

Оригинальная статья

УДК 621.791.754

DOI: 10.57070/2304-4497-2022-4(42)-106-111

АНАЛИЗ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ ШТАНГ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ПО УЛУЧШЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

© 2022 г. Е. В. Варнавский

ООО «Кузбасский центр сварки и контроля» (Россия, 650040, Кемерово, ул. Радищева, стр. 1Б)

Аннотация. В угольной, нефтяной и газодобывающей отраслях промышленности штанги буровые являются неотъемлемым инструментом. Они предназначены для передачи крутящего момента и осевого усилия от вращателя бурового станка к механическому буровому инструменту, а также для передачи высоконапорной водоцементной суспензии. Низкое качество рассматриваемой конструкции может привести к авариям на опасных производственных объектах и к человеческим жертвам.

Ключевые слова: сварка, штанга буровая, эффективность, разрушающий и неразрушающий контроль, экономия сварочных материалов, снижение энергозатрат, увеличение производительности труда

Для цитирования: Варнавский Е. В. Анализ механических характеристик буровых штанг из стали 30ХГСА, изготовленных по улучшенной технологии // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2022. № 4 (42). С. 106 – 111. [https://doi.org/10.57070/2304-4497-2022-4\(42\)-106-111](https://doi.org/10.57070/2304-4497-2022-4(42)-106-111)

Original article

ANALYSIS OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF DRILL RODS FROM STEEL 30KHGSA, MANUFACTURED BY IMPROVED TECHNOLOGY

© 2022 E. V. Varnavskiy

LLC «Kuzbass Welding and Control Center» (1B st. Radishcheva, Kemerovo, 650040, Russian Federation)

Abstract. In the coal, oil and gas industry, drilling rods are an essential tool. They are designed to transmit torque and axial force from the rotator of a drilling rig to a mechanical drilling tool, as well as to transmit high-pressure water-cement slurry. The low quality of the considered design can lead to accidents at hazardous production facilities and to human casualties.

Keywords: welding, drill rod, efficiency, destructive and non-destructive testing, saving of welding materials, reduction of energy costs, increase in labor productivity

For citation: Varnavskiy E. V. Analysis of mechanical characteristics of drill rods from steel 30KHGSA, manufactured by improved technology. Bulletin of the Siberian State Industrial University. 2022, no. 4 (42), pp. 106 – 111. (In Russ.). [https://doi.org/10.57070/2304-4497-2022-4\(42\)-106-111](https://doi.org/10.57070/2304-4497-2022-4(42)-106-111)

Введение

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

В настоящее время предприятия при производстве буровых штанг (рис. 1) сталкиваются с рядом проблем при применении рассматриваемого способа сварки: невысокая скорость сварки, небольшая производительность, потребность в постоянной замене электродов и зачистке

