

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТАЛУ
АМІАКОПРОВІДУ ПІСЛЯ ТРИВАЛОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

О. Г. Архипов, д.т.н.

*Технологічний Інститут Східноукраїнського Національного
університету ім. Володимира Даля (м. Сєвєродонецьк)*

Аміакопровід Тольятті- Одеса знаходиться в експлуатації понад 30 років. За цей час труби зі сталі марки ASTM A333 Grade 6 піддалися значним корозійно-механічним пошкодженням. Звичайно ця сталь використовується для виготовлення трубопроводів, що працюють за низьких температур. За час експлуатації неодноразово виникали аварійні ситуації внаслідок руйнування труб, особливо в місцях з підвищеною вібрацією. Труби відпрацювали за середньої робочої температури від 0 °С до +21,5 °С близько 262800 годин в умовах транспортування рідкого аміаку. При проведенні ремонтних робіт вирізались зразки, які піддавались дослідженням механічних характеристик. Розглянуто 5 труб, які мали наступні геометричні характеристики: труби №1, 2, 4 - Ø323,8×17,4 мм; труба №3 - Ø273×10,31 мм; труба №5 - Ø317×17,4 мм. Крім труби №5, яка знаходилась на поверхні землі, всі інші були закопані. Дослідження на удар і для визначення відсотка волокнистості за різних температур випробування проводилися на стандартних зразках розміром 55×10×10 мм з типом надрізу KCV і KCU. Для всіх труб досліджувались зразки з поздовжнім напрямком волокон, для труби №4 ще і з поперечним, а для труби №5 визначались характеристики на зразках, що містили зону термічного впливу. Кