

Винахід відноситься до області емалювання і може бути використаний для захисту від корозії внутрішньої та зовнішньої поверхні сталевих водо-, газо-, нафтопровідних труб і сполучень до них, а також трубних виробів.

Відомий спосіб емалювання внутрішньої поверхні циліндричних виробів, включаючий очищення внутрішньої поверхні, вертикальну установку труби, з'єднання її через елемент ущільнення з ємністю для шлікеру, заповнення внутрішньої порожнини труби шлікером шляхом його передавлювання з ємності за допомогою стислого повітря, злив шлікеру з труби в ємність при припиненні подачі стислого повітря, сушку покриття, випал його та охолодження труби на спокійному повітрі до цехової температури (а.с. СРСР №600211, МКІ С23Д5/02, 1978р Б.В. №12·1978р)

Такий спосіб емалювання забезпечує надійний захист тільки внутрішньої поверхні труб і потребує додаткового захисту зовнішньої поверхні методом фарбування труб чи вже змонтованих трубопроводів, або другими способами. Такий захист зовнішньої поверхні труб в більшості випадків не є рівноцінний по корозійній стійкості з внутрішньою поверхнею, оскільки зовнішнє покриття виходить з ладу набагато швидше, ніж внутрішнє.

Найбільш близьким по технічній суті та досягнутому результату до об'єкту винаходу є спосіб емалювання труб (прототип), включаючий очищення дробеструменевим способом як внутрішньої, так і зовнішньої поверхні труб, нанесення шлікеру на ці поверхні, його сушку та випал покриття при температурі перевищуючій температуру плавлення емалі. Охолодження та правка труби з покриттям проводять на валковій машині, яка надає трубі безперервне обертання з швидкістю 150 - 200об/хв до тої пори поки вона не охолоне до 150 - 200°С. (В.В. Варгін, Е.А. Антонова та др. Технологія емалі і емалювання металів. М.1965 с.254 - 257).

Цей спосіб-прототип не дозволяє заемальовану трубу розмістити на горизонтальному конвеєрі внаслідок пошкодження покриття на зовнішній поверхні. Тому випал покриття проводиться у вертикальній печі, підвішуючи труби за один із кінців, для чого треба або відбортовувати останній, або свердлити по крайній мірі два отвори для технологічних захватів. Крім того, для емальованих труб, які в процесі монтуння будуть зварюватись, цей кінець треба відрізати, що приведе до витрат як металу так і необхідності здійснення додаткових технологічних операцій.

Процес випалу потребує рівномірного нагріву труби по всій її довжині, що в вертикальних печах для довжини труб до 12 метрів досягти неможливо, не вдається також одержати якісного, бездефектного, суцільного, з гарним розливом та блиском покриття на внутрішній поверхні, не кажучи вже про покриття нанесене на зовнішню поверхню. Крім того, не можливо одержати якісного покриття на внутрішній поверхні труб малого діаметру (умовним діаметром від 15мм до 40мм) через те, що при обпалі покриття не вдається досягнути потрібного зчеплення його з металом труби в зв'язку з недостатньою кількістю окислюючого середовища, тобто кисню.

В основу винаходу поставлене завдання - покращення покриття, нанесеного на зовнішню поверхню порожнистих циліндричних виробів, забезпечення рівноцінних експлуатаційних властивостей зовнішнього та внутрішнього покриття, підвищення якості покриття, нанесеного на внутрішню поверхню циліндричних виробів.

