

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 настоящее время 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 производств. В зависимости от объёмов производства и размеров заработных плат, использование роботов для автоматизации производственного процесса может окупиться через 6–8 лет. Роботов используют 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.

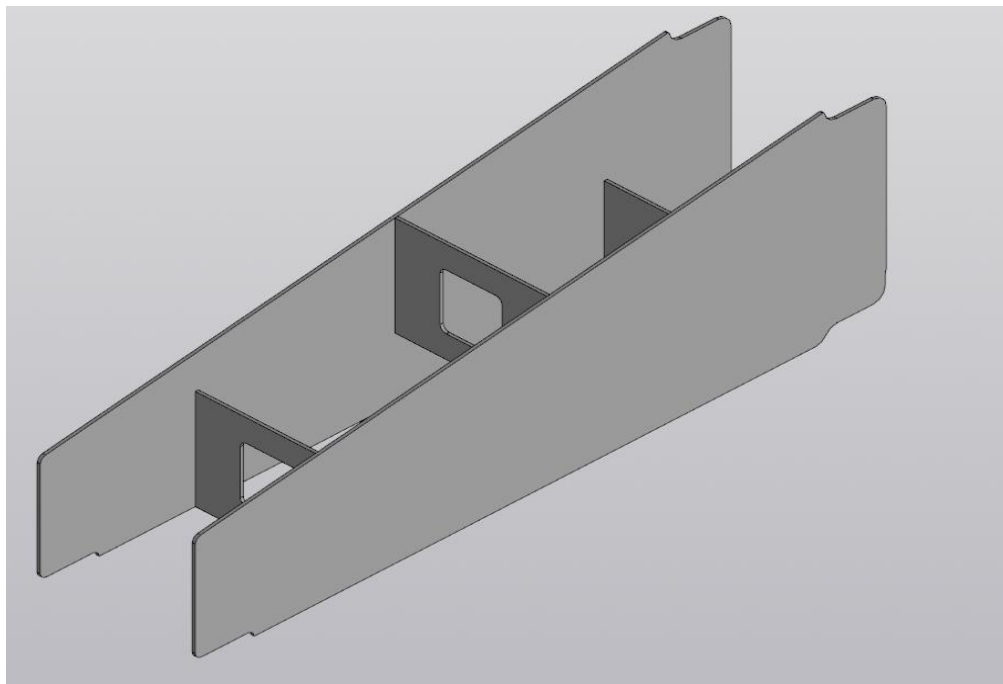


Рис. 1. Балка шкворневая

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 оборудования 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

