и узлы ПСРП-П, препятствующие этому смещению, воспринимают на себя возникающие усилия.

Однако в литературе силовые условия работы ПСРП-П изучены недостаточно полно [4–5]. Отсутствуют исследования по определению величин смещения приварок с учетом внутренних усадочных сил, возникающих в процессе сварки различных приварок.

Цель проводимых исследований – разработка методики и определение величин смещений приварок в ПСРП-П.

2. Изложение основного материала

При определении величины смещения был использован метод математического планирования.

При планировании эксперимента в качестве факторов, влияющих на точность установки приварки, были выбраны следующие факторы:

- x_1 – вылет установочной планки – расстояние от оси базовой трубы до оси устанавливаемого в планке фиксатора принимается в пределах от 45 до 105 мм;
- x_2 – расстояние от оси установочной планки до ближайшей точки закрепления приспособления регламентируется длиной базовых труб ПСРП-П и составляет от 50 до 390 мм;
- x_3 – высота устанавливаемой приварки в соответствии с технологией, принятой на предприятиях отрасли, колеблется в пределах от 20 до 60 мм;
- x_4 – величина основания приспособления 780×780 мм.

В качестве параметра оптимизации принята величина отклонения приварки от номинального положения.

Значения других факторов, оказывающих влияние на выбранный параметр оптимизации, такие как режимы сварки, катеты, длина прихваток и места их нанесения относительно оси установочной планки в ходе эксперимента поддерживались на постоянном уровне, оговоренном технологией на операции по установке приварок.

Для всех выбранных для исследования факторов выполняются все необходимые требования, предъявляемые к факторам при планировании эксперимента – они являются управляемыми, совместимыми и независимыми. На основании последнего требования из числа факторов исключен вылет фиксатора, так как он взаимосвязан с другим фактором высотой устанавливаемой приварки.

Интервалы варьирования факторов и их значения на основном, верхнем и нижнем уровнях приведены в табл. 1.

Для проведения исследований был применен полный факторный эксперимент, включающий по 16 опытов на каждом из выбранных направлений постановки прихваток (по осям X и Y).

Реализация плана эксперимента проводилась на экспериментальной установке.

Таблица 1

Условия проведения исследований
по определению величины смещения приварок

Код	Факторы			
	X_1	X_2	X_3	X_4
Основной уровень (X_0)	75	220	40	390
Интервал варьирования (Δx_i)	30	170	20	390
Нижний уровень (-)	45	50	20	0
Верхний уровень (+)	105	390	60	780

Для каждого возможного сочетания факторов, т. е. для каждой строки матрицы планирования производилось по два параллельных опыта. Замер величины параметра оптимизации производился по верхнему торцу прихватываемой приварки посредством индикатора часового типа ИЧ-0,01.

Режимы сварки в течении всего эксперимента поддерживались постоянными $I = 200$ А, $U = 25$ В, катет и длина прихватки составляли соответственно 4 и 10 мм.

Матрица планирования для определения величины смещения приварок приведена в табл. 2.

Таблица 2

Матрица планирования

Номер опыта	Факторы				Параметр оптимизации по оси Y, мкм	
	X_1	X_2	X_3	X_4	X	Y
1	+	+	+	+	265,0	270,0
2	-	+	+	+	180,0	185,0
3	+	-	+	+	190,0	205,0
4	-	-	+	+	155,0	160,0
5	+	+	-	+	175,0	185,0
6	-	+	-	+	125,0	125,0
7	+	-	-	+	170,0	170,0
8	-	-	-	+	110,0	115,0
9	+	+	+	-	240,0	245,0
10	-	+	+	-	165,0	170,0
11	+	-	+	-	170,0	185,0
12	-	-	+	-	140,0	140,0
13	+	+	-	-	150,0	155,0
14	-	+	-	-	110,0	115,0
15	+	-	-	-	145,0	145,0
16	-	-	-	-	75,0	80,0

Результаты проведенного полного факторного эксперимента и их обработка при постановке прихваток по оси X приведены в табл. 3. Аналогичная обработка материалов была проведена при постановке прихваток по оси Y.

Таблица 3

Результаты проведенного эксперимента

Номер опыта	Факторы				y_1	y_2	\bar{y}	Δy	$(y)^2$	S_1^2
	x_1	x_2	x_3	x_4						
1	+	+	+	+	255,0	275,0	265,0	10,0	100,0	200,0
2	-	+	+	+	175,0	185,0	180,0	5,0	25,0	50,0
3	+	-	+	+	180,0	200,0	190,0	10,0	110,0	200,0
4	-	-	+	+	169,0	141,0	155,0	14,0	196,0	392,0
5	+	+	-	+	175,0	175,0	175,0	0	0	0
6	-	+	-	+	138,0	112,0	125,0	13,0	169,0	338,0
7	+	-	-	+	175,0	165,0	170,0	5,0	25,0	50,0
8	-	-	-	+	115,0	105,0	110,0	5,0	25,0	50,0
9	+	+	+	-	250,0	230,0	240,0	10,0	100,0	200,0
10	-	+	+	-	155,0	175,0	165,0	10,0	100,0	200,0
11	+	-	+	-	165,0	175,0	170,0	5,0	25,0	50,0
12	-	-	+	-	147,0	133,0	140,0	7,0	49,0	98,0
13	+	+	-	-	154,0	146,0	150,0	4,0	16,0	32,0
14	-	+	-	-	118,0	102,0	110,0	8,0	64,0	128,0
15	+	-	-	-	155,0	135,0	145,0	10,0	100,0	200,0
16	-	-	-	-	86,0	64,0	75,0	11,0	121,0	242,0
$\Sigma S_i^2 = 2630,0; S^2\{y\} = 164,4$										

Одним из требований регрессионного анализа является однородность дисперсии, проверка которой производилась с использованием статистического критерия Кохрена

$$G_{\text{эксп } x} = \frac{S_{\text{max } x}^2}{\sum_{i=1}^n S_i^2} = \frac{392}{2630} = 0,149 < G_{\text{табл}} = 0,4546.$$

Аналогично

$$G_{\text{эксп } y} = 0,174 < G_{\text{табл}} = 0,4546.$$

Дисперсии однородны, поскольку экспериментальные значения критериев Кохрена не превышают табличного.

