

Исследование изменения глубины зоны температурного разупрочнения при ремонте коррозионных повреждений трубопроводов методом наплавки порошковыми проволоками

В.А. Рыбин
ассистент¹
vtec11@mail.ru

¹Тюменский Государственный Нефтегазовый Университет, Тюмень, Россия

Проведенные исследования показали, что при ремонте коррозионных повреждений стенки трубы методом наплавки возникает обширный температурный нагрев. В ходе проведения исследований было установлено, что глубина зоны температурного разупрочнения зависит от эффективной тепловой мощности и скорости источника тепла, а также толщины металла.

Материалы и методы

На основе данных натурного эксперимента была разработана компьютерная модель, показывающая распространение тепла по сечению металла в зоне наплавки.

Ключевые слова

магистральные нефтепроводы, коррозионные повреждения, наплавка

Анализ возрастного критерия современных трубопроводных систем России показал, что более 60% нефтепроводных магистралей перешли на III этап жизненного цикла. Исследование научных трудов выявило, что III этап жизненного цикла трубопроводов характеризуется ростом числа отказов и возникновения аварийных ситуаций. На рис. 1 представлены статистические данные по распределению дефектов в стенке трубопровода по типам.

Таким образом, данные рис. 1 показывают, что наиболее часто встречающимися в стенке магистральных нефтепроводов, являются дефекты типа потеря металла. Причем дальнейший анализ статистических данных по дефектности трубопроводных систем показал, что одними из наиболее распространенных дефектов являются локальные коррозионные повреждения стенки трубы. Следовательно, вопрос о ремонте данного вида повреждений является весьма актуальной научной задачей.

Анализ данных научно-технической литературы и нормативных документов показал, что наиболее эффективным и экономически выгодным способом ремонта коррозионных повреждений стенки трубопровода является метод наплавки. [1, 2] При этом способе ремонта, давление в трубопроводе следует снижать до ремонтного. По формуле 1 можно определить величину давления при ремонте методом наплавки.

$$P_0 = \frac{2 \cdot \sigma_s \cdot m_1 \cdot (s - h - h_{св} - 1)}{n_2 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot D}, \quad (1)$$

где σ_s — предел прочности материала трубы при растяжении, МПа; m_1 — коэффициент условий

работы трубопровода, назначаемый в зависимости от категории нефтепровода; h — глубина дефекта, мм; $h_{св}$ — глубина проплавления при выполнении первого наплавочного слоя, мм, которая определяется по табличным данным; n_2 — коэффициент надежности по нагрузке, назначаемый в зависимости от характера, вида нагрузки, способа прокладки трубопровода; k_1 — коэффициент надежности по материалу, назначаемый в зависимости от характеристики трубной стали и технологии изготовления трубы; k_2 — коэффициент надежности по назначению трубопровода; D — наружный диаметр нефтепровода, мм.

Необходимость снижения рабочего давления до «ремонтного» обусловлено разупрочнением металла на участке ремонта, вследствие нагрева, возникающего от сварочной дуги (рис. 2).

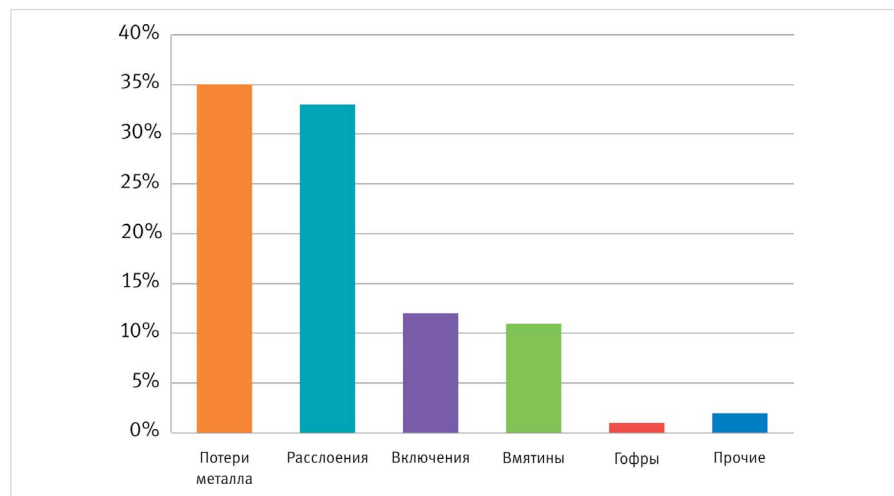
Анализ работы [3] показал, что наплавка коррозионных повреждений порошковыми проволоками более предпочтительна, чем наплавка ручным дуговым способом покрытыми электродами, т.к. позволяет снизить тепловложение в основной металл и, как следствие, уменьшает разогрев стенки трубы. Это позволяет увеличивать величину давления продукта в трубе при ремонте, что благоприятно сказывается на экономических показателях.

