



УДК 622.248.3

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОЕМАЛЕВИХ ПОКРИТТІВ ТРУБОПРОВОДІВ ЯК ЕФЕКТИВНОГО МЕТОДУ ПОПЕРЕДЖЕННЯ КОРОЗІЇ

І. І. Бадула,

викладач, Полтавський коледж нафти і газу
Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

С. М. Нос,

викладач, Полтавський коледж нафти і газу
Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка

У статті проведений аналіз особливостей розробки родовищ вуглеводневої сировини та проблеми забезпечення надійності і довговічності нафтопромислового обладнання і трубопровідних систем. Розглянуто значення корозійних процесів трубопроводів та причини підвищення їх інтенсифікації. Проаналізовано технологічний процес емалювання труб. Надано оцінку властивостям склоемалевих покриттів нафтопромислового трубопровідного обладнання як ефективного способу захисту від корозії. Сформульовано поняття емалі і здійснено аналіз завдань, що виконує покриття емаллю металу. Визначено основні чинники та детально розглянуто умови отримання якісного склоемалевого покриття. Охарактеризовано марки сталі з точки зору хімічного складу, що краще піддаються емалевому покриттю, а також визначено основні його переваги та надано номенклатуру трубопроводів і з'єднувальних частин до них.

Ключові слова: вуглеводнева сировина, корозія металів, емаль, склоемалеве покриття труб.

PROSPECTS AND FEATURES OF GLASS-ENAMELAR PIPELINES COATING AS AN EFFECTIVE METHOD TO AVOID CORROSION

I. Badula,

lecturer, Poltava oil and Gas College,
Poltava National Technical Yuri Kondrayuk University

S. Nos,

lecturer, Poltava oil and Gas College,
Poltava National Technical Yuri Kondrayuk University

The article features development of hydrocarbon fields analysis and problems of providing the reliability and durability of oilfield equipment and pipes system. The process of pipeline corrosion and causes that increase their intensification are considered. Pipe enameling process is also reviewed. Provided the estimation of glass-enameleroilfield pipeline coating equipment as an effective way to avoid corrosion. The definition of "enamel" is given and the analysis of coating metal using enamel are made. The main factors and the agents for getting high-quality coverage are identified. Steel marks which are better exposed with enamel covering in terms of chemical composition are characterized and the range of pipes, connecting parts and its main advantages were determined.

Keywords: hydrocarbons, metal corrosion, enamel coating glass-enamelar pipes.

Постановка проблеми і стан її дослідження. У процесі розробки родовищ вуглеводневої сировини важливе значення має підвищення надійності і довговічності роботи нафтогазпромислового обладнання й трубопро-

відних систем, вихід із ладу яких небезпечний не тільки з точки зору порушення режимів експлуатації родовищ, зокрема зниження обсягів сировини, що видобувається, але і з точки зору порушення екології, що несе за собою

великі економічні санкції відповідних контролюючих органів.

Особливо загострюються проблеми забезпечення надійності і довговічності промислового обладнання і трубопроводів, які експлуатуються на пізній стадії розробки родовищ вуглеводневої сировини. У таких умовах корозійні процеси обумовлені не тільки атмосферними впливами, дією ґрунтів і ґрунтових вод, але і середовищем, що транспортується, у складі якого присутні агресивні компоненти, зокрема розсоли, вуглекислий газ, сірководень, кисень. Вони інтенсифікують процеси корозійного руйнування металів, що призводить до проривів трубопроводів і відмов експлуатаційного обладнання.

Надійність трубопровідних систем і експлуатаційного обладнання залежить, насамперед, від середовища, в якому працюють метали обладнання і труби, якості самих металів, методів і засобів захисту металів від корозії, умов навантаження деталей (напруженого їх стану), своєчасного контролю корозійної обстановки і стану трубопроводів з метою попередження руйнувань і своєчасної заміни дефектних частин труб і обладнання.

Правильний облік цих факторів і вибір антикорозійних заходів дозволяють звести аварійність трубопровідних систем і обладнання, що експлуатується, до мінімуму.