Обработка результатов испытаний проводилась по методу наименьших квадратов. Для линейной модели уравнение регрессии (функции отклика) имеет вид:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k.$$

Определение значений коэффициентов регрессии производилось по формуле:

$$b_j = \frac{\sum_{i=1}^N y_i x_{ji}}{N},$$

где $j = 0, 1, 2, 3, 4$ – номер фактора (0 записан для вычисления коэффициента b_0);
 $N = 16$ – число опытов.

После подсчетов коэффициентов регрессии b_j по результатам проведенного эксперимента уравнения регрессии принимают вид:

$$y_x = 160,3 + 27,8x_1 + 15,9x_2 + 27,8x_3 + 10,9x_4; \quad (1)$$

$$y_y = 165,6 + 29,4x_1 + 15,6x_2 + 29,4x_3 + 11,2x_4. \quad (2)$$

Для полученных линейных моделей были проведены проверки их адекватности, для чего использовался критерий Фишера, а также проверка значимости коэффициентов, осуществляемая построением доверительного интервала. Расчеты показали, что модели

$$\begin{aligned} F_x &= 1,47 \\ F_y &= 1,78 < F_{\text{табл}} = 2,85 \end{aligned}$$

адекватны, а коэффициенты уравнений регрессии значимы.

$$\begin{aligned} \Delta b_{ix} &= 6,8 \\ \Delta b_{iy} &= 4,95 > \Delta b(0,05; 16) = 2,12. \end{aligned}$$

По уравнениям (1) и (2) можно определить величину смещения приварок при различных сочетаниях факторов x_1 , x_2 , x_3 и x_4 , которые подставляются в уравнения в кодированных значениях.

Выводы

1. Проведенные расчеты показали, что величина смещения приварки практически не зависит от способа установки прихватки по оси X или по оси Y: $\Delta x = 243$ мкм, $\Delta y = 251$ мкм.

2. Полученные величины отклонений приварок в 2 раза меньше допусков, устанавливаемых техническими условиями на изготовление сварных узлов.

Список литературы

1. Шац, А. С. Универсально-сборные приспособления для сборки под сварку металлоконструкций длиной 1000–5000 мм. Технология, организация и механизация сварочного производства. Альбом. [Текст] / А. С. Шац, Л. С. Филатов. – НИИ-информтяжмаш, 1970. – № 5. – 98 с. : ил.

2. Мовшович, А. Я. Конструкции универсальных сборно-разборных приспособлений для сборочно-сварочных работ (УСРП-С) [Текст] / А. Я. Мовшович, К. А. Изотова, Ю. А. Черная, О. В. Бондарь // Машинобудування. – 2012. – № 9. – С. 148–161.

3. Друзяка, В. И. Переналаживаемые приспособления для установки приварок [Текст] / В. И. Друзяка // Прогрессивные виды универсально-сборной переналаживаемой оснастки : тез. докл. II отраслевой конф. – М., 1987. – С. 99–102.

4. Рыморов, Е. В. Конструирование и расчет сварочных приспособлений [Текст] : учеб. пособие / Е. В. Рыморов. – Брянск : Изд-во Брянского ин-та транспортного машиностроения, 1987. – 88 с.

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

Поступила в редакцию 11.11.2015

Розробка методики та визначення величини зміщення приварок у виробих, що зварюються в переналагоджуваному складально-зварювальному оснащенні

Запропоновано методику визначення величини зміщення приварок, здійснюваних у переналагоджуваних збірно-розбірних пристосуваннях для встановлення приварок на різних площинах корпусів виробів. У ході проведених розрахунків визначено, що величина зсуву приварки не залежить від способу встановлення прихватки у просторі. Установлено величини відхилень різних за конструкцією елементів для прихватки, які складають $\Delta x = 243$ мкм, $\Delta y = 251$ мкм, що в два рази менше допусків, котрі встановлюються технічними умовами при виконанні зварювально-складальних операцій з використанням переналагоджуваного оснащення.

Ключові слова: складально-зварювальні операції, переналагоджувані складальні пристосування, точність, зміщення.

Development of the Technique and Determination of the Size of Relocation of Welding in the Wares Welded in the Readjusted Assembly-Welding Equipment

The technique of determination of the size of relocation of welding which are carried out in the readjusted collapsible adaptations for setting of welding on various planes of cases of wares is offered. During the carried-out calculations it is defined that the size of relocation of welding doesn't depend on a way of installation of a tack in space. Sizes of rejections of different on a construction elements for a tack which make $\Delta x = 243$ microns, $\Delta y = 251$ microns that is twice less than the admittances set by technical requirements at implementation of assembly-welding operations with the use of the readjusted equipment are established.

Keywords: assembly-welding operations, readjusted combined adaptations, accuracy, relocation.