

# Исследование теплового воздействия от сварочной дуги на стенку трубопровода при ремонте дефекта типа «потеря металла»

В.А. Рыбин  
ассистент<sup>1</sup>  
Vtec11@mail.ru

<sup>1</sup>кафедра Транспорт углеводородных ресурсов, Тюменский Государственный Нефтегазовый университет (ТюмГНГУ), Тюмень, Россия

**Ремонт коррозионных повреждений стенки нефтепровода ручной дуговой наплавкой трудоемок и низкопроизводителен. Замена ручной дуговой наплавки на механизированную порошковыми проволоками, позволяет существенно снизить затраты времени на проведение ремонтных работ. Однако в настоящее время отсутствуют данные по оценке теплового воздействия на металл стенки ремонтируемого нефтепровода при наплавке порошковыми проволоками.**

## Материалы и методы

Наплавка порошковыми проволоками.

## Ключевые слова

дефекты стенки трубопровода, наплавка, порошковая проволока

В настоящее время наиболее прогрессивным методом восстановления несущей способности стенки трубопровода является заварка с применением электродуговой наплавки.

Установлено, что от величины теплового воздействия при наплавке поверхностных дефектов типа «потеря металла» зависит прочность и несущая способность металла ремонтируемого участка.

Количество тепла, выделяемое при наплавке, характеризуется эффективной тепловой мощностью (1). Также одной из главных характеристик теплового процесса при наплавке является погонная энергия, показывающая величину тепловой мощности, отнесенной к скорости наплавки (2).

$$q_u = \eta_u UI, \quad (1)$$

где  $I$  — сила сварочного тока, А;  $U$  — напряжение сварочной дуги, В;  $\eta_u$  — эффективный к.п.д., представляющий отношение количества тепла, введенного дугой в металл, к тепловому эквиваленту электрической мощности дуги.

$$q_u = (\eta_u UI) / v_{св} \quad (2)$$

где  $v_{св}$  — скорость наплавки, см/с.

Из уравнения 1 и 2 следует, что основными факторами, оказывающими влияние на тепловое воздействие, являются сила сварочного тока, напряжение на дуге и коэффициент полезного действия, которые также определяют скорость наплавки.

В настоящее время для заварки дефектов типа «потеря металла» нормативными документами регламентирована ручная дуговая наплавка (далее РД). Однако применение РД

приводит к существенным тепловложениям в металл ремонтируемого трубопровода за счет увеличения погонной энергии, приводящей к разупрочнению стенки на этом участке, о чем свидетельствуют данные рис. 1.

Логично предположить, что снижение погонной энергии при наплавке приводит к уменьшению размеров зоны термического влияния.

Как следует из уравнения 2, количество погонной энергии можно регулировать путем изменения силы сварочного тока и напряжения, либо увеличением скорости наплавки. Однако, при снижении режимов сварки (силы тока и напряжения), также снижается скорость плавления электрода и производительность наплавки. Увеличение скорости наплавки приводит к уменьшению высоты наплавленного слоя, что приводит к производительности ремонтных работ.

Проведенный анализ показал, что уменьшения погонной энергии можно добиться путем применения наплавки порошковыми самозащитными проволоками (далее МПС), порошковый сердечник которой оказывает «захлаживающий» эффект на металл сварочной ванны. Эффект «захлаживающего» воздействия на сварочную ванну объясняется тем, что при плавлении порошковых проволок часть тепловой мощности отводится на расплавление порошкового сердечника, что снижает температурное воздействие на основную металл трубопровода.

Микрофотографии, представленные на рис. 2, показывают, что при РД форма

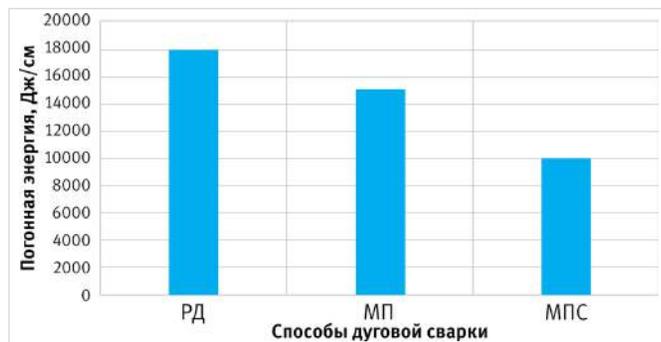


Рис. 1 — Производительность наплавки различными способами

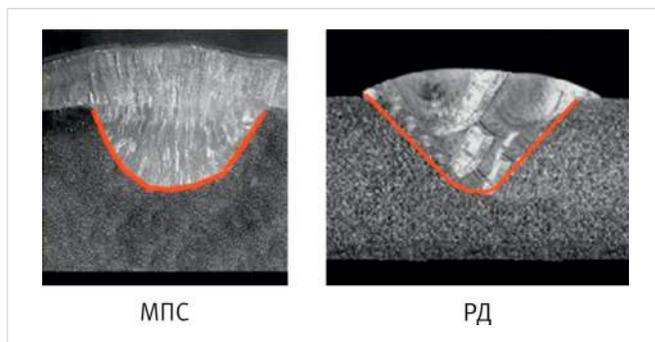


Рис. 2 — Формы провара при наплавке различными способами

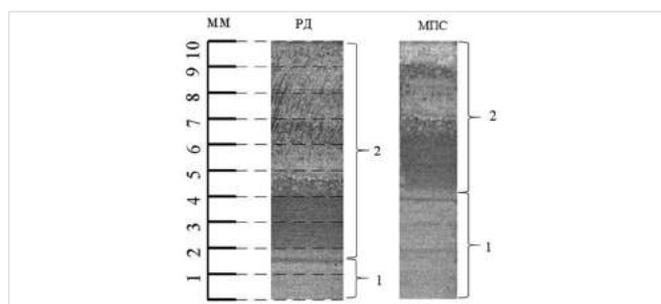


Рис. 3 — Микрофотографии наплавки выполненных РД и МПС

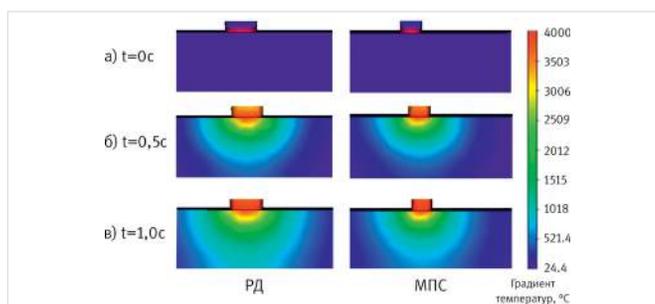


Рис. 4 — Результаты моделирования теплового процесса при наплавке в программно-вычислительном 3d комплексе (поперечный срез стенки трубопровода)

проплавления имеет более вытянутую форму (острую), чем при МПС, что приводит к увеличению проплавления металла ремонтной конструкции, а, следовательно, к увеличению глубины температурного разупрочнения, которое вызывает резкое снижение механических свойств на ремонтируемом участке трубопровода.

Дополнительно микрофотографии (рис. 2) подтверждаются металлографически исследованиями (рис. 3).

Проведенные аналитические исследования, а также результаты телевизионного контроля и компьютерного моделирования показали, что тепловложения при РД наплавке до 30% больше, чем при МПС, что также подтверждается результатами телевизионного контроля и компьютерного моделирования (рис. 4).

Анализ экспериментальных данных позволил получить зависимость величины нагрева металла ремонтной конструкции от времени нагрева (рис. 5).

Графические зависимости на рис. 5 показывают, что применение порошковых проволок при заварке дефектов типа «потеря металла» наиболее целесообразно, т.к. позволяет снизить интенсивность распространения тепла вглубь ремонтируемого участка, что приводит к снижению тепловложений и уменьшению размеров зоны термического влияния. Поэтому было выдвинуто предположение, что внедрение МПС наплавки при заварке дефектов типа «потеря металла» позволит повысить давление при ремонте нефтепровода без остановки перекачки. Однако эта гипотеза требует более детальной проработки и дополнительных исследований.

#### Итоги

Проведенные исследования показали, что замена ручной дуговой наплавки на

механизированную порошковыми проволоками при ремонте стенки нефтепровода позволяет существенно снизить тепловое воздействие на металл ремонтируемого участка.

#### Выводы

1. Установлено, что при наплавке порошковыми проволоками наблюдается:
  - «захлаживающий» эффект, приводящий к уменьшению погонной энергии;
  - снижение интенсивности тепловложений в металл ремонтируемого участка.
2. Выдвинута гипотеза о возможности повышения давления нефти при ремонте нефтепровода наплавкой порошковыми проволоками.

#### Список используемой литературы

1. Рыбин В.А., Иванов В.А. Проблемы повышения энерго- и ресурсоэффективности при сооружении и реконструкции магистральных трубопроводов // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 7(32). С. 60–62.
2. Рыбин В.А., Перспективные технологии восстановления работоспособности трубопроводов // Экспозиция Нефть Газ. 2014. № 6(38). С. 102–103.
3. Гумеров А.Г., Зайнуллин Р.С. Восстановление работоспособности труб нефтепроводов. Уфа.: Башк. кн. изд-во, 1992. 240 с.

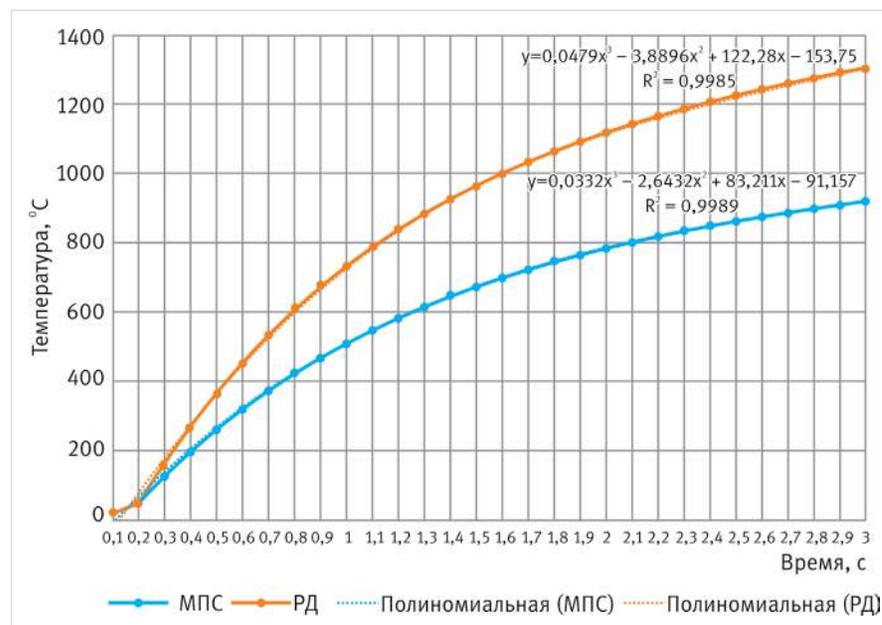


Рис. 5 — Зависимость температуры стенки ремонтной конструкции при РД и МПС заварке

ENGLISH

PIPELINE

## The study of thermal effect from the welding arc on the pipeline wall at repair the "metal loss" defect type

UDC 622.692.4

#### Authors:

Vasily A. Rybin — assistant professor<sup>1</sup>; Vtec11@mail.ru

<sup>1</sup>Transport of hydrocarbon resources department, Tyumen State Oil and gas University (TSOGU), Tyumen, Russian Federation

#### Abstract

Repair of corrosion damage in the pipeline wall by using manual arc welding is labor-intensive and low-productivity. Replacement of manual arc welding to mechanized flux-cored wires can significantly reduce the time spent on the renovations. However, at the current time the data on evaluation of thermal effects on the metal wall of the repaired pipeline by using welding flux-cored wires is not exist.

#### Materials and methods

Welding flux-cored wires.

#### References

1. Rybin V.A., Ivanov V.A. *Problemy povysheniya energo- i resursoeffektivnosti pri sooruzhenii i rekonstruktsii magistral'nykh truboprovodov* [The problems of increasing energy and resource efficiency in

#### Results

Studies have shown that the replacement of manual arc welding on mechanized flux-cored wires of the repaired the pipeline wall can significantly reduce the thermal effect on the metal in the repaired sector.

#### Conclusions

1. It is found that during welding flux-cored wires is observed:
  - a "cool down" effect that leading to a decreasing of heat input;

- reducing the intensity of the heat input on the metal in the repaired sector.
- 2. It was made a hypothesis about the possibility of increasing the oil pressure during the pipeline repair by using welding flux-cored wires.

#### Keywords

defects in the pipeline wall, welding, flux cored wire

- construction and reconstruction of trunk pipelines]. *Exposition Oil Gas*, 2013, issue 7(32), pp. 60–62.
2. Rybin V.A., *Perspektivnye tekhnologii vosstanovleniya rabotosposobnosti truboprovodov* [Perspective technology of

- pipeline disaster recovery]. *Exposition Oil Gas*, 2014, issue 6(38), pp 102–103.
3. Gumerov A.G., Zaynullin R.S. *Vosstanovlenie rabotosposobnosti trub nefteprovodov* [Oil pipeline's pipes recovery]. Ufa: *Bashkirskoe knizhnoe izdatel'stvo*, 1992, 240 p.

# КОМИТЕКС

www.komitex.ru

## ПРОИЗВОДИТЕЛЬ НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИИ

Геотекстильные полотна «Геоком» для:

- строительства и ремонта автомобильных и железных дорог
- обустройства нефтяных, газовых и других месторождений и пр.
- нетканые полотна для строительства (обмотки трубопроводов; строительства бассейнов; при укладке тротуарной плитки; в инверсионной кровле и др.)

ОАО «Комитекс»

167981, г. Сыктывкар, ул. 2-я Промышленная, 10  
тел. (8212) 286-513, 286-547, 286-575; факс 286-560  
market@komitex.ru



+7 (3412) 43-53-86, 511-102  
info@konferenc-neft.ru

Производственный семинар  
«Оптимизация затрат при добыче нефти.  
Сильный сервисный сектор для нефтедобычи в  
России — критерий инновационного развития».

## 28 мая 2015 г. Ижевск

### ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН СЕМИНАРА

- Эксплуатация малодебитных скважин. Совершенствование и оптимизация эксплуатации УШГН, УШВН, УЭДН и УЭЦН малой производительности;
- Энергоэффективные технологии для скважин, оборудованных ЭЦН и ШГН. Снижение потребления электроэнергии мех.фондом при добыче нефти, сборе, транспорте, подготовке нефти и закачке воды.
- Применение информационных технологий и АСУТП в добыче нефти. Автоматизация, телемеханизация технологических процессов и безопасность производства
- Обеспечение максимальной наработки оборудования на отказ. Совершенствование конструкций и материалов насосного оборудования для добычи нефти: перспективные технологии
- Технические предложения от сервисных организаций, возможности импортозамещения в данных вопросах.

Семинар будет проводиться совместно с отраслевыми издательствами: «Экспозиция Нефть Газ», «Нефтяное хозяйство», с последующей возможностью печати докладов в этих журналах, а также при поддержке Правительства Удмуртской Республики и Министерства энергетики УР. Планируется привлечь научных сотрудников университетов нефтяных факультетов.

