

УДК 621.791.05:620.179

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ ШТАНГ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Варнавский Егор Владимирович, студент гр. ТСб-151.

Научный руководитель: Абабков Н. В., к.т.н., доц.

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет  
имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

### Введение

Ручная дуговая сварка – это сварка плавлением штучными электродами, при которой подача электрода и перемещение дуги вдоль свариваемых кромок производится вручную [1].

В настоящее время на предприятии при изготовлении буровых штанг (рис. 1) сталкиваются со следующими проблемами при использовании данного способа сварки, а именно: низкая скорость сварки, низкая производительность, необходимость замены электродов и зачистки сварного шва от шлака, а также дополнительные потери времени на прокатку электродов. Низкое качество рассматриваемой конструкции может привести к авариям на рудниках и к человеческим жертвам [2, 3].

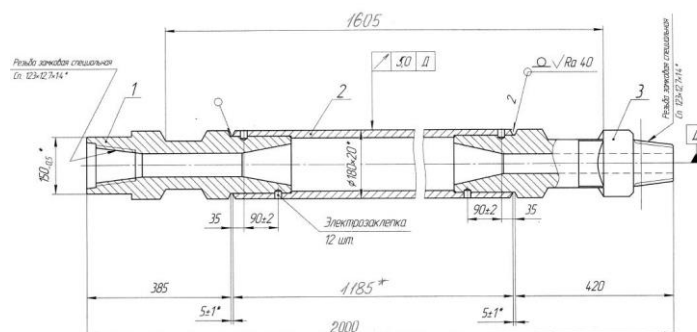


Рис. 1. Эскиз буровой штанги

В современной экономике резко возрастающая конкуренция и увеличение требований заказчиков, предъявляемых к качеству продукции, заставляет любого производителя сварочной продукции, который хочет остаться на данном рынке, постоянно искать способы увеличения производительности труда в области сварочного производства и повышения качества продукции. Решить вышеуказанные проблемы можно за счёт внедрения полуавтоматического способа сварки.

При этом способе сварки дуга будет гореть между изделием и электродной проволокой, но при этом подача плавящегося электрода (в данном случае проволоки) механизирована. Перемещение сварочной горелки вдоль шва с необходимостью скоростью сварки производится сварщиком вручную.

## Материал и технология сварки

В качестве основного материала выступает сталь 30ХГСА.

При ручной дуговой сварки были использованы электроды марки ОЗЛ-9А. Для полуавтоматической сварки была выбрана проволока сплошного сечения О-КАristorod 69 Ø1,2, так как, она схожа по химическому составу и механическим свойствам с электродом марки ОЗЛ-9А. Применение данной проволоки обеспечит более однородное соединение, а также позволит снизить затраты на материалы в два раза. При этом для защиты зоны дуги и сварочной ванны используются защитные газы, а именно: смесь газов Ar (85 %) и CO<sub>2</sub> (15 %).

*Конструктивные элементы ручной дуговой сварки покрытыми электродами*[4]. Две заготовки свариваются между собой стыковым швом по ГОСТ 5264-80-С20. Толщина образца = 20 мм, Ø образца 159 мм, длина шва = 471 мм, скос кромки 25 ° (рис. 1, а–в).

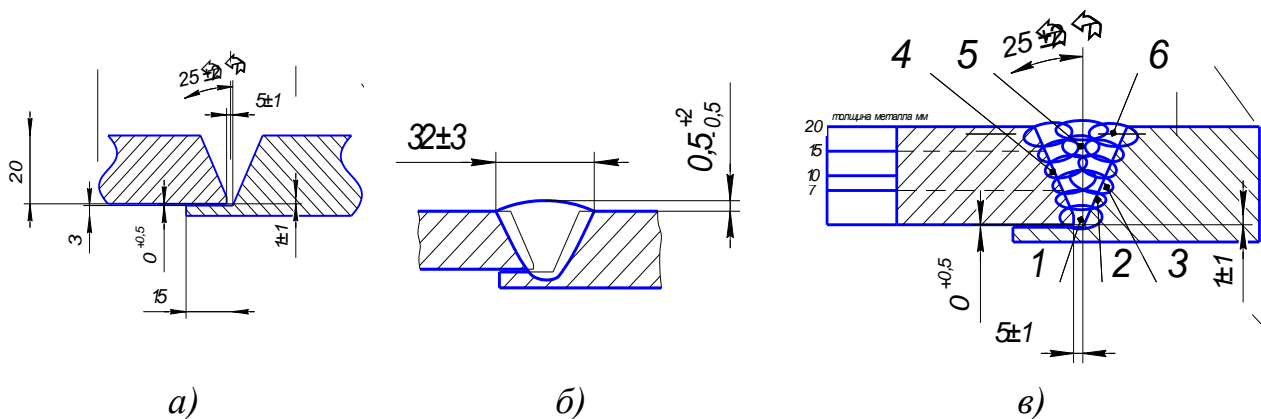


Рис. 1. Конструктивные элементы при ручной дуговой сварке:

а – геометрические размеры при разделке кромок; б – геометрические размеры сварного шва; в – последовательность наложения слоев

*Конструктивные элементы сварного шва полуавтоматическим способом сварки*[5]. Две заготовки свариваются между собой стыковым швом по ГОСТ 14771-76-С20. Толщина образца = 20 мм, Ø образца 159 мм, длина шва = 471 мм. В данном случае скос кромки составляет 20 °, а также уменьшаются геометрические размеры шва (рис. 2, а–в).

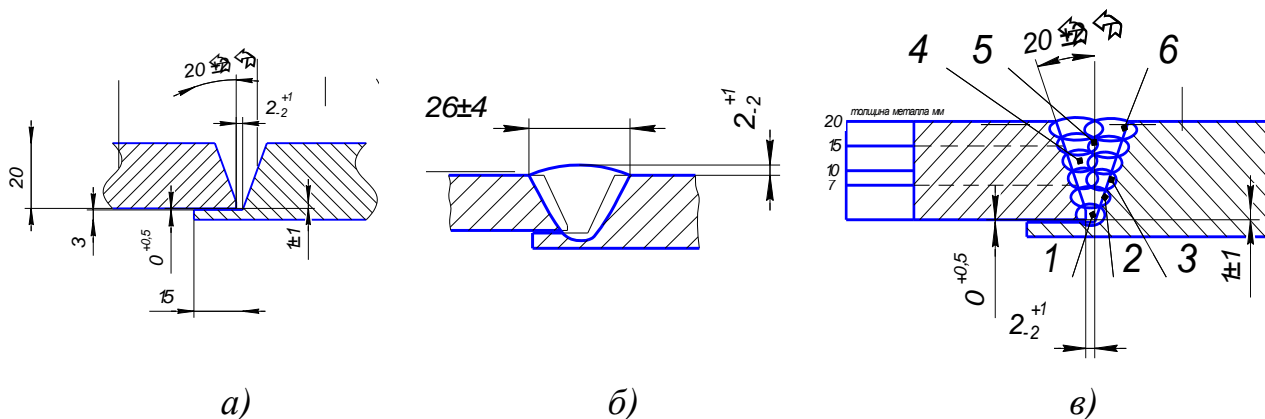


Рис. 2. Конструктивные элементы при полуавтоматической сварке:

$a$  – геометрические размеры при разделке кромок;  $b$  – геометрические размеры сварного шва;  $v$  – последовательность наложения слоев

Использование предлагаемой технологии позволит уменьшить общий угол разделки с  $50^\circ$  (рис. 3, а) до  $40^\circ$  (рис. 3, б), что снизит площадь поперечного сечения шва. А это в свою очередь означает, что количество проходов уменьшится по сравнению с ручным дуговым способом сварки и, как следствие, потребуется меньше сварочных материалов, а также, соответственно, меньше времени на сварку.

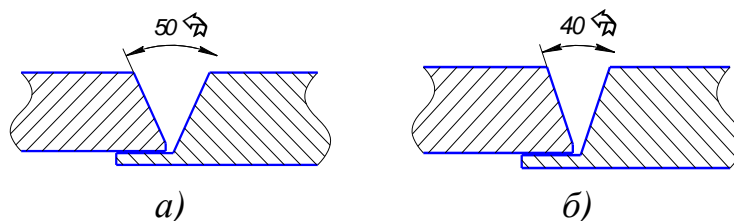


Рис. 3. Углы разделки кромок:

а – при ручной дуговой сварке; б – при полуавтоматической сварке в среде защитных газов

### Результаты расчета экономической эффективности

Были проведены расчёты следующих показателей [6, 7]: количество сварочных материалов и сумма электроэнергии в рублях (табл. 1), а также скорость сварки и полное время сварки, затраченные на сварку одного шва (табл. 2).