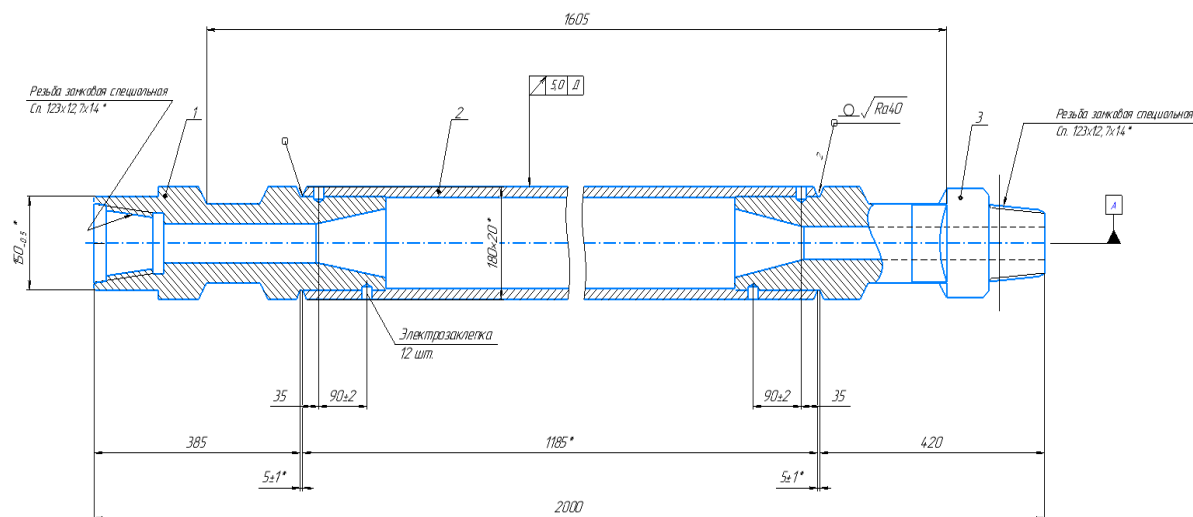


Рис. 1. Эскиз буровой штанги
Fig. 1. Sketch of a drill rod

сварного шва от шлака, лишние потери времени на прокатку электродов. Неудовлетворительное качество рассматриваемой конструкции (рис. 1) может привести к авариям на опасных производственных объектах, а также к человеческим жертвам [2, 3].

В современной экономике стремительно возрастающая конкуренция и повышение требований заказчиков к качеству продукции вынуждают любого производителя сварочной продукции непрерывно искать методы повышения производительности труда в области сварочного производства и улучшения качества продукции. Решить вышеуказанные задачи возможно за счет изменения способа сварки (взамен дуговой сварки плавящимся покрытым электродом применять дуговую сварку плавящимся электродом в защитном газе) [4].

При рассматриваемом способе сварки дуга будет гореть между электродной проволокой и изделием, но при этом подача плавящегося электрода (проволоки) будет механизирована. Изменение положения сварочной горелки вдоль шва с необходимой скоростью сварки будет выполняться сварщиком вручную.

Целью работы является установление целесообразности использования дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе при изготовлении штанг буровых.

Материал и технология сварки

В качестве основного материала применяется сталь марки 30ХГСА. При дуговой сварке плавящимся покрытым электродом применялись электроды марки ЭА-395/9 диаметром 3 – 5 мм. Для дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе была выбрана проволока сплошного сечения ОК Aristorod 69 диаметром 1,2 мм, близкая по химическому составу и механическим

свойствам электродам марки ЭА-395/9, что гарантирует более однородное соединение и позволяет сократить расходы на материалы более чем в два раза. При этом для защиты зоны дуги и сварочной ванны применяются защитные газы Ar и CO₂ (смесь в соотношении 80 и 20 % соответственно).

Конструктивные элементы при дуговой сварке плавящимся покрытым электродом представленной в НД [5]. Две заготовки свариваются между собой стыковым швом по ГОСТ 5264-80-С20. Толщина образца 20 мм, диаметр – 180 мм, длина шва – 565,2 мм, скос кромки 25° (рис. 2).

Конструктивные элементы при дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе представлены в НД [6]. Две заготовки свариваются между собой стыковым швом по ГОСТ 14771-76-С20. Толщина образца – 20 мм, диаметр – 180 мм, длина шва – 565,2 мм. Скос кромки составляет 20°, а также уменьшаются геометрические размеры сварного соединения (рис. 3).

Применение предлагаемой технологии позволит уменьшить общий угол разделки с 50 (рис. 4, а) до 40° (рис. 4, б), что снизит площадь поперечного сечения шва. В свою очередь это означает снижение количества проходов по сравнению с дуговой сваркой плавящимся покрытым электродом (как следствие – меньшее количество сварочных материалов), а также сокращение времени, затрачиваемого на операцию «сварка».

Результаты расчета экономической эффективности

Проведены расчеты следующих показателей: количество сварочных материалов и расход электроэнергии, затрачиваемых на сварку одного шва (табл. 1), скорость сварки и время, затраченные на сварку одного шва (табл. 2).

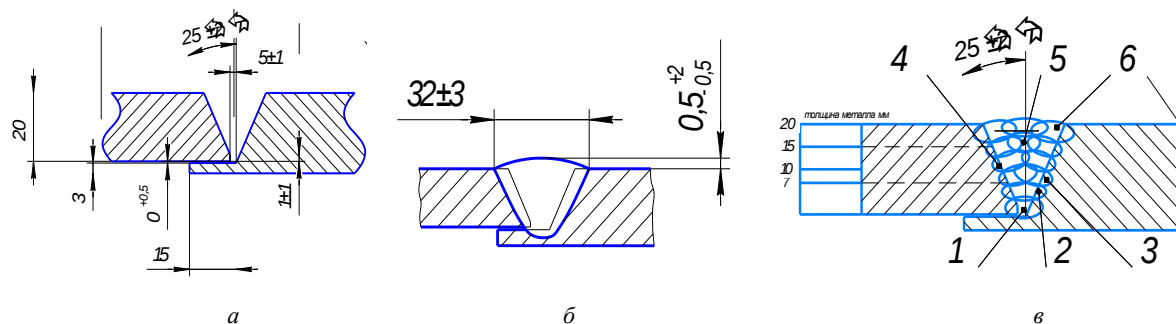


Рис. 2. Конструктивные элементы при дуговой сварке плавящимся покрытым электродом:
 а и б – геометрические размеры при разделке кромок и сварного соединения; в – последовательность наложения слоев
 Fig. 2. Structural elements in arc welding with a consumable coated electrode:
 а and б – geometric dimensions when cutting edges and of the welded joint; в – the sequence of overlay layers

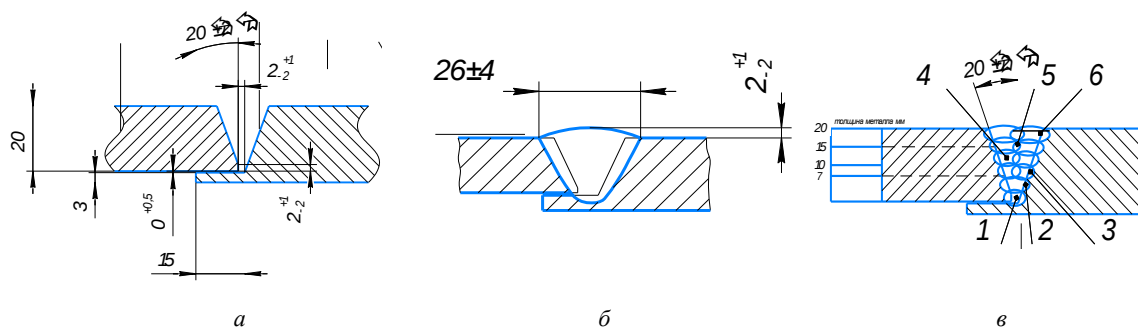


Рис. 3. Конструктивные элементы при дуговой сварке плавящимся электродом в защитном газе:
 а и б – геометрические размеры при разделке кромок и сварного соединения; в – последовательность наложения слоев
 Fig. 3. Structural elements in gas-shielded consumable electrode arc welding:
 а and б – geometric dimensions when cutting edges and of the welded joint; в – the sequence of overlay layers

Расчеты показали, что экономия сварочных материалов при использовании дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе проволокой Aristorod 69 составит 43,74 % на один шов. Экономия электроэнергии составит 48,28 % (рис. 5). Скорость сварки возрастет в 13,8 раза. Полное время сварки снизится в 15,44 раза (рис. 6). Наглядно экономии и улучшение видно на диаграммах (рис. 5, 6).

Время сварки одной буровой штанги диаметр 180 мм дуговой сваркой плавящимся покрытым электродом составляет 7,72 ч (463,2 мин.), а дуговой сваркой плавящимся электродом в защитном газе – 0,5 ч (30 мин.). Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что за рабочую восьмичасовую смену производительность труда возрастет в 15,44 раза.

Потребность в производстве штанг буровых на 2022 г. составляет 300 штук. Годовой экономический эффект составит 378 579 рублей.

Были проведены механические испытания рассматриваемого сварного соединения на растяжение и ударный изгиб, а также замеры твердости.

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

Испытание проводили на разрывной машине РМ-50М, предназначенной для статических испытаний металлов, арматурной стали, листового и круглого проката на растяжение при нормальной температуре по ГОСТ 1497 – 84 [7, 8]. Машина оснащена системой измерения, позволяющей проводить испытания с установленной скоростью нагружения, обеспечивающей измерение перемещения активного захвата и его индикацию, результата записывали на самопишущем двухкоординатном приборе. Погрешность испытания $\pm 1\%$.