Поставлене завдання вирішується тим, що відомий спосіб емалювання порожнистих циліндричних виробів, включаючий очищення їх внутрішньої та зовнішньої поверхні, нанесення шару склоемалевого шлікеру, його сушку, обпал та охолодження, згідно винаходу склоемалевий шлікер, того ж складу який використовується для внутрішнього покриття, з питомою вагою 1,15 - 1,3г/см<sup>3</sup> наносять натиранням на зовнішню поверхню виробів товщиною 20 - 60мкм безпосередньо перед випалом, а безпосередньо після випалу здійснюється охолодження обдувом зовнішньої поверхні повітрям цехової температури кількістю від 0,09 до 0,45м<sup>3</sup>/сек до температури 450 - 500°С з наступним охолодженням на спокійному повітрі до температури 150 - 60°С, після чого наносять на вироби з цієї температурою шар захисного покриття типу пека. Крім того, внутрішня порожнина виробів умовним діаметром 15 - 40мм безпосередньо після випалу продуваються повітрям цехової температури кількістю 0,01 - 0,08м<sup>3</sup>/сек.

Останнім часом широке розповсюдження набули дільниці по емалюванню внутрішньої поверхні труб, в яких всі операції процесу емалювання, крім операції нанесення, проводяться в горизонтальному положенні. Такі дільниці забезпечують велику продуктивність, оскільки всі операції виконуються поточно. Передача труб з операції на операцію для забезпечення технологічних вимог проводяться механізовано з обертанням труб навколо своїх осей.

При обпалі покриття використовують обертально-поступальний рух труб, що забезпечує рівномірність її нагріву в печі як по периметру так і по довжині, що обумовлює високу якість покриття. При такому способі транспортування не можливо виробляти труби з покриттям на зовнішній поверхні через порушення суцільності зовнішнього покриття в місцях контакту поверхні з механізмами транспортування. Тому нанесення зовнішнього покриття безпосередньо перед обпалом та його охолодження безпосередньо після випалу дозволить досягти формування покриття та його отвердіння на дільниці труби, яка не контактує з механізмами транспортування. Крім того, при обпалі покриття нанесеного на внутрішню поверхню труб малого діаметру (умовним діаметром від 15мм до 40мм), не залежно від наявності зовнішнього покриття, через малий об'єм порожнини недостатньо кількості окислювача (кисню), який бере участь в складних фізико-хімічних процесах формування покриття, не вдається забезпечити необхідної його якості - в першу чергу необхідного зчеплення склоемалі з металом труби. Тому навіть невелика кількість додаткового повітря в порожнині труби різко підвищує зчеплення покриття з металом, тобто підвищує якість покриття.

Запропонований спосіб здійснюється слідуючим чином.

Приклад №1

Очищені труби, умовним діаметром від 15 до 300мм, з нанесеним на внутрішню поверхню емалевим шлікером після сушки поступають на колісний транспортер, який забезпечує обертально-поступальний рух труби при обпалі покриття. Поступальна швидкість труби та кількість обертів труби навколо своєї осі залежать від її діаметру. Безпосередньо перед обпалом, який проводиться за допомогою тиристорного перетворювача частоти та індуктора, розміщеного між парами колісного транспортера, здійснюється нанесення покриття на зовнішню поверхню, його обпал та обдув повітрям після обпалу, тобто всі перераховані операції здійснюються там, де зовнішня поверхня не контактує з механізмами транспортування.

Нанесення покриття на зовнішню поверхню здійснюється безпосередньо перед обпалом за допомогою волосяних привідних щіток або валиками з пінополіуретану, які своєю нижньою частиною занурені в ємність з шлікером, а верхньою частиною доторкуються до труби. Натирання шару покриття здійснюється за рахунок того, що змочена шлікером щітка і труба обертаються в протилежні сторони, а товщина покриття регулюється силою притискання щітки до труби.

При транспортуванні труби через обпалювальну піч (наприклад індуктор) раніше, ніж вона зайде в піч спочатку починає грітися кінець труби і за рахунок теплопроводності металу здійснюється сушка покриття на зовнішній поверхні. По мірі переміщення труби через піч вона нагрівається до температури 900°C, тобто здійснюється обпал покриття як на внутрішній, так і зовнішній поверхні труби. Для усунення пошкодження зовнішнього покриття труби після обпалу при доторканності до колісної пари безпосередньо після виходу її з печі поверхню обдувають повітрям цехової температури до температури 450 - 500°C з наступним охолодженням на спокійному повітрі. Кількість повітря залежить від діаметру труби (0,09 - 0,45м<sup>3</sup>/сек).

