

УДК 62.512

РАЗРАБОТКА РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ СВАРКИ БАЛОК ШКВОРНЕВЫХ.

Жарков Владимир Сергеевич, студент гр. ТСм-221, II курс
Научные руководители: Абабков Н. В., к.т.н., доц и Пимонов М.В., к.т.н.
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

Введение

Роботизация производства в настоящие времена является одной из главных составляющих технологического прогресса. Применение промышленных роботов (ПР) в совокупности с автоматизированными технологиями позволяет значительно уменьшать участие человека в производстве, тем самым повышать технический уровень производства. В зависимости от объемов производства и размеров заработных плат, использование роботов для автоматизации производственного процесса может окупиться через 6–8 лет. Роботы используются для выполнения самых различных задач, они универсальны и позволяют добиваться высокой точности и скорости выполнения технологических операций. Благодаря этому роботы используются сегодня в большинстве отраслей машиностроительного производства.

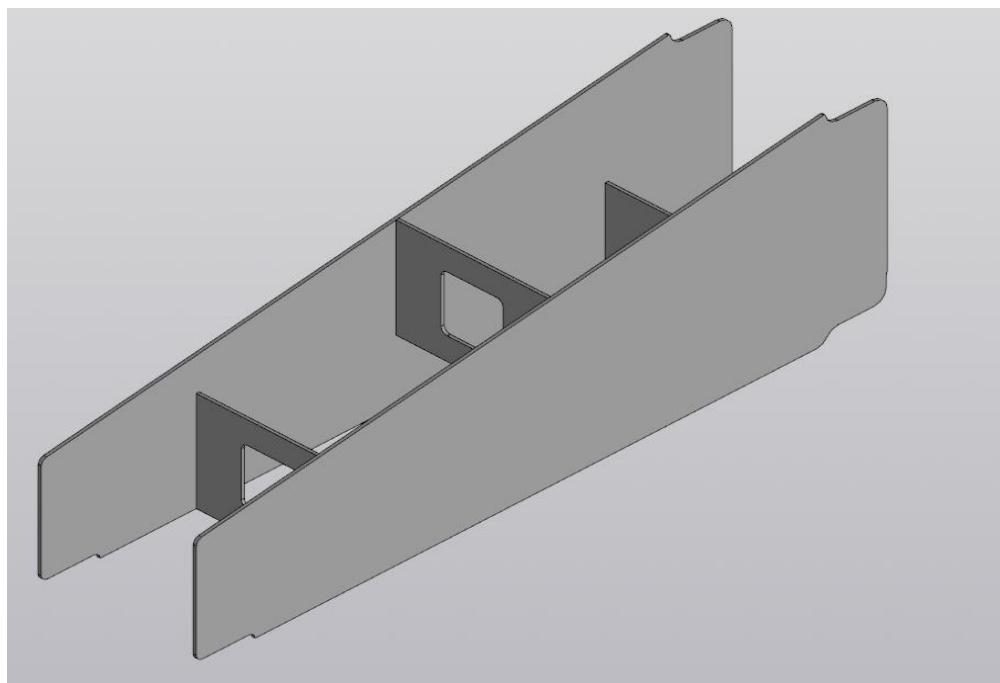


Рис. 1. Балка шкворневая

Кузбасское предприятие «Кемеровохиммаш» - филиал АО «Алтайвагон» - одно из ведущих предприятий химического и вагоностроения машиностроения за Уралом. В список номенклатуры производимой продукции данного предприятия входят вагоны, химическое оборудование и металлоконструкции.

В данный момент времени на предприятии балки шкворневые для вагона-платформы изготавливаются следующим образом:

- Заготовки подаются на участок, на позицию сборки на прихватки.
- Сварщик-сборщик укладывает листы на стенд сборки. Собирает на прихватки при помощи полуавтоматической сварки в среде защитных газов, согласно схеме прихваток.
- Далее заготовка укладывается на сварочный стол, где происходит сварка узла согласно КД.

Целью работы является разработка робототехнического комплекса для сварки балок шкворневых.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

- Разработать схему участка роботизированной сборки сварки балок шкворневых.
- Выполнить разработку управляющей программы сборки сварки балок шкворневых.
- Определить возможный экономический эффект внедрения в производство роботизированной сборки сварки балок шкворневых вагона-платформы.

Участок и программа РТК в среде ROBOGUIDE

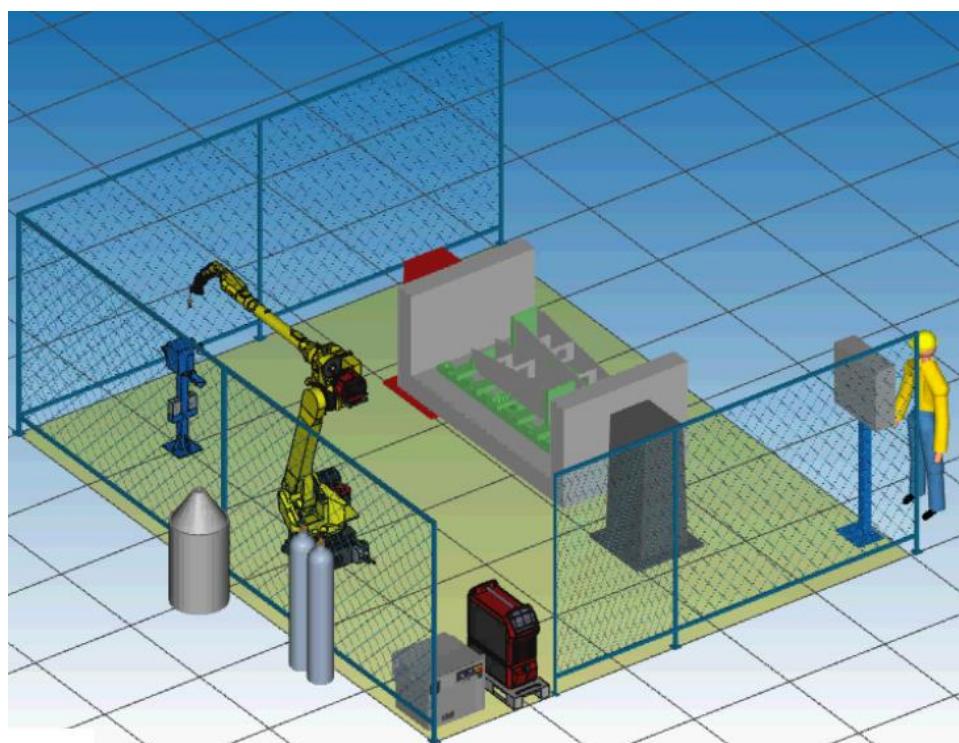


Рис. 2. Участок роботизированной сварки

Программа РТК для балки шкворневой

Программирование заключается в последовательном написании команд на перемещение и управления сигналами, которые должны выполняться оборудованием в составе сварочного комплекса. Для сварки балки шкворневой предполагается следующая последовательность действий роботизированного комплекса:

1. Балка шкворневая устанавливается в оснастку.
2. Позионер поворачивается в позицию 1 (1 ось проворачивается на 90°).
3. Манипулятор выполняет сварку в первой позиции позионера.
4. Робот возвращается в домашнее положение.
5. Позионер поворачивается во 2 положение (2 ось поворачивается на 180°).
6. Манипулятор выполняет сварку во второй позиции позионера.
7. Робот возвращается в домашнее положение.
8. Робот производит обслуживание горелки.
9. Позионер возвращается в домашнее положение.

Основная программа для сборки сварки балки шкворневой вагона-платформы представлена на рис. 3. Программа состоит из подпрограмм (см. рис. 4), которые вызываются при помощи функции «CALL», основной программой. Это было сделано для удобства работы с программой при внесении изменений.

The screenshot shows a software interface with two columns of code. The left column is labeled 'SHKV_MINE' at the top and contains lines 1 through 21. The right column is also labeled 'SHKV_MINE' at the top and contains lines 22 through 41. Both columns have a status bar at the bottom indicating '1/42'. The code consists of numbered lines followed by assembly-like instructions such as 'CALL' and various labels like 'UFRAME_NUM=1', 'VRAHEN90', etc.

| | |
|------------------|----------------------|
| 1: UFRAME_NUM=1 | 22: CALL HOMEPOZ1 |
| 2: UTOOL_NUM=1 | 23: CALL VRAHEN90_90 |
| 3: | 24: CALL PREPOZ |
| 4: CALL VRAHEN90 | 25: CALL SHOV13 |
| 5: CALL PREPOZ | 26: CALL SHOV14 |
| 6: CALL SHOV1 | 27: CALL SHOV15 |
| 7: CALL SHOV2 | 28: CALL SHOV16 |
| 8: CALL SHOV3 | 29: CALL SHOV17 |
| 9: CALL SHOV4 | 30: CALL SHOV18 |
| 10: CALL SHOV5 | 31: CALL PREPOZ |
| 11: CALL SHOV6 | 32: CALL SHOV19 |
| 12: CALL PREPOZ | 33: CALL SHOV20 |
| 13: CALL SHOV7 | 34: CALL SHOV21 |
| 14: CALL SHOV8 | 35: CALL SHOV22 |
| 15: CALL SHOV9 | 36: CALL SHOV23 |
| 16: CALL SHOV10 | 37: CALL SHOV24 |
| 17: CALL SHOV11 | 38: CALL PREPOZ |
| 18: CALL SHOV12 | 39: CALL HOME |
| 19: CALL PREPOZ | 40: CALL CLEAN |
| 20: CALL HOME | 41: CALL HOMEPOZ2 |
| 21: CALL CLEAN | [End] |

Рис. 3. Программа сборки сварки балки шкворневой.

```

SHOV12
1: UFRAME_NUM=1
2: UTOOL_NUM=1
3:
4:J P[1] 60% CNT100
5:J P[2] 60% FINE
6:L P[3] 30mm/sec FINE
7: Weave Sine[1]
8: Weld Start[1,1]
9:L P[4] 10mm/sec FINE
10: Weld End[1,1]
11: Weave End[1]
12:L P[5] 60mm/sec CNT100
13:L P[1] 100mm/sec FINE
[End]

CLEAN
1: UFRAME_NUM=1
2: UTOOL_NUM=1
3:J P[1] 60% FINE
4:L P[3] 60mm/sec FINE
5:L P[2] 30mm/sec FINE
6: RO[1:CLENER]=ON
7: WAIT 5.00(sec)
8: RO[1:CLENER]=OFF
9:L P[3] 30mm/sec FINE
10:J P[1] 60% FINE
11: CALL HOME
[End]

```

Рис. 4. Подпрограммы сборки сварки балки шкворневой.

Технико-экономическое обоснование

Расчет затрат и показателей при использовании ручного труда

Для расчета экономических показателей необходимо знать норму времени для изготовления шкворневой балки. Норма штучного времени определяется по формуле:

$$T_{ш} = (T_0 + T_{всп}) * \left(1 + \frac{a_{обс} + a_{отл}}{100}\right) \quad (1)$$

где T_0 – основное (технологическое) время, мин;

$T_{всп}$ – вспомогательное время на установку и снятие детали и связанное с переходом, мин;

$a_{обс} + a_{отл}$ – время на обслуживание рабочего места, отдых и личные потребности, %.

$$T_{всп} = T_{уст} + T_{св} + T_{ук},$$

где $T_{уст}$ – время установки деталей балки шкворневой в оснастку, мин;

$T_{св}$ – время сварки детали, мин;

$T_{ук}$ – время необходимое для укладки на место складирования, мин.