Таблица 1. Расчёт экономического эффекта

| Наименование                              | Ручная дуговая сварка | Полуавтоматическая сварка проволокой Aristorod 69 | Экономический эффект, |
|---|-----------------------|---|-----------------------|
| Сварочные материалы, руб. на одно изделие | 971,5                 | 505,42  | - 466,08              |
| Электроэнергия, руб. на одно изделие      | 193,52                | 20,66   | -172,86               |
| Итого:                                    |                       |   | -293,22               |

Таблица 2. Расчётные показатели

| Наименование             | Ручная дуговая сварка | Полуавтоматическая сварка проволокой Aristorod 69 |
|--------------------------|-----------------------|---|
| Скорость сварки, м/час   | 0,04                  | 0,26  |
| Полное время сварки, час | 2,5                   | 0,45  |

Расчёты показали, что экономия сварочных материалов при переходе на новый способ сварки проволокой Aristorod 69 составит 52,02% на 1 шов. Экономия электроэнергии составит 10,68% (рис. 4.). Скорость сварки увеличится в 6,5 раз. Полное время сварки уменьшится в 5,5 раз (рис. 5). Наглядно экономию и улучшения видно на диаграммах (рис. 4 и 5).

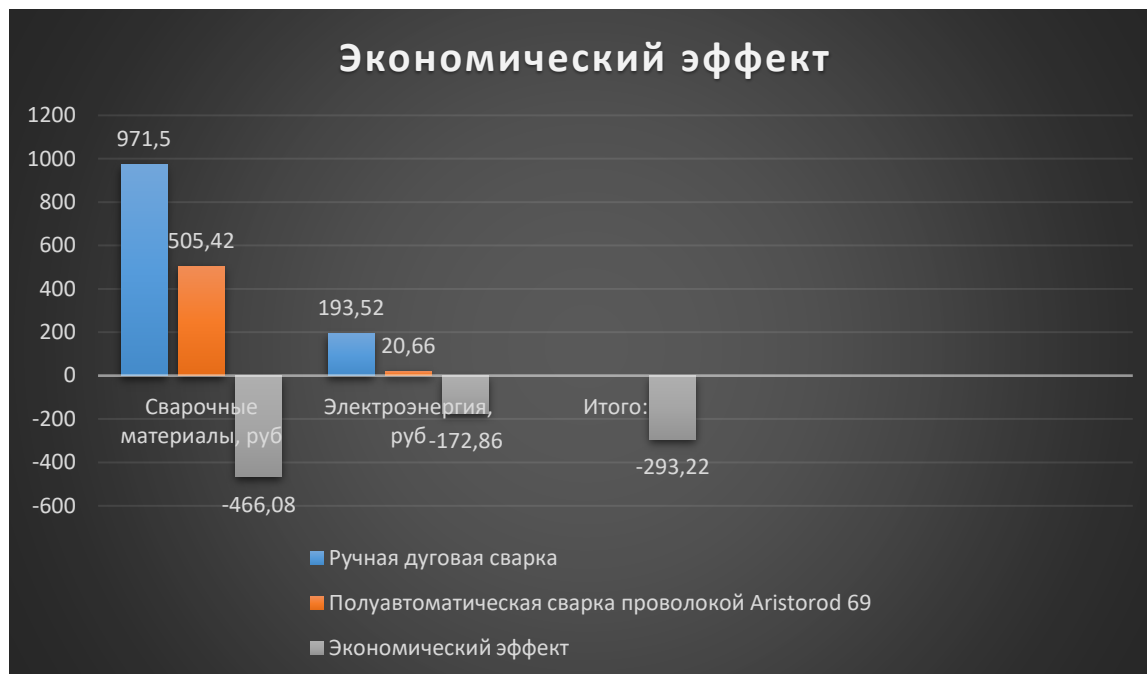


Рис. 4. Расчет экономического эффекта по затратам на сварочные материалы и электроэнергию