С целью более детального изучения проблемы разупрочнения металла от теплового эффекта, возникающего от горения сварочной дуги, был проведен эксперимент по наплавке ремонтной конструкции. В ходе исследований было установлено, что глубина температурного воздействия является наиболее важным фактором, т.к. увеличение данного параметра приводит к уменьшению толщины несущего слоя стенки трубы. [4] При этом глубина температурного разупрочнения (далее по тексту h_2) зависит от эффективной тепловой мощности источника тепла, толщины стенки трубы и скорости перемещения источника тепла. В таб. 1 приведены исходные данные математического планирования эксперимента.

Для построения математической модели было проведено планирование ортогонально центрально композиционного плана второго порядка (далее по тексту ОЦКП). В таб. 2 приведена матрица планирования ОЦКП.

Дальнейшая обработка экспериментальных данных позволила получить компьютерную модель процесса распространения тепла по сечению стенки трубы при наплавке порошковыми проволоками. В таб. 3 представлен пример результатов компьютерного моделирования.

Дальнейшая обработка данных математический и регрессионный анализ результатов



Таб. 1 — Распределение дефектов в стенке трубопровода по типам

численного и натурного экспериментов позволил получить искомую математическую модель, описывающую изменение глубины зоны температурного разупрочнения от действия источника тепла с заданными параметрами эффективной тепловой мощности и скорости перемещения, а также толщины металла стенки трубы.

$$h_z = 13 + 2,5 \cdot 10^{-3} q_s - 2,9 \cdot 10^{-2} S - 4,1 \cdot 10^{-3} v - 7 \cdot 10^{-3} q_s S - 1,0^3 q_s v + 1,4 \cdot 10^{-6} q_s^2 + 11,5 \cdot 10^{-3} S^2 + 5,2 \cdot 10^{-3} v^2 \quad (2)$$

Для наглядной иллюстрации результатов расчетов по формуле 2, были построены графики зависимости глубины зоны разупрочнения от эффективной тепловой мощности и скорости перемещения точечного источника тепла, при различных значениях толщины стенки трубопровода в месте проведения ремонтных работ. Результаты расчетов представлены на рис. 3.

Итоги

Получена математическая модель, позволяющая определять глубину зоны разупрочнения металла стенки трубы в зависимости от влияния таких факторов, как скорость и тепловая мощность источника тепла, а также толщина металла.

Выводы

1. Проведенные исследования показали, что существенное влияние на изменение глубины зоны температурного разупрочнения металла стенки трубы при ремонте наплавкой оказывают скорость перемещения источника тепла и его скорость, а также толщина стенки трубы.
2. Разработана компьютерная модель, показывающая интенсивность распространения тепла по сечению трубы, при ремонте коррозионных повреждений наплавкой.
3. Полученная математическая модель может использоваться в расчете несущей способности трубы при ремонте коррозионных повреждений наплавкой.

Список используемой литературы

1. Гумеров А.Г., Зубаиров А.Г., Векштейн М.Г. и др. Капитальный ремонт подземных нефтепроводов. М.: Недра, 1999. 525 с.