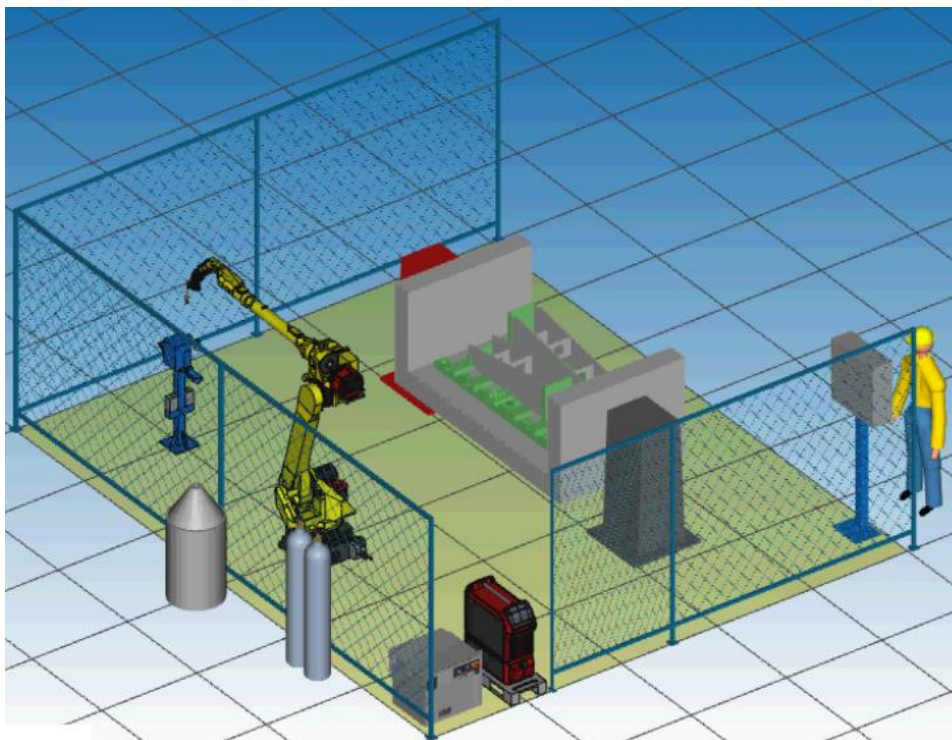


Рис. 2. Участок роботизированной сварки

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. Позиционер поворачивается в позицию 1 (1 ось поворачивается на 90°).
3. Манипулятор выполняет сварку в первой позиции позиционера.
4. Робот возвращается в домашнее положение.
5. Позиционер поворачивается во 2 положение (2 ось поворачивается на 180°).
6. Манипулятор выполняет сварку во второй позиции позиционера.
7. Робот возвращается в домашнее положение.
8. Робот производит обслуживание горелки.
9. Позиционер 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.

```

SHKV_MINE                                     SHKV_MINE
1/42
1: UFRAME_NUM=1
2: UTOOL_NUM=1
3:
4: CALL VRAHENE90
5: CALL PREPOZ
6: CALL SHOV1
7: CALL SHOV2
8: CALL SHOV3
9: CALL SHOV4
10: CALL SHOV5
11: CALL SHOV6
12: CALL PREPOZ
13: CALL SHOV7
14: CALL SHOV8
15: CALL SHOV9
16: CALL SHOV10
17: CALL SHOV11
18: CALL SHOV12
19: CALL PREPOZ
20: CALL HOME
21: CALL CLEAN
22: CALL HOMEPOZ1
23: CALL VRAHENE180_90
24: CALL PREPOZ
25: CALL SHOV13
26: CALL SHOV14
27: CALL SHOV15
28: CALL SHOV16
29: CALL SHOV17
30: CALL SHOV18
31: CALL PREPOZ
32: CALL SHOV19
33: CALL SHOV20
34: CALL SHOV21
35: CALL SHOV22
36: CALL SHOV23
37: CALL SHOV24
38: CALL PREPOZ
39: CALL HOME
40: CALL CLEAN
41: CALL HOMEPOZ2
[End]
    
```

Рис. 3. Программа сборки сварки балки шкворневой.

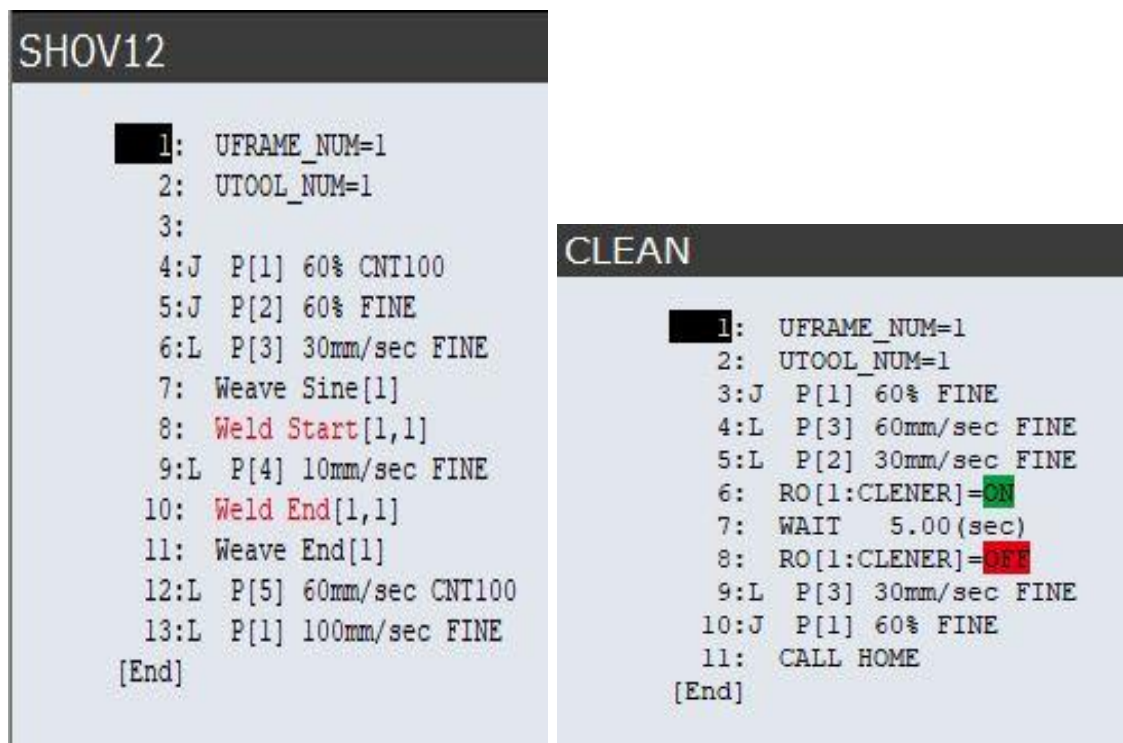


Рис. 4. Подпрограммы сборки сварки балки шкворневой.

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, $R_{осн}$, определяется для каждой детали отдельно по формуле:

$$R_{осн} = N_{г} * t_{шт} / F_{эф} / K_{п} * K_{вн} \quad (2)$$

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

$K_{п}$ – коэффициент простоя ($K_{п}=1,1112$),

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

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

Расчет затрат на заработную плату при ручном способе сварке.

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

$$ФОТ = (З.П.ср + З.П.ср * 38,1\%) * Р * 12 \quad (3)$$

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

Р – количество основных работников, чел.

34,1 % – отчисления на социальные нужды.

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

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).

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

Расчет затрат на заработные платы при внедрении РТК.

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

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

Годовой фонд оплаты труда операторов РТК определяется по формуле:

$$ФОТ_{оп} = (З.П.ср + З.П.ср * 38,1\%) * Р * 12 \quad (4)$$

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

Р – количество основных работников, чел.

34,1 % – отчисления на социальные нужды.

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

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

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

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			
Заработная 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:

$$C_{\text{окуп}} = C_{\text{роб}} + \text{Доп.затр.}/\text{Эф}, \quad (5)$$

где $C_{\text{роб}}$ – 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 загрузки 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 работа-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 загрузки 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.