Родовища рідких і газоподібних вуглеводнів в продуктивних пластах насичені флюїдами, що включають електроліти і корозійно-активні гази: кисень, діоксид вуглецю, сірководень. Разом з вуглеводнями, що видобуваються, електроліти та агресивні гази піднімаються на поверхню, транспортуються по трубопроводах, потрапляють в ємкості, компресори, насоси, впливають на них, викликаючи пошкодження.

Ступінь агресивності середовища нафтових і газових родовищ залежить від вологості продукції свердловин і концентрації солей та газів у ній. Але якщо концентрація солей і газів від самого початку – природний фактор, то вологість продукції більшою мірою залежить від технології розробки родовищ, інтенсивності відборів, методів штучного впливу на пластини і привибійну зону свердловин.

Так, кислотні обробки вибоїв свердловин підсилюють інтенсивність корозійного зносу насосно-компресорних труб (НКТ) і нафтогазозбірних комунікацій. Застосування таких методів підвищення нафтовіддачі пластів як закачування вуглекислоти, внутрішньопласто-

ве горіння, парогазовий вплив в кілька разів пришвидшує процес вуглекислотної корозії.

Найбільш поширений метод розробки нафтових родовищ – внутрішньо-контурне заводнення, що найчастіше вносить у пласт сульфатовідновлювальні бактерії, які в процесі свого біоценозу виробляють сірководень, який у свою чергу, викликає сірководневу корозію трубопроводів і обладнання.

Також відомо, що нафти вітчизняних родовищ містять велику кількість парафіну. При їх видобутку він кристалізується і відкладається на внутрішніх стінках ліфтових труб, що призводить до зниження дебіту, а іноді і до повної зупинки свердловин. Очистка підйомних труб від відкладеного парафіну у таких умовах – складний і вартісний процес.

Науці і нафтопромисловій практиці відомо багато способів боротьби з корозією, ефективність яких залежить не тільки від технології застосування способу або діючих факторів, реагентів тощо але і від правильного уявлення про механізм процесів корозії.

Значення корозійних процесів в історії людства тільки починають розуміти спеціалісти, що стикаються з цим явищем. Багато хто схиляється до думки, що відокремлювати корозію від механічного зношування і руйнування неправомірно, оскільки всяке зношування і руйнування любого матеріалу складається із розривів його міжатомних або міжмолекулярних зв'язків, які в земних умовах заміщуються на зв'язки з активними компонентами середовища, змінюючи хімічний стан частинок, які беруть у цьому участь. Це і становить сутність корозії [7].

На сьогодні відомо, що для більшої частини умов експлуатації і діючих корозійних середовищ найбільш тривалий ефект захисту від корозії дають покриття, хоча вони вимагають більш високих капітальних витрат, ніж, наприклад, хімічні методи. Способів і складів покриттів відомо також досить багато, і кожен з них має свої переваги і недоліки. Та все ж найбільш універсальним покриттям, як за захисним ефектом, так і за технологічністю, є склоемалеве покриття металів (а також кераміка), хоча цей спосіб і є найбільш капіталомістким. Економічна ефективність такого покриття тим вище, чим більш потужне саме виробництво з емалювання обладнання або трубопроводів, тим паче, що термін служби покриття є досить значним і навіть може перевищувати термін розробки родовищ вуглеводневої сировини.

Спосіб емалювання металів в історії людства відомий здавна. Археологічні розкопки дозволили знайти предмети побуту, прикраси, вкриті склоемаллю, яка не тільки не зруйнувалася, але навіть зберегла колір і блиск протягом більше 3 тис. років перебування в умовах агресивних ґрунтів.

Більше сотні років цей спосіб захисту металів від корозії і створення декоративності покриттів широко застосовувався у світовій практиці при виробництві металевого посуду і побутової техніки (ванни, газові печі, газові нагнітачі, пральні машини тощо), жіночих прикрас і лише не значною мірою для емалювання промислового обладнання, зокрема апаратів хімічного виробництва. Промислове ж емалювання для технічних цілей молоде порівняно з металургією та виготовленням скла і кераміки. Історія промислового емалювання труб нараховує лише 30-40 років.

Огляд досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми. Науці відомо багато способів технології отримання покриттів, складів емалей для металів. Особливо великий досвід в цьому накопичено в Німеччині. Дослідження в галузі емалювання внутрішньої поверхні труб почали проводитися ще в 60-70 роках ХХ століття. Для працівників нафтогазової промисловості, теплоенергетики, комунального господарства, за винятком частини фахівців, ця тема виявилася невідомою. Тільки на початку 90-х років була розроблена унікальна технологія. В її основі – нанесення суцільного шару екологічно чистої склоемалі на внутрішню поверхню шлікерним способом, при якому досягається абсолютна цілісність покриття.

Разом з тим, відомі ґрунтовні праці з цієї тематики багатьох вчених: А.А. Аппена, Ю.І. Бакаліна, В.В. Варгина, Є.І. Литвинова, В.Я. Лакшина, Р.А. Максимова, А. Петцольда, Г. Пешмана, Н.С. Смирнова, В. Ейтель, А. Дітцель, Л.І. Еберта та інші. Необхідно зазначити, що одним із останніх вагомих досягнень у цьому питанні стало видання ООО «Недра-Бизнесцентр» у 2004 році шостого тому науково-технічного довідникового посібника «Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации» за редакцією Басаригіна Ю.М., Баднікова В.Ф., та Булатова А.І., які досить ґрунтовно розкрили дану тематику. У дану книгу також включені роботи щодо емалювання трубопроводів, виконані під керівництвом проф. Ю.І.Бакаліна і проф. Л.І.Брагіної.

Мета роботи – вивчення й аналіз властивостей склоемалевих покриттів, як ефективного способу захисту від корозії, що дозволить суттєво знизити ризики руйнування та підвищити надійність трубопроводного обладнання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Міцне з'єднання металу з емаллю, над яким працювали близько 200 років, дозволяє отримати цікаві в технічному відношенні поєднання матеріалів.

Істотним слід вважати перевагу емалі за корозійною стійкістю і гігієнічними вимогами, а перед органічними захисними покриттями за високою зносостійкістю, стійкістю до хімічного впливу, жароміцністю, а також відсутністю схильності до деструкції. За кислотостійкістю, наприклад, зі склоемаллю може порівнюватися тільки платина.

З розвитком масового промислового емалювання, такі вироби швидко знайшли застосування у багатьох сферах повсякденного життя, зокрема в харчовій промисловості, сільському і лісовому господарстві, будівництві, транспорті та інших сферах промислового виробництва.

За визначенням А. Дітцеля [2], емаллю є міцно зчеплене неорганічне склоподібне покриття на металі.

Неорганічне скло, глазури й емалі за своєю природою близькі. У звичайному сенсі скло є самостійним матеріалом, глазур – склоподібним покриттям на керамічному виробі, а емаль – склоподібним покриттям на металі. Їх склад залежно від кінцевої мети можна змінювати в широких межах.

Під емалюванням слід розуміти в принципі з'єднання склоподібно-силікатного або склокристалічного матеріалу (емалі) з металом.

З науково-технічної точки зору емаль можна визначити в дещо модифікованій формі як «склоподібну застиглу масу, отриману в результаті плавлення або спікання, що має неорганічний, головним чином оксидно-силікатний склад, яка також повинна бути наплавлена в один або кілька шарів з добавками на виріб з металу» [9]. В особливих випадках після керуваного розшарування емаль може існувати в кристалічній або частково кристалічній формі.

Емаль не є матеріалом, який функціонально застосовується самостійно; вона перетворюється в специфічний компонент тільки завдяки з'єднанню з металом.

Емаль на металі за своїм виготовленням і формою появи часто розглядається лише як покриття, нанесене на метал для захисту від

корозії. Це далеко не так. Захист від корозії є тільки одним із завдань емалювання, але далеко не єдиним. Швидше, емаль служить взагалі для поліпшення якості поверхонь і формування нових технічних і функціональних властивостей нової системи.

Нова якість емальованого матеріалу, при якому емаль повинна виконувати не тільки захисну, але й інші (оптичні, механічні, хімічні, гігієнічні) функції, полягає вже у давно прийнятому в сучасній науці понятті «композиційний матеріал».

Покриття металу емаллю підвищує механічну міцність системи на 15-20%. Феноменальна гладкість покриття збільшує пропускну здатність трубопроводів на 20-25%. Кислотостійкість емалевого покриття ні з чим не можна порівняти. У корозійному середовищі покрита склоемаллю труба може знаходитися нескінченно довго. Тільки склоемалеве покриття може створити безаварійні трубопровідні системи.

Термостійкі склоемалеві покриття витримують термоудар 300-350°C. Ударна міцність покриття – це одне зі слабких місць, однак покриття склоемаллю трубу можна скидати з висоти 60-80 см на бетонну поверхню.

Емаль не відшаровується і не відскакує, якщо деформація підкладки (металу) не перевищує меж пружності.

Властивості емалевої фрити (склоподібного матеріалу), що наноситься на трубу, і самого покриття, сформованого на трубі, значно відрізняються один від одного. На властивості системи метал - емаль впливають властивості самої підкладки, її товщина, ступінь чистоти перед покриттям тощо.

Але водночас труднощі процесів емалювання труб пов'язані з різними факторами: діаметр труб від 15 до 1420 мм, велика довжина труб – до 12 м; умови експлуатації, необхідність створення нестандартного обладнання для нанесення емалі на труби, спеціалізованої конструкції сушарок і печей, а також обладнання для контролю якості емалевого покриття на трубах. Однією з особливостей, наприклад, технології емалювання внутрішньої поверхні труб, є недоступність безпосереднього візуального контролю як між операціями, так і готової продукції, та усунення місцевих дефектів емалевого покриття [8].

Тому при виробництві емальованих труб вирішальними факторами, що гарантують необхідну якість емалевого покриття, є технологічний процес, що забезпечує надійність і ретельність проведення всіх операцій емалюван-

ня, а також обладнання для здійснення цього процесу.

Технологічний процес емалювання труб в загальному вигляді включає:

- підготовку поверхні труб під нанесення емалі;
- приготування емалевої пудри або шлікера;
- нанесення пудри або шлікера на зовнішню, внутрішню або обидві поверхні труби;
- сушку шлікера;
- відпал емалі;
- операційний, міжопераційний контроль і контроль якості готової продукції.

При багатшаровому емалюванні окремі операції повторюються.

Шляхи виконання кожної технологічної операції можуть бути різноманітними залежно від призначення, галузі та умов застосування емальованої продукції і визначаються економічною та виробничою доцільністю.

Дослідженнями у царині виробництва труб зі склоемалевим покриттям в колишньому СРСР займалися кілька організацій: ВНИТИ, УралНИТИ, ВНИИСТ, УралНИИЧМ, КазНИПИнефть та ін. Вони накопичили багатий досвід щодо приготування складових склоемалевих покриттів для захисту труб, розробки технології отримання захисних покриттів на трубах в промислових умовах і впровадження їх у виробництво.

У сучасній Україні виробництво труб з технологіями покриття склоемаллями здійснює ряд підприємств у містах Дніпро, Київ, та Кременчук, зокрема: виробниче підприємство «Сантехмонтаж», ПАТ «Емальхімпром», ТОВ «Турфан-Трейд», ТОВ «Альфа-Метал-Компані».

Якість емальованих труб поряд з іншими факторами обумовлена технологією підготовки поверхні металу. У випадку сталевих труб чистота поверхні металу набуває особливого значення у зв'язку з нетрадиційним для емалювання хімічним складом металу, що застосовується для виготовлення нафтогазпромислового обладнання: підвищений вміст ряду елементів в трубних сталях надзвичайно ускладнює отримання якісного емалевого шару.

Значною мірою на можливість отримання якісного склоемалевого покриття впливають такі чинники: хімічний склад сталі; технологія виробництва сталі; термічний режим емалювання. Розглянемо вплив зазначених факторів більш детально.

У процесі емалювання труби піддаються багаторазовому нагріву. Окисні гази проникають через пористе, ще не оплавлене ґрунтове покриття і окиснюють поверхню металу. При цьому істотно змінюється і потовщується структура окидної плівки, а ґрунт насичується оксидами металу і також змінює свої властивості. Для формування міцного зчіплювального шару важливе значення мають склад і будова окидних плівок, що визначає можливість взаємної дифузії металу й реагенту через окидний шар та зв'язок його з металом.

При окисненні заліза при температурі вище 600 °С окалина складається з трьох шарів: внутрішнього, що примикає до заліза FeO; зовнішнього α -Fe₂O₃ і середнього Fe₃O₄. З трьох окидів вюститна фаза (FeO) належить до найбільш розупорядкованих окидів з дірковою провідністю Р-типу, в якій до 11% вузлів підґратки іонів заліза можуть бути вільними, а концентрація дірок (\equiv Fe³⁺) досягає 20%. Концентрація вільних іонів заліза при 1000 °С становить 7-11% [10].

Тому з появою в окалині FeO (при $t > 575$ °С) починається інтенсивне окислення заліза. Оскільки міцність зчеплення окидної плівки з металом зменшується з її потовщенням – з'являються напруження, зникає когерентність ґраток, плівка погано утримується на металі, тому вона розтріскується і відшаровується.

При високому вмісті домішок в металі відбувається їхнє вибіркове окиснення і вони

входять до складу окалини, утворюючи складні структури шпінельного типу: NiO·Cr₂O₃; FeO·Cr₂O₃; FeO·Al₂O₃ або складні тверді розчини FeO·NiO.

Тому при наявності легуючих елементів в залізі і сталі змінюється склад окалини в усіх зонах, але найбільш сильній зміні піддається внутрішній шар. Так при введенні до складу сталі алюмінію або хрому внутрішній шар збагачується оксидами цих елементів, кількість вільної вюститної фази в ньому зменшується, окалина набуває складної будови типу шпінелі (FeO·Cr₂O₃). Зважаючи на велику щільність упакування атомів в ґратках і менші міжатомні відстані та невелику кількість вакансій, дифузійні процеси погіршуються і швидкість окиснення знижується.

Так, додавання до заліза деяких елементів сприяє утворенню окалини складної кристалічної структури. У результаті початок утворення вільної вюститної фази переміщується в область високих температур і зчеплення окалини з поверхнею основи збільшується.

Для отримання якісного емалевого покриття важливе значення має перетворення сталі, що відповідає критичній точці AC₃ (рис.1, табл. 1), яка для чистого заліза дорівнює 911°С, що можна спостерігати на фазовій діаграмі Fe-C структури сталі в рівноважному стані [4]. З підвищенням вмісту вуглецю ця точка знижується, і при його вмісті 0,1% вона становить AC₃= 865 °С.

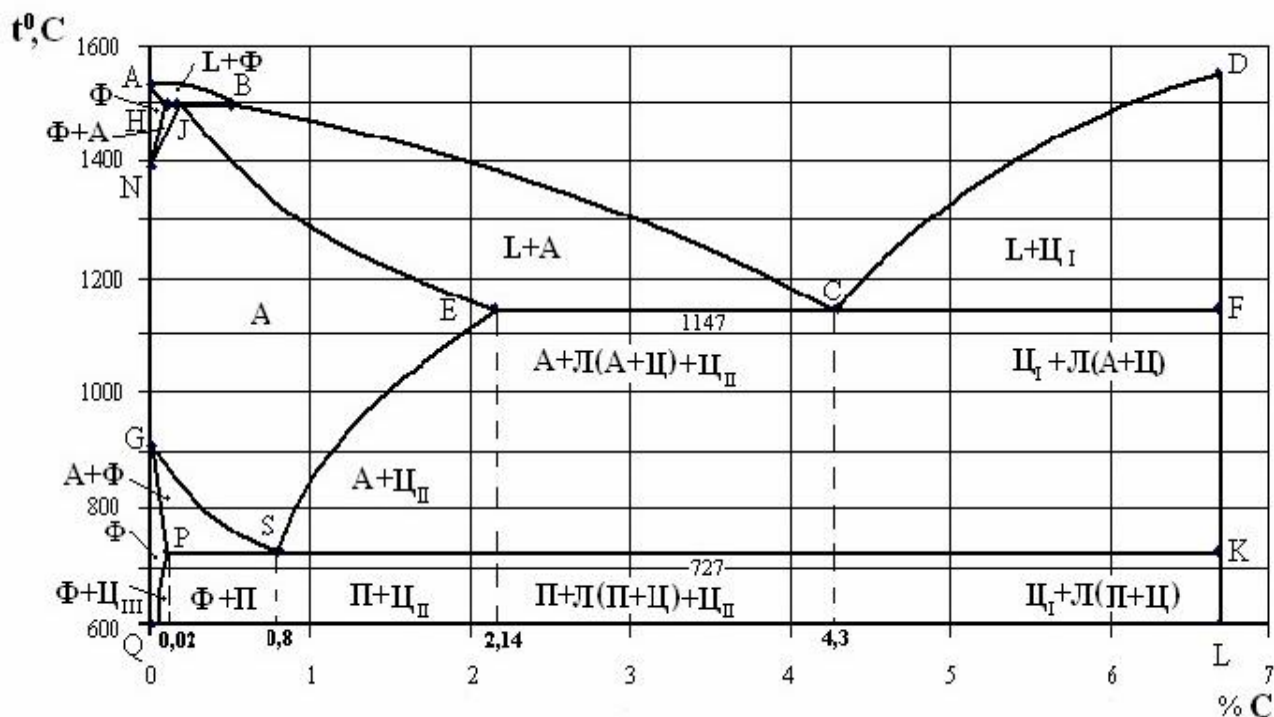


Рисунок 1 – Діаграма залізо-вуглець

Табл. 1 - Координати основних точок діаграми

Точки	Кординати	
	t ⁰ , С	% С
А	1539	0
В	1499	0,5
Н	1499	0,1
J	1499	0,16
N	1392	0
Е	1147	2,14
С	1147	4,3
F	1147	6,67
D	1550	6,67
G	911	0
P	727	0,02
S	727	0,8
K	727	6,67
Q	600	0,01
L	600	6,67

Сталь, нагріта вище AC_3 , перетворюється повністю в аустеніт. При наступному охолодженні відбувається перекристалізація і усуваються дефекти в структурі сталі, які були до нагрівання: текстурованість, викликана впливом прокатки; нерівномірність зерна, пов'язана з неправильною попередньою обробкою сталі; крупнозернистість, обумовлена перегрівом сталі і т.п. З цієї точки зору, відпал емалі вище точки AC_3 , повинен сприятливо впливати на властивості сталі.

Однак відпал емалі в області аустенітного стану сталі має істотні недоліки, внаслідок насичення сталі воднем та сильної деформації виробів. Тому намагаються проводити відпал нижче точки AC_3 і застосовувати більш легкоплавкі емалі, або використовувати спеціальні сталі з більш високим положенням цієї точки. Дослідження показали, що при відпалі в області двофазного стану сталі (50% фериту + 50% аустеніту) в емалевому покритті з'являється досить значна кількість бульбашок.

На якість емалевого покриття суттєво впливають також ще перетворення сталі, що відбуваються при більш низьких температурах, коли емаль переходить в крихкий стан. Ці перетворення пов'язані із зміною розчинності вуглецю у фериті, яка зменшується зі зменшенням температури.

Незважаючи на незначну розчинність вуглецю у фериті при $700^{\circ}C$ (0,02-0,03%) властивості сталі помітно змінюються при наступному розпаді фериту і виділенні надлишкового цементиту C_{III} . Якщо прискорене охолодження нижче за $700^{\circ}C$, то процес розпаду фериту відбувається при низькій температурі (старін-

ня), при цьому підвищуються міцність і твердість, знижуються пластичність і в'язкість сталі [3]. При подальшому нагріванні сталі відмічається явище повернення, тобто перехід всіх властивостей до вихідного стану. Якщо охолодження сталі нижче $700^{\circ}C$ було повільним, то старіння сталі не спостерігається. Вплив старіння на властивості стає особливо помітним в низьковуглецевих сталях, де твердість може збільшитися в 2-2,5 рази. Спеціальні сталі, які містять елементи – стабілізатори (титан, ніобіт) до старіння не схильні.

Для емальованої сталі важливе значення має характер структури цементиту C_{III} , який іноді називають структурно-вільним цементитом. Форма розташування і розмір часток цього цементиту впливають на в'язкість сталі, здатність до глибокої витяжки; висока якість сталі отримується при дрібнозернистому і рівномірному його розподілі. Сталь втрачає здатність до глибокої витяжки, якщо C_{III} виділяється у вигляді грубих включень із стрічковим розташуванням і скупченням в окремих місцях, а також по межі зерен фериту.

Хімічний склад сталі істотно впливає на якість емалевого шару. Пропоновані марки сталі під емалювання номенклатури трубопроводів і з'єднувальних частин до них такі:

1. Нафтопровідні труби – трубна холодно- і гарячодетформована заготовка, виготовлена зі сталі марок 10, 15, 20, 25 за (DIN 1016) і 15Г, 20Г, 15Х, 20Х за (DIN EN 10083).
2. Обсадні труби – сталь така ж.
3. Сталеві сполучні частини до труб – сталь 20 (DIN 1016), 10Г2 (DIN EN 10083).
4. Насосні штанги – сталь 40 (DIN 1016), 20Н2М і 30ХМА (DIN EN 10083) при мінімальному вмісті С, Si, Mn, Cr.

Шкідливий вплив вуглецю полягає головним чином в тому, що в процесі відпалу емалі він окиснюється і виділяється у вигляді газів CO , CO_2 , що викликає утворення бульбашок на емалі. На сталі, що містить $C > 0,12 \div 0,15\%$, важко отримати якісне емалеве покриття, так як при $t > 700^{\circ}C$, вуглець починає окиснюватися. Тому для емалювання застосовують сталі з вмістом $C \leq 0,10\%$ або спеціальним відпалом видаляють вуглець з поверхні. Крім того, вуглець знижує температуру аустенітного перетворення і тим самим сприяє насичення воднем сталі і викривленню виробів в процесі відпалу емалі. Вуглець впливає на такі фізичні властивості сталі, як коефіцієнт термічного розширення, теплопровідність та ін.

При збільшенні вмісту вуглецю в сталі з'являються дефекти на емалевому покритті: чорні цятки, бульбашки, сліди закипання.

У пропонованих раніше сталях вміст вуглецю значно перевершує це значення. Тому необхідно усунути зазначений негативний фактор технологічних процесів видалення вуглецю.

Зазвичай кількість кремнію в емальованих сталях обмежується 0,1%. Кремній є шкідливим елементом.

У пропонованих сталях вміст кремнію також знаходиться за вказаною межею, що негативно впливає на процес емальовання і вимагає технологічних заходів для його нейтралізації.

Вміст інших легуючих добавок Mn, Cr, Ti, а також Ni та V значно меншою мірою впливає на якість емалевого покриття.

Висновки.

Таким чином, основні переваги склоемалевого покриття:

- покриття металу емаллю підвищує механічну міцність системи на 15-20 %;
- емалеве покриття захищає труби від корозії і блукаючих струмів (термін служби труби збільшується в 5-10 разів);
- емальовані труби мають виключно високу хімічну і корозійну стійкість проти дії рухомих частинок;
- завдяки бездоганно гладкій поверхні всередині труби значно зменшується кількість відкладень і збільшується пропускна здатність трубопроводів на 20-25 %, знижуються гідравлічні втрати (це дає можливість розробляти магістралі меншого перетину і використовувати обладнання меншої потужності);
- термостійкі склоемалеві покриття витримують термоудар 300-350°C;
- емаль не відшаровується, якщо деформація підкладки (металу) не перевищує меж пружності;
- емалеве покриття є найбільш економічно вигідним способом захисту трубопроводних систем;
- емалеве покриття є екологічно чистим і має високу технологічність.

Емальована труба – це унікальне поєднання механічної міцності труби і корозійної стійкості скла.

У даний час на практиці в умовах виробництва було неодноразово підтверджено, що захисне емалеве покриття труби гарантує продовження терміну служби трубопроводів на багато років.

Зазначені характерні особливості емалевого покриття обумовлюють перспективність широкого використання та впровадження провідними підприємствами України склоемалевих покриттів труб, оскільки це один з найкращих захистів трубопроводів.