Время, затраченное на изготовление 1 шкворневой балки, составит 30 минут или 0,5 н/ч из них 0,15 н/ч сборка, 0,3 н/ч сварка, 0,05 н/ч зачистка. Годовой выпуск детали 11680 единиц. (Данные получены на предприятии)

Расчет численности основных рабочих при ручном способе сварке.

Численность основных рабочих, Росн, определяется для каждой детали отдельно по формуле:

$$\text{Росн} = \text{Nr} * t \text{ шт} / F \text{ эф} / K_p * K_{\text{вн}} \quad (2)$$

где: Fэф - полезный (эффективный) годовой фонд времени работы одного рабочего, час/год ($F_{\text{эф}} = 2002$ часов при графике работы 2/2),

K_p – коэффициент простоя ($K_p=1,1112$),

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм выработки ($K_{\text{вн}}= 1,05$).

$$\text{Росн} = 0,5 * 11680 / 2002 / 1.1112 * 1.05 = 3,403 = 4 \text{ человека.}$$

Расчет затрат на заработную плату при ручном способе сварке.

Годовой фонд оплаты труда сварщиков определяется по формуле (3):

$$\text{ФОТ} = (\text{З.П.ср} + \text{З.П.ср} * 38,1\%) * P * 12 \quad (3)$$

где: З.П.ср – Среднемесячная зарплата, руб. Принимаем – 70 482 руб;

P – количество основных работников, чел.

34,1 % – отчисления на социальные нужды.

$$\text{ФОТ} = (70\ 482 + 70\ 482 * 0,381) * 4 * 12 = 4\ 672\ 111 \text{ руб.}$$

Расчет основных рабочих при внедрении РТК.

При внедрении РТК для сварки необходимы собранные на прихватках узлы, которые собирают сварщики, количество определяется аналогично расчету при ручном способе сварки и один оператор, обслуживающий РТК, который работает в каждой смене (2).

$$\text{Росн} = 0,15 * 11680 / 2002 / 1.1112 * 1.05 = 1,021 = 1 \text{ человек.}$$

Расчет затрат на заработные платы при внедрении РТК.

Годовой фонд оплаты труда сварщиков-сборщиков определяется аналогично как при ручном способе сварки (3):

$$\text{ФОТ}_{\text{св}} = (70\ 482 + 70\ 482 * 0,381) * 1 * 12 = 1\ 168\ 028 \text{ руб.}$$

Годовой фонд оплаты труда операторов РТК определяется по формуле:

$$\text{ФОТ}_{\text{оп}} = (\text{З.П.ср} + \text{З.П.ср} * 38,1\%) * P * 12 \quad (4)$$

где: З.П.ср – Среднемесячная зарплата, руб. Принимаем – 45 413 руб;

P – количество основных работников, чел.

34,1 % – отчисления на социальные нужды.

$$\text{ФОТ}_{\text{оп}} = (45\ 413 + 45\ 413 * 0,381) * 2 * 12 = 1\ 505\ 169 \text{ руб.}$$

Фонд оплаты труда основных производственных рабочих (1 сборщик и 2 оператора) определяется по формуле:

$$\text{ФОТ} = 1\ 168\ 028 + 1\ 505\ 169 = 2\ 673\ 197 \text{ руб.}$$

Сокращение численности работников участка позволит снизить общепроизводственные расходы в части затрат на средства индивидуальной защиты, затрат на пользование энергоресурсами. Экономия на общепроизводственных расходах после реализации проекта составит 619 340,21 руб. в год (таблица 1).

