

## Восстановительная наплавка замков бурильных труб

Н.А. Печкина, Б.Е. Лопаев

*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

*Аннотация: Высокая стоимость бурильных труб определяет актуальность поиска и внедрения новых технологий их капитального ремонта. Износ бурильных труб характеризуется постепенным уменьшением толщины стенок замков в результате проведения буровых работ. Следовательно, приоритетными направлениями решения этой проблемы становятся: разработка технологии восстановления замков бурильных труб, бывших в эксплуатации; применение инновационной технологии хардбендинга – нанесение износостойких твердосплавных поясков на тело трубы.*

*Ключевые слова: бурильная труба, замок, износ, наплавка, хардбендинг, порошковая проволока*

Изучению подлежали стальные бурильные трубы диаметром 89 мм с приварными замками диаметром 108 мм с внутренней высадкой, длиной 6 м. Данные трубы в составе бурильной колонны используются для бурения наклонных и горизонтальных участков. С их помощью можно подводить к забою промывочную жидкость либо сжатый воздух, поднимать вверх разрушенную породу, передавать требуемое вращение инструменту и формировать осевую нагрузку на него.

В результате работы при бурении колонна бурильных труб принимает форму пространственной спирально-изогнутой кривой. Стенками скважины ограничивается поперечная деформация колонны. При вращении колонны стенки замков бурильных труб находятся в постоянном контакте со стенками в открытом стволе скважины, подвергаясь интенсивному изнашиванию. Критичным фактором износа является уменьшение толщины стенки замка на 65 % от номинала. Самым опасным видом износа наружной поверхности замковых соединений является абразивное изнашивание[6]. Именно по этой причине более 60 % бурильных труб отбраковываются в процессе эксплуатации.

Замки изготавливают из стали 40ХН по ГОСТ 4543. Химический состав данной стали представлен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали 40ХН, % ГОСТ 4543-71

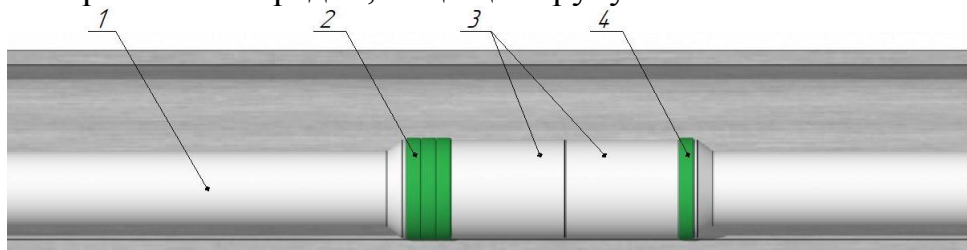
| С             | Si            | Mn          | Ni          | Cr            | S | P | Mo | V | Cu |
|---------------|---------------|-------------|-------------|---------------|---|---|----|---|----|
| 0.36-<br>0.44 | 0.17-<br>0.37 | 0.5-<br>0.8 | 1,0-<br>1,4 | 0.45-<br>0,75 | - | - | -  | - | -  |

В среднеуглеродистых сталях повышенное содержание углерода обуславливает появление мартенсита в околошовной зоне[3], что приводит к образованию внутренних трещин, распространяющихся в наплавленный металл из-за расширения металла при нагреве и сжатия при охлаждении[4]. Для предотвращения образования растрескивания наплавленного металла применяют предварительный подогрев изделия перед наплавкой. Температура предварительного подогрева рассчитывается по углеродному эквиваленту. В соответствии с [8], данному углеродному эквиваленту соответствует температура предварительного подогрева 250°С для изделий с толщиной стенки 10-50 мм[1].

Бурильные трубы можно восстанавливать под слоем флюса, в среде защитных газов, плазменной и лазерной наплавкой. Из перечисленных способов наиболее экономичным и эффективным является наплавка в среде защитных газов.

Восстановление типоразмера трубы производится наплавочной проволокой НП-30ХГСА. Оптимальная толщина наплавленного слоя за один проход составляет 3 мм. Твердость наплавленного металла составляет 220-300, НV. Поверхность после наплавки механически обрабатывается до номинального размера.

Для повышения износостойкости замков применяют наплавку хардбендинг – нанесение сваркой на поверхности муфты поясков из твердого сплава (рис. 1). Ширина пояска колеблется для труб ПВ-108 до 90 мм. В результате данной наплавки повышается срок службы бурильной трубы, так как в процессе работы в обсадной колонне либо в открытой скважине защитный поясок контактирует с агрессивной средой, защищая трубу от износа.



1 – тело трубы, 2 – наплавленные пояски муфты, 3 – замки, 4 – наплавленный поясок ниппеля

Рисунок 1 – Внешний вид колонны труб с наплавленными поясками

Технология нанесения поясков представляет собой наплавку в среде защитного газа с применением специальной порошковой проволоки. Как правило, на муфтовую часть наносят 3 пояска, а на ниппельную наносят либо один поясок, либо вообще не наносят. Ширина одного наплавленного пояска составляет 25,4 мм, высота 2,5-3 мм.

Твердосплавная наплавка хардбендинг выдерживает истирающую нагрузку эффективнее, сберегая дорогостоящие бурильные трубы.

На сегодняшний момент на российском рынке появилась специально-разработанная порошковая проволока ПП-НП-58[7]. После наплавки данной проволокой на поверхности изделия отсутствуют недопустимые дефекты: тре-

шины как продольные, так и поперечные, поры, несплавления[5] и т.д. (рис. 2). Состав данной проволоки обеспечивает минимальное разбрызгивание, что позволяет снизить к минимуму последующую механическую обработку.