Література

1. Басарыгин Ю.М. Теория и практика предупреждения осложнений и ремонта скважин при их строительстве и эксплуатации. Т.6 / Ю.М.Басарыгин, В.Ф.Будников, А.И.Булатов – М.:ООО «Недра-Бизнесцентр», 2004 – 447с.
2. Гонник А.А. Коррозия нефтепромыслового оборудования и меры ее предупреждения / А.А.Гонник – М.: Недра, 1976.–193 с.
3. Варгин В.В. Эмалирование металлических изделий / В.В.Варгин – М.:Машиностроение, 1972. – 494 с.
4. Шаповалов В.И. Влияние водорода на структуру и свойства железуглеродистых сплавов / В.И. Шаповалов – М.:Металлургия, 1982. – 232 с.
5. Гутман Э.М. Защита нефтепромыслового оборудования от коррозии / Э.М. Гутман, К.Р Низамов, М.Д. Гетманский, Э.А. Назимов – Учебное пособие – М.:Недра, 1983 –150 с.
6. Dietzel A. Emaillierung Wissens chaftliche Grundlagen und Crandzuge der Technologie / A. Dietzel – Springer – Verlag Berlin-Heidelberg, New-York, 1981.– 316 с.
7. Новаковский В.М. Преодоление коррозии – важнейшая задача науки / В.М.Новаковский // II Международный конгр. Защита-95: Тез.докл. ГАНГ им. И.М.Губкина –1995. –С. 67-70.
8. Совершенствование способов борьбы с парафином в условиях интенсивных солеотложений и коррозии месторождений полуострова Мангышлак// КазНИПИнефть. Тема 339/81. Рук.работы: Н.В. Смольников, А.П. Ивлев – 1981–136 с.
9. Петцольд А., Пешман Г. Эмаль и эмалирование / А.Петцольд, Г. Пешман – Справочник: Пер. с нем. Е.К. Бухмана – М.: Металлургия, 1990– 576 с.
10. Хауфе К. Реакции в твердых телах и на их поверхности / К.Хауфе – Пер. с англ. – М.: ИЛ, 1963 – Т.1. – 272 с.
11. Евдокимов И.Н., Елисеев Н.Ю. Исследование начальных стадий окисления металлов в газовой среде / И.Н. Евдокимов, Н.Ю. Елисеев // II Международный конгр. Защита-95:Тез.докл.ГАНГ им. И.М. Губкина 1995– С.93-98.

12. Бучинський М.Я. Застосування емалей для підвищення корозійної стійкості пар тертя насосних агрегатів у нафтогазовидобутку /М.Я. Бучинський, А.М. Чернявський, О.М. Шиян //

Геологія, буріння та експлуатація родовищ нафти і газу : Вип.2 : збірник наук. праць.– К. : ВАТ «Український нафтогазовий інститут», 2000. – 133 с.

В статье проведен анализ особенностей разработки месторождений углеводородного сырья и проблемы обеспечения надежности и долговечности нефтепромыслового оборудования и трубопроводных систем. Рассмотрены значение коррозионных процессов трубопроводов и причины повышения их интенсификации. Проанализирован технологический процесс эмалировки труб. Дана оценка свойствам стеклоэмалевых покрытий нефтепромыслового трубопроводного оборудования как эффективного способа защиты от коррозии. Дано определение понятия эмали и осуществлен анализ задач, выполняет покрытие эмалью металла. Определены основные факторы и подробно рассмотрены условия получения качественного стеклоэмалевого покрытия. Охарактеризовано марки стали с точки зрения химического состава, лучше поддаются эмалевым покрытием, а также определены основные его преимущества и предоставлено номенклатуру трубопроводов и соединительных частей к ним.

Ключевые слова: углеводородное сырье, коррозия металлов, эмаль, стеклоэмалевое покрытия труб.

Відомості про авторів:

Бадула Іван Іванович, викладач спеціальних дисциплін, Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Україна, 36023, м. Полтава, вул. М. Грушевського, 2а.

E-mail: ivanbadula@gmail.com.

orcid.org/0000-0001-6235-2683.

Нос Сергій Миколайович, викладач спеціальних дисциплін, Полтавський коледж нафти і газу Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, Україна, 36023, м. Полтава, вул. М. Грушевського, 2а.

E-mail: pansergik@gmail.com.

orcid.org/0000-0001-9038-8077.