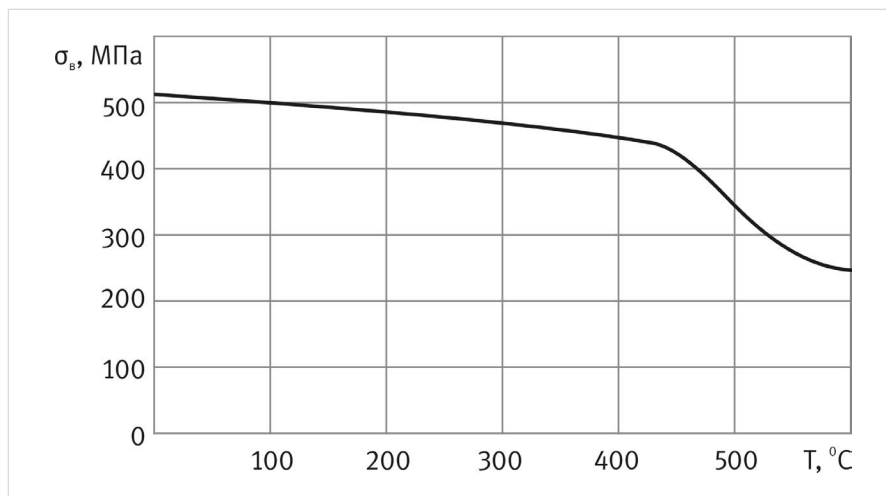


Рис. 2 — График изменения временного сопротивления разрыву стали марки 17Г1С от температуры нагрева

Название	Параметр	Ед. изм.	Обозначение
Эффективная тепловая мощность импульсного источника тепла	q_s	Вт	x_1
Толщина стенки трубопровода	s	м	x_2
Скорость перемещения движущегося точечного источника тепла	v	м/с	x_3

Таб. 1 — Кодирование факторов, оказывающих влияние на глубину зоны температурного разупрочнения при нагреве движущимся точечным источником тепла

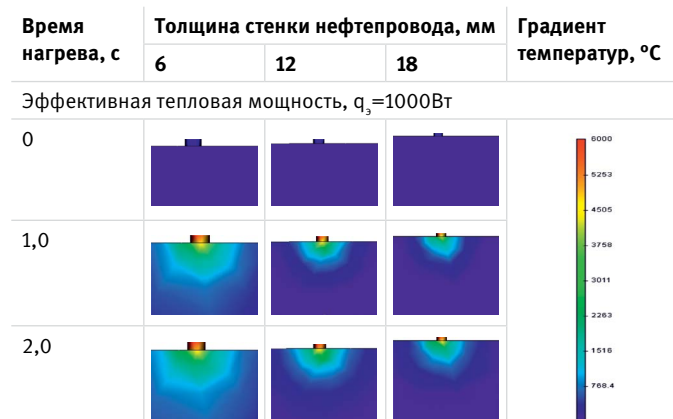
Обозначение фактора	Область эксперимента			Кодированное значение фактора
	$x_1 = q_s, Вт$	$x_2 = S, м$	$x_3 = v, м/с$	
Нижний уровень	1000	0,008	0,002	-1
Основной уровень	1500	0,012	0,004	0
Верхний уровень	2000	0,016	0,006	+1

Таб. 2 — Рабочая матрица трёхфакторного ОЦКП

2. Гумеров А.Г., Гумеров К.М., Росляков А.В. Разработка методов повышения ресурса длительно эксплуатирующихся нефтепроводов. Серия "Транспорт и хранение нефти". М.: ВНИИОЭНГ, 1991. 84 с.
3. Рыбин В.А. Перспективные технологии восстановления работоспособности

трубопроводов // Экспозиция Нефть Газ. 2014 №6. С. 102–103.

4. Рыбин В.А. Исследование теплового воздействия от сварочной дуги на стенку трубопровода при ремонте дефекта типа «потеря металла» // Экспозиция Нефть Газ. 2015. №1 (40). С. 60–61.