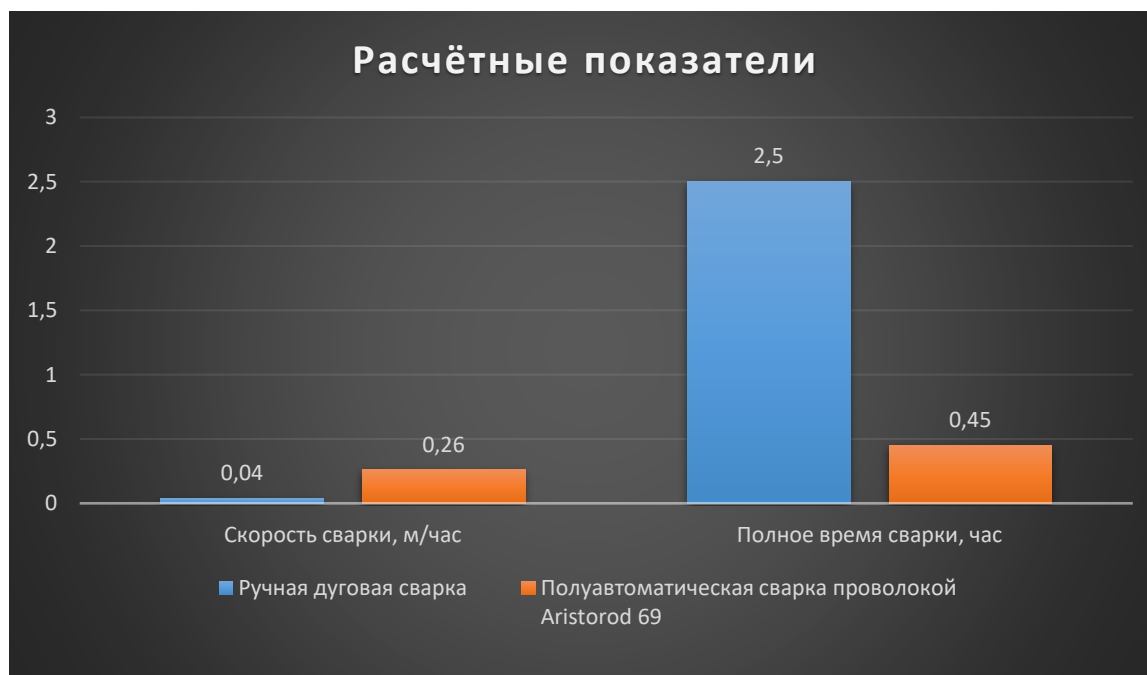


Рис. 5. Сопоставление параметров режима сварки: скорости сварки и полного времени сварки

Время сварки одной буровой штанги Ø159 ручной дуговой сваркой составляет 5 часов или 300 мин, а полуавтоматической 0,9 часа или 54 минуты. Исходя из этого можно сделать вывод о том, что за рабочую восьми часовую смену производительность труда увеличивается в 5,5 раз.

Потребность в производстве буровых штанг на 2018 год составляет 300 шт. Исходя из этого годовой экономический эффект составит 175932 руб.

Проведя механические испытания полученного сварного соединения, а именно: испытания на растяжение, ударный изгиб и замерив твердость, мы получили следующие данные:

### Испытание на растяжение (по ГОСТ 6996-66; ГОСТ 1497-84)

Испытание проводилось на разрывной машине ИР-500предназначенной для статических испытаний металлов, арматурной стали, листового и круглого проката на растяжение при нормальной температуре по ГОСТ 1497.Машина оснащена системой измерения, позволяющей производить испытания с заданной скоростью нагружения, обеспечивающей измерение перемещения активно-го захвата и его индикацию, запись результата на самопишущем двух координатном приборе. Погрешность испытания  $\pm 1\%$ .

| Маркировка образца                 | Диаметр/размер образца, Ø / bхa, мм | Временное сопротивление $\sigma_b$ , Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> ) | Среднее значение, Н/мм <sup>2</sup> (кгс/мм <sup>2</sup> ) | Место разрушения |
|------------------------------------|-------------------------------------|---|--|------------------|
| 181-1                              | 12,0х20                             | 791,8 (80,8)  | 791,8 (80,8)   | Основной металл  |
| 188-2                              | 12,0х20                             | 791,8 (80,8)  |  | Основной металл  |
| Значение по ГОСТ 8731-74, не менее |                                     |   | 686 (70)   | -                |

### Испытание на ударный изгиб (по ГОСТ 6996-66; ГОСТ 9454-78)

Испытание проводилось на копре маятниковом МК-30А, предназначенном для испытания образцов, металлов и сплавов на двухопорный ударный изгиб по ГОСТ 9454-78 (метод Шарпи). Запас энергии 150 Дж. Погрешность испытания  $\pm 1\%$ .

| Маркировка образца | Тип образца по ГОСТ 6996-66 | Температура испытания, °С | Расположение надреза | Значения по НД, не менее | Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup> | Среднее значение для трех образцов |
|--------------------|-----------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|--|------------------------------------|
| 188-3              | VI                          | минус 60                  | центр шва            | -                        | 71                                       | 65 Дж/см <sup>2</sup>              |
| 188-4              | VI                          | минус 60                  | центр шва            |                          | 54                                       |                                    |
| 188-5              | VI                          | минус 60                  | центр шва            |                          | 69                                       |                                    |

### Замер твердости

Испытание проводилось на приборе для измерения твердости по Бринеллю ТШ-2, предназначенного для определения твердости металлов по методу вдавливания в испытуемое изделие стального закаленного шарика под действием заданной нагрузки в течении определенного времени.

А также использовался микроскоп отсчетный МПБ-2, предназначенный для измерения линейных размеров лунки, образующейся на поверхности исследуемого материала от вдавливания шарика под определенной нагрузкой (определение твердости по методу Бринелля). Метод Бринелля является одним из ключевых для определения твердости материала.

| Регистрационный номер (номер образца) | Твердость по Бринеллю (ГОСТ 9012-59) |               |             |                         |                | Твердость по Роквеллу (ГОСТ 9013-59), HRC <sub>3</sub> |                        |
|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|-------------------------|----------------|--|------------------------|
|                                       | диаметр шарика, мм                   | нагрузка, кгс | выдержка, с | диаметр отпечатка, d мм |                |  | значение твердости, HB |
|                                       |                                      |               |             | d <sub>1</sub>          | d <sub>2</sub> |  |                        |
| Центр шва                             | 10                                   | 3000          | 10          | 3,50                    | 3,50           | 302  | -                      |
| ЗТВ                                   | 10                                   | 3000          | 10          | 3,50                    | 3,70           | 302-269  | -                      |
| Основной металл                       | 10                                   | 3000          | 10          | 3,90                    | 3,95           | 241-235  | -                      |

### Вывод

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы о необходимости внедрения полуавтоматического способа сварки. Основными преимуществами данного способа являются:

1. Экономия сварочных материалов
2. Снижение энергозатрат
3. Увеличение производительности труда

Представленные на испытания образцы материала из стали 30ХГСА по испытанным показателям соответствуют требованиям НД. Это, в свою очередь, свидетельствует о том, что соединение получилось годным, т.к. по ГОСТ 8731-74 временное сопротивление основного металла должно быть 686 н/мм<sup>2</sup>, а разрыв произошел при 791,8 н/мм<sup>2</sup>.

### Список литературы:

1. Технологии и оборудование дуговой сварки и резки: учеб. пособие / Н. В. Абабков; Е. Е. Петрова; М. В. Пимонов; КузГТУ. – Кемерово, 2017. – 185 с.
2. Смирнов А.Н., Муравьев В. В., Абабков Н. В. Разрушение и диагностика металлов. – Москва-Кемерово: Инновационное машиностроение. 2016. – 479 с.
3. Никитенко, М. С. Разработка комплекса средств технической диагностики, восстановления и упрочнения элементов горнодобывающего оборудования / М. С. Никитенко, К. В. Князьков, Н. В. Абабков и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № S6. – С. 447–456.
4. ГОСТ 5264-80 Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением N 1). М.: Стандартинформ, 2010.

5. ГОСТ 14771-76 Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями N 1, 2, 3). М.: Стандартиформ, 2007

6. Расчёт режимов и размеров шва ручной дуговой сварки. Методические указания к практической работе по дисциплине «Технология и оборудование сварки плавлением» для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»/ И. В. Мирошин; КузГТУ. – Кемерово, 2011. – 15 с.

7. Расчёт режимов и размеров шва механизированной дуговой сварки. Методические указания к практической работе по дисциплине «Технология и оборудование сварки плавлением» для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства»/ И. В. Мирошин; КузГТУ. – Кемерово, 2011. – 15 с.

8. ГОСТ 6996-66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств (с Изменениями N 1, 2, 3, 4). - М.: Стандартиформ, 2005.

9. ГОСТ 1497-84. Металлы. Методы испытаний на растяжение (с Изменениями N 1, 2, 3). - М.: Стандартиформ, 2008.

10. ГОСТ 9012-59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю (с Изменениями N 1, 2, 3, 4, 5). - М.: Стандартиформ, 2007.

11. Варнавский Е. В. Совершенствование технологии изготовления буровых штанг из стали 30ХГСА. // Сборник трудов всероссийской научно – практической школы с международным участием Упрочняющие технологии и функциональные покрытия в машиностроении. 2018. - № 06. – с. 5.