Слід визначити, що внутрішнє покриття, призначене для захисту від корозійної дії транспортуемого по трубі середовища, при обпалі виходить блискучим та суцільним, тоді як зовнішнє покриття, маючи добре зчеплення з металом труби, не має такої суцільності, як внутрішнє. Тому для забезпечення рівноцінних по стійкості з внутрішнім покриттям експлуатаційних властивостей зовнішнього покриття, на обпалений шар склоемалевого покриття наноситься шар покриття, наприклад покриття на основі пека (ГОСТ 1709-75). Зовнішнє покриття наносять при досягненні трубою, яка знаходиться на охолодженні, температури 150 - 60°C. Це дає змогу збільшити продуктивність процесу нанесенням в декілька разів за рахунок швидкішого висихання покриття при порівнянні з нанесенням на холодну трубу, а також повисити його якість, тому що при температурі 150 - 60°C органічне покриття розріджується і заповнює всі пори на поверхні склоемалевого шару.

Окрім того, при емалюванні внутрішньої поверхні труб умовним діаметром від 15 до 40мм в процесі обпалу, безпосередньо при виході труб з печі в їх порожнину вдувають повітря цехової температури, кількість якого залежить від діаметру та довжини труби.

Використання запропонованого способу для виробництва емальованих труб умовним діаметром від 15 до 40мм дозволяє досягнути відмінної якості покриття на внутрішній поверхні труб при довжині їх від 6 до 8м в залежності від діаметру, що в 2 рази більше, ніж при відомому способі емалювання. Збільшення довжини емальованих труб спроможне зменшенню кількості зварювальних швів та розширенню області використання труб, наприклад, в трубчатих теплообмінниках, де зварювання труб не допускається.

Запропонований спосіб був випробуваний при емалюванні вуглецевих труб діаметром 300мм, 108мм, 86мм, 57мм, довжиною 10500мм, а також труб діаметром 45мм, 38мм, 22мм довжиною 6000мм, 5 штук кожного розміру.

Для виготовлення шлікеру використовувалась склоемаль марки ЕСТ-2 (ТУ УЗ.1704637622-172-95) слідуючого складу, кг.: SiO<sub>2</sub> - 58,8 + 3,0; TiO<sub>2</sub> - 2,3 + 0,3; B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 7,8 + 0,5; Na<sub>2</sub>O - 12,7 + 0,6; K<sub>2</sub>O - 4,3 + 0,2; Li<sub>2</sub>O - 4,0 + 0,2; CaO - 1,9 + 0,5; SrO - 0,9 + 0,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 2,0 + 0,3; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> - 1,5 + 0,5; MnO<sub>2</sub> - 1,5 + 0,5; Co<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0,6 + 0,2; Ni<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - 0,5 + 0,3.

На основі цієї склоемалі був приготовлений та нанесений на внутрішню поверхню труб шлікер, який мав слідуючий склад, кг.:

Емалева фріта	100,0
Глина, ч.я.	6,0
Пісок	10,0
Нітрит натрію	0,3
Вода	40,0
Шлікер мав такі технологічні властивості:	
Тонина розмолу (по Лісенко), од	17,0
Консистенція, г/дм <sup>2</sup>	9,5
Питома вага, г/см <sup>3</sup>	1,76

Перед нанесенням всі труби були очищені від іржі дробеструменевим методом.

Для зовнішнього покриття виготовляли шлікер того ж складу, з питомою вагою від 1,15 до 1,3г/см<sup>3</sup>. Таку питому вагу одержували розбавленням шлікеру водою, та визначали її за допомогою приладу Лісенко.

Труби діаметром 300, 108, 86 та 57мм з нанесеним внутрішнім та зовнішнім покриттям, обдували повітрям цехової температури кількістю від 0,09 до 0,45м<sup>3</sup>/сек в залежності від діаметру труби до температури 450 - 500°C з наступним охолодженням на спокійному повітрі до температури 150 - 60°C, нанесенням на виробі з цією температурою шару захисного покриття типу пека.

В труби діаметром 45, 38, 22мм з нанесеним внутрішнім покриттям безпосередньо після обпалу продували повітрям цехової температури на протязі всього часу обпалу кількістю від 0,01 до 0,08м<sup>3</sup>/сек також в залежності від діаметру труби.

При цьому всі труби, як великого діаметру з внутрішнім та зовнішнім покриттям, так і малого діаметру з

внутрішнім покриттям, були відмінної якості.

Слід відзначити, що результати випробувань показали можливість одержання технічного результату тільки в межах цих інтервалів та його відсутність за межами цих інтервалів.

Зменшення питомої ваги шлікеру при натиранні зовнішньої поверхні труб навіть на  $0,01\text{г/см}^3$  призведе до зменшення товщини покриття на 6 - 10мкм, що при випалі приведе до його вигорання, а збільшення питомої ваги шлікеру приведе при натиранні до виникнення згустків, які повністю не випаляються і при охолодженні труби сколюються.

При здійсненні охолодження труб після випалу до температури 450 - 500°C (температура твердіння покриття) повітрям цехової температури кількість його ( $0,09 - 0,45\text{м}^3/\text{сек}$ ) визначалась швидкістю охолодження покриття. Зменшення кількості повітря навіть на  $0,01\text{м}^3/\text{сек}$  збільшує температуру охолодження до 540 - 560°C, тобто покриття на зовнішній поверхні при цих температурах буде пластичним, а при доторканні до механізмів транспортування буде здиратись. Збільшення кількості повітря навіть на  $0,1\text{м}^3/\text{сек}$  призведе до збільшення швидкості охолодження, що приведе до розтріскування покриття на внутрішній поверхні труб.

Температура охолодження труб 150 - 60°C, при якій наносять шар захисного покриття, визначалась тривалістю висихання цього покриття, а також його технічними характеристиками. Якщо температура труби перед нанесенням покриття буде вищою на 5 - 10°C, то останнє закипає, що призведе до порушення суцільності, а якщо температура буде нижчою на таку ж кількість градусів, то покриття не буде мати необхідної в'язкості, не заповнить мілкі пори на емалевому покритті, тобто також не буде досягнуто рівномірної товщини та суцільності покриття.

Кількість повітря для продувки внутрішньої порожнини труб умовним діаметром 15 - 40мм визначалась діаметром труб та якістю покриття. Для труби умовним діаметром 15 мм зменшення кількості повітря навіть на  $0,001\text{м}^3/\text{сек}$  призводить до погіршення якості покриття - погане зчеплення з металом, матовий колір поверхні, шорсткість. Збільшення кількості повітря на таку ж величину призводить (особливо для труб умовним діаметром 15, 20мм) до охолодження покриття, що спричиняє його недопал, а отже погіршення якості покриття.

Спосіб емалювання дозволяє зменшити трудові та енергетичні затрати за рахунок об'єднання операцій та використання тепла труб при нанесенні остаточного шару покриття. Слід визначити, що для зовнішнього покриття можливе використання шлікеру, який залишається від промивки ємностей, кульових млинів та інше, що дозволяє організувати практично безвідходне виробництво емальованих труб.

Запропонований спосіб емалювання труб успішно пройшов випробування на ЗАТ "Емальхімпром" у м. Кременчуку. Вироблені дослідно-промислові партії емальованих труб малого діаметру для внутрішніх трубопроводів змонтовані в багатоповерхових житлових будинках м. Кременчука та Дніпропетровська, а також 600 метрів труб діаметром 133мм з внутрішнім та зовнішнім покриттям успішно експлуатуються в умовах з високим вмістом сірководню.