Таб. 3 — Результаты компьютерного моделирования

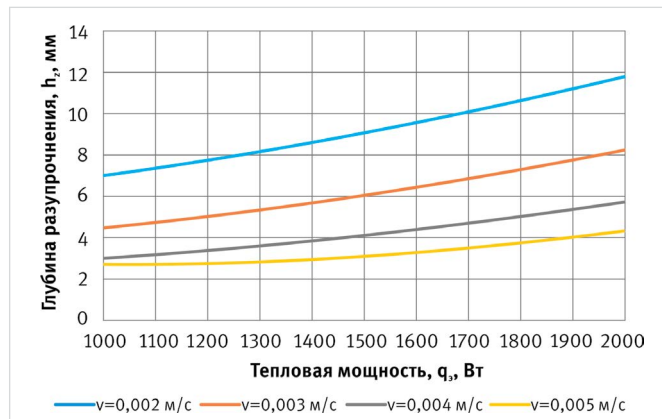


Рис. 3 — Зависимость глубины температурного разупрочнения стенки нефтепровода толщиной $S=8$ мм, от тепловой мощности, при скорости перемещения точечного источника тепла $v=0,002-0,005$ м/с

Study of the change the depth of the zone of thermal softening in the repair corrosion damage to pipelines by welding or flux-cored

UDC 622.692.4

Authors:

Vasily A. Rybin — assistant¹; vtec11@mail.ru

¹Tyumen State Oil and gas University, Tyumen, Russia

Abstract

Studies have shown that in the repair of corrosion damage to the pipe wall by welding, there is extensive thermal heating. During the research it was found that the depth of the zone of thermal softening depends on the effective heat capacity and the speed of the heat source and the thickness of the metal.

Materials and methods

Based on the data of the experiment we have developed a computer model showing the distribution of heat over the cross section of the metal in the cladding zone.

Results

Was obtained mathematical model allowing to determine the depth of the zone of weakening of the metal of the pipe wall depending on the influence of factors such as the speed and the heat output of the heat source and the thickness of the metal.

Conclusions

1. Studies have shown that a significant influence on the change in the depth of the zone of thermal softening of the metal of the pipe wall during the repair welding render the moving speed of the heat source

and the speed and thickness of the pipe wall.

2. Developed a computer model showing the intensity distribution of heat across the section of pipe, the repair of corrosion damage of the cladding.
3. The mathematical model can be used in the calculation of load capacity of pipe in the repair of corrosion damage of the cladding.

Keywords

oil pipelines, corrosion damage, surfacing

References

1. Gumerov A.G., Zubairov A.G., Vekshteyn M.G. and oth. *Kapital'nyy remont podzemnykh nefteprovodov* [Overhaul of underground oil pipelines]. Moscow: Nedra, 1999, 525 p.
2. Gumerov A.G., Gumerov K.M., Roslyakov A.V. *Razrabotka metodov povysheniya resursa dlitel'no ekspluatiruyushchikhsya*

nefteprovodov [Development of methods for increasing the lifelong operating pipelines]. Series "Transport and storage of oil". Moscow: VNIIOENG, 1991, 84 p.

3. Rybin V.A. *Perspektivnye tekhnologii vosstanovleniya rabotosposobnosti truboprovodov* [Perspective technology of pipelines disaster recovery]. Exposition Oil Gas, 2014, issue 6, pp. 102–103.

4. Rybin V.A. *Issledovanie teplovogo vozdeystviya ot svarochnoy dugi na stenku truboprovoda pri remonte defekta tipa «poterya metalla»* [The study of thermal effect from the welding arc on the pipeline wall at repair the "metal loss" defect type]]. Exposition Oil Gas, 2015, issue 1 (40), pp. 60–61.



КОНФЕРЕНЦ НЕФТЬ

T./ф.: +7 (3412) 43-53-86
+7-912-751-47-92
info@konferenc-neft.ru
www.konferenc-neft.ru

«МЕТОДЫ БОРЬБЫ СО СКВАЖИННЫМИ ОСЛОЖНЕНИЯМИ»

коррозия, мех.примеси, АСПО, эмульсии,
гидраты, соли, СВБ и др.

2-3 марта 2016 г. Ижевск



Цель мероприятий – обмен опытом, оценка эффективности внедрения существующих технологий в различных нефтегазовых компаниях России, а также обзор современных решений от предприятий производителей. Участие в этих мероприятиях позволит Вашим специалистам быть в курсе о методах успешного решения проблем, которые сегодня существуют в добывающих компаниях в области внедрения этих технологий.

«ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ»

18 мая 2016 г. Казань



Мероприятия будут 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.