Таблица 1

| Показатели | Ед.изм. | Текущие условия | После модернизации РТК | Экономия |
|---|----------------|-----------------|------------------------|------------|
| Электроэнергия | | | | |
| Годовой расход электроэнергии на производство | кВт\ч | 205 405 | 100 277 | 105 128 |
| Стоимость силовой энергии (стоимость 1 кВт\ч взята 4,1 руб) | руб. | 842 161,32 | 411 136,11 | 431 025,21 |
| СИЗ | | | | |
| Потребление СИЗ сварщиками | чел. | 4 | 1 | 4 |
| Потребление СИЗ операторами | чел. | 0 | 2 | -2 |
| Стоимость годового потребления СИЗ сварщиками | руб. | 264 636 | 66 159 | 198 477 |
| Стоимость годового потребления СИЗ операторами | руб. | 0 | 10 162,0 | -10 162,0 |
| | Итого (Год) | | руб. | 619 340,21 |

Сравнение экономических показателей

Все рассчитанные показатели сводятся в таблицу 2.

Таблица 2

| | Сравнительная таблица | | |
|-------------------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------|
| | Ручной способ сварки | Внедрение РТК | Экономический эффект |
| Расчет заработной платы | | | |
| Заработка плата, руб/год | 4672112 руб. | 2673197 руб. | 1 998 915 руб. |
| Общепроизводственные затраты | | | |
| Электроэнергия и СИЗ, руб/год | 1106797,32 руб. | 487 457,11 руб. | 619 340,21 руб. |
| | | ИТОГО | 2 618 255,21 руб. |

Итого стоимость реализации проекта составит 15.8 млн.руб.

Срок окупаемости рассчитывается по формуле:

$$C_{окуп} = \bar{C}_{роб} + Доп.затр./\mathcal{E}\phi, \quad (5)$$

где $\bar{C}_{роб}$ – стоимость робототехнического комплекса, руб.;

Доп. затр. – дополнительные затраты на организацию участка РТК, видеонаблюдение, покупка дополнительного оборудования и т. д.;

Эф – экономический эффект в год при внедрении робототехнического комплекса, руб (5).

$$C_{\text{окуп}} = (13\,000\,000 + 2\,800\,000) / 2\,618\,255,21 = 6,03 \text{ года}$$

Расчеты показывают, что внедрение роботизированного комплекса сварки балки шкворневых обосновано и эффективно.

При увеличении загруженности РТК срок окупаемости уменьшится.

Выводы

Из вышеперечисленного можно сделать вывод, что:

1) Разработана схема участка роботизированной сварки, позволившая добиться максимальной эффективности и безопасности для рабочего. Схема включает в себя робота-манипулятора, позиционер, станцию очистки, сварочный аппарат, блок управления робота, баллоны с газом, сварочную проволоку и систему управления.

2) Разработана управляющая программа, позволяющая добиться большей точности, скорости, эффективности сварочного процесса и удобство работы с программой при внесении изменений.

3) Определены технико-экономические показатели, экономический эффект составил: 2 618 255,21 рублей; срок окупаемости: 6 лет, при увеличении загруженности РТК срок окупаемости уменьшится.

Список литературы

1. Робототехника [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tadviser.ru/index.php>
2. Сайт национальной ассоциации участников рынка робототехники (НАУРР) [Электронный ресурс] URL: <https://robotunion.ru/>
3. Сайт ReportLinker [Электронный ресурс] URL: <https://www.reportlinker.com/>
4. Как работает и чем живет рынок сварочного оборудования и технологий в России [Электронный ресурс]. URL: <https://ritm-magazine.ru/ru/public/svarka-segodnya>
5. ГОСТ 25686-85. Манипуляторы, автооператоры и промышленные роботы. Термины и определения.
6. Руководство «Roboguide v6.40» [Электронный ресурс]. URL: http://belfingroup.com/assets/files/Catalog_Fanuc/Roboguide_Training_Manual_RU_2.pdf

7. Сайт McKinsey & Company — международная консалтинговая компания, специализирующаяся на решении задач, связанных со стратегическим управлением. URL: <https://www.mckinsey.com/>

© Жарков В.С.