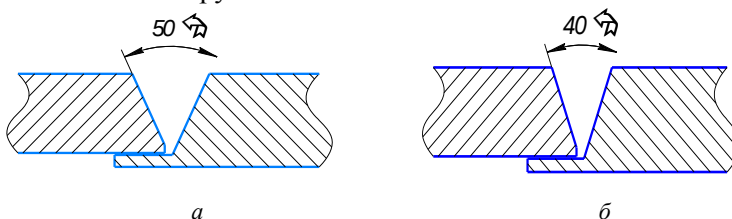


Рис. 4. Углы разделки кромки и при дуговой сварке плавящимся покрытым электродом (а) и электродом в защитном газе (б)
 Fig. 4. Bevel angles edge– in arc welding with a consumable coated electrode (а) and electrode in a protective gas (б)

Расчет экономического эффекта*Table 1. Calculation of the economic effect*

Наименование	Дуговая сварка плавящимся покрытым электродом	Дуговая сварка плавящимся электродом в защитном газе	Экономический эффект
Сварочные материалы на сварку одного шва, руб.	1031,8	451,3	– 580,5
Электроэнергия на сварку одного шва, руб.	8,7	4,2	– 4,5
Итого:			– 576

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

Испытание проводили на копре маятниковом МК-30А, предназначенном для испытания образцов, металлов и сплавов, на двухопорный ударный изгиб по ГОСТ 9454 – 78 (метод Шарпи) [7]. Запас энергии 150 Дж. Погрешность испытания $\pm 1\%$.

Испытания на твердость

Испытания проводили на приборе ТШ-2 для измерения твердости по Бринеллю, предназначенном для определения твердости металлов по методу вдавливания в испытуемое изделие стального закаленного шарика под действием установленной нагрузки в течении некоторого времени [9].

Выводы

Проанализировав полученные результаты, можно сделать следующие выводы о целесообразности использования дуговой сварки плавящимся электродом в защитном газе при изготовлении буровых штанг. Разработана технология сварки штанг буровых дуговой сваркой плавящимся электродом в защитном газе. Проведены механические испытания образцов материала из стали 30ХГСА, механические характеристики

соответствуют требованиям ГОСТ 8731 – 74. Внедрение указанной технологии позволит получить годовой экономический эффект в размере 378 579 руб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абабков Н.В., Петрова Е.Е., Пимонов М.В. Технологии и оборудование дуговой сварки и резки. Кемерово: КузГТУ, 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., Князьков К.В., Абабков Н.В. и др. Разработка комплекса средств технической диагностики, восстановления и упрочнения элементов горнодобывающего оборудования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2013. № S6. С. 447–456.
4. Министерство труда и социальной защиты РФ. URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/143/> (дата обращения: 13.12.2022).
5. ГОСТ 5264 – 80. Ручная дуговая сварка. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменением № 1). Москва: Стандарт-информ, 2010. 34 с.

Расчетные показатели*Table 2. Calculated indicators*

Наименование	Дуговая сварка плавящимся покрытым электродом	Дуговая сварка плавящимся электродом в защитном газе
Скорость сварки, м/ч	1	13,8
Полное время сварки, ч	3,86	0,25

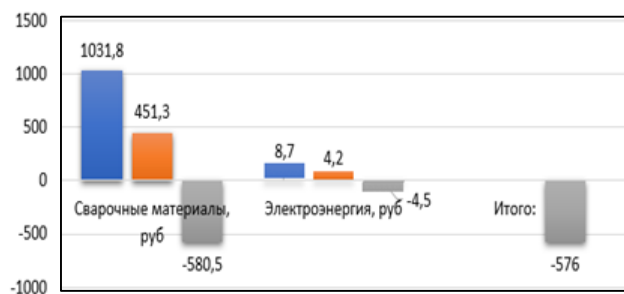


Рис. 5. Экономический эффект по затратам на сварочные материалы и электроэнергию

Fig. 5. Economic effect on the cost of welding consumables and electricity

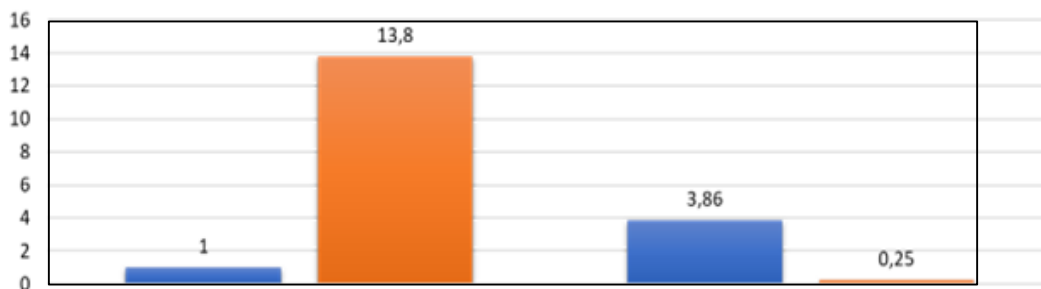


Рис. 6. Сопоставление параметров режимов сварки: скорости сварки и полного времени сварки