Рисунок 2 – Внешний вид шва после наплавки порошковой проволокой ПП-НП-58

Проведены исследования химического состава наплавленного материала данной проволокой на замки бурильных труб в соответствии с ГОСТ Р 54153-2010 на универсальном лазерном атомно-эмиссионном спектрометре модели СПЕКС ЛАЭС МАТРИКС[2]. Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Химический состав наплавленного металла ПП-НП 58

| С    | Cr   | Mn   | Ni   | Si   | Cu   | Mo   | V | После наплавки<br>на поверхности |
|------|------|------|------|------|------|------|---|----------------------------------|
| 0.36 | 1.32 | 0.99 | 0.19 | 0.27 | 0.16 | 0.28 | - | Cr, Ti, Al                       |

Твердость металла наплавленного порошковой проволокой ПП-НП-58 составляет 770-890,НV.

Наличие хрома, как карбидообразующего элемента, неравномерно распределенного по наплавленному покрытию, увеличивает твердость и образует с углеродом простые и сложные карбиды, которые обладают высокой твердостью с сохранением достаточной вязкости.

Из рисунка 2 видно, что восстановленные трубы с нанесенной на них наплавкой хардбендинг служат в 2,5 раза дольше, чем без наплавки твёрдым сплавом.

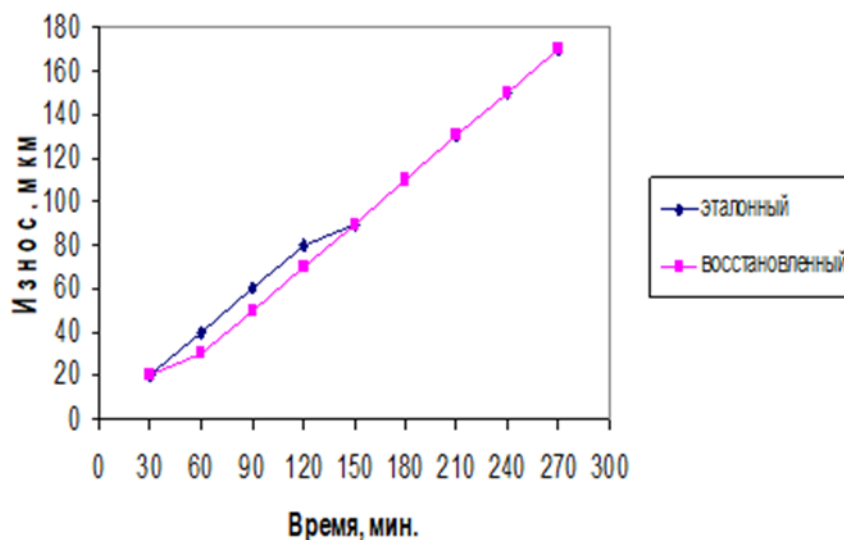


Рисунок 2 – График эталонного и восстановленного муфтового участка трубы

В технологический процесс полного восстановления буровых труб бывших в эксплуатации входит:

- входной контроль;
- наружная и внутренняя очистка труб на автоматизированных линиях;
- ультразвуковая диагностика замков труб, определение толщины стенки и групп прочности;
- правка труб;
- механическая обработка труб под наплавку;
- предварительный подогрев;
- восстановление изношенных поверхностей ниппеля и муфты на специализированной установке;
- механическая обработка под номинальный размер замка, нарезка замковой резьбы;
- нанесение защитных поясков;
- гидравлическое испытание;
- фосфотация;
- клеймение;
- консервация и пакетирование.

Исходя из выше изложенного, сделан вывод:

- соблюдение предложенной технологии и параметров режима наплавки обеспечивают качественное формирование наплавляемого металла;
- применение новой технологии наплавки хардбендинг порошковой проволокой ПП-НП-58 позволяет продлить срок службы буровых труб;

#### Библиографический список

1. Ерёмин, Е.Н. Технологические особенности сварки сталей различных классов: учебное пособие [Текст] / Е.Н. Ерёмин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2007. – 288 с.

2. Михеев, Д.А. Оптимизация режима предварительного подогрева при восстановлении соединений бурильных труб методом наплавки [Текст] / Д.А. Михеев, А.П. Амосов // Наукоемкие технологии в машиностроении. – 2015. – №1 (43). – С. 41-46.

3. Усикова, Н.Ю. Разработка твердого покрытия и технологического процесса его нанесения на замковые соединения бурильных труб [Текст]: дис. ...к.т.н: 05.16.01 / Н.Ю. Усикова. – Курск, 2000.

4. Чебан В.А. Сварочные работы [Текст] / В.А. Чебан. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2006. – 412 с.

5. Первая пробная партия. Новые испытания Российской наплавки Хардбендинг! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.interpro-tmn.ru/stati/pervaya-probnaya-partiya-novye-ispytaniya-rossiyskoy-naplavki-hardbending](http://www.interpro-tmn.ru/stati/pervaya-probnaya-partiya-novye-ispytaniya-rossiyskoy-naplavki-hardbending), свободный (Дата обращения 11.05.2018).

6. Российская защитная наплавка Хардбендинг! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interpro-tmn.ru/stati/rossiyskaya-zashchitnaya-naplavka-hardbending>, свободный. (Дата обращения 9.01.2018).

7. ССК: Отчет по хардбендингу [Электронный ресурс] / Российские нефтегазовые технологии, 2017. – Режим доступа: <https://rogtecmagazine.com/сск-отчет-по-хардбендингу/?lang=ru>, свободный. (Дата обращения 2.05.2018 г.).

8. Что такое предварительный подогрев? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.lincolnelectric.com/ru-ru/support/process-and-theory/Pages/preheat-detail.aspx](http://www.lincolnelectric.com/ru-ru/support/process-and-theory/Pages/preheat-detail.aspx), свободный. (Дата обращения 18.04.2018).