Fig. 6. Comparison of parameters of welding modes: welding speed and total welding time

6. ГОСТ 14771 – 76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры (с Изменениями № 1, 2, 3). Москва: Стандартинформ, 2007. 38 с.
7. ГОСТ 6996 – 66. Сварные соединения. Методы определения механических свойств (с Изменениями № 1, 2, 3, 4). Москва: Стандартинформ, 2005. 44 с.
8. ГОСТ 1497 – 84. Металлы. Методы испытаний на растяжение (с Изменениями № 1, 2, 3). Москва: Стандартинформ, 2008. 22 с.
9. ГОСТ 9012 – 59. Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю (с Изменениями № 1, 2, 3, 4, 5). Москва: Стандартинформ, 2007. с 39.

Т а б л и ц а 3

Результаты испытаний на растяжение

Table 3. Tensile Test Results

Образец	Диаметр/размер образца, мм	Временное сопротивление, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Среднее значение, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Место разрушения
181-1	12,0×20	791,8 (80,8)	791,8 (80,8)	Основной металл
188-2	12,0×20	791,8 (80,8)		Основной металл
Значение по ГОСТ 8731 – 74, не менее			686 (70)	–

Т а б л и ц а 4

Результаты испытаний на ударный изгиб

Table 4. Impact Test Results

Образец	Тип образца по ГОСТ 6996 – 66	Температура испытания, °С	Расположение надреза	Ударная вязкость KCU, Дж/см ²	Среднее значение для трех образцов, Дж/см ²
188-3	VI	–60	центр шва	71	65
188-4	VI	–60	центр шва	54	
188-5	VI	–60	центр шва	69	

Результаты испытаний на твердость по бринеллю (ГОСТ 9012 – 59)

Table 5. Brinell hardness test results (GOST 9012 – 59)

Зона испытаний	диаметр шарика, мм	нагрузка, кгс	выдержка, с	Диаметр отпечатка, мм		Твердость, НВ
				d_1	d_2	
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

REFERENCES

1. Ababkov N.V., Petrova E.E., Pimonov M.V. *Technologies and equipment of arc welding and cutting*. Kemerovo: KuzGTU, 2017, 185 p. (In Russ.).
2. Nikitenko M.S., Knyaz'kov K.V., Ababkov N.V., etc. Development of a complex of means of technical diagnostics, restoration and hardening of elements of mining equipment. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal)*. 2013, no. S6, pp. 447–456. (In Russ.).
3. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/143/> (date of reference: 13.12.2022). (In Russ.).
4. GOST 5264–80. *Manual arc welding. The joints are welded. The main types, structural elements and dimensions (with Change No. 1)*. Moscow: Standart-inform, 2010. 34 s. (In Russ.).
5. GOST 14771–76. *Arc welding in protective gas. The joints are welded. Main types, structural elements and dimensions (with Changes No. 1, 2, 3)*. Moscow: Standartinform, 2007, 38 p. (In Russ.).
6. GOST 6996–66. *Welded joints. Methods for determining mechanical properties (with Changes № 1, 2, 3, 4)*. Moscow: Standartinform, 2005, 44 p. (In Russ.).
7. GOST 1497 – 84. *Metals. Tensile testing methods (with Amendments No. 1, 2, 3)*. Moscow: Standartinform, 2008, 22 p. (In Russ.).
8. GOST 9012 – 59. *Metals. Brinell hardness measurement method (with Changes № 1, 2, 3, 4, 5)*. Moscow: Standartinform, 2007, 39 p. (In Russ.).

Сведения об авторах

Егор Владимирович Варнавский, инженер-технолог сварочного производства, ООО «Кузбасский центр сварки и контроля»
E-mail: vev142@mail.ru

Information about the authors

Egor V. Varnavskiy, welding production process engineer, LLC «Kuzbass Welding and Control Center»
E-mail: vev142@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Поступила в редакцию 08.11.2022

После доработки 11.11.2022

Принята к публикации 14.11.2022

Received 08.11.2022

Revised 11.11.2022

Accepted 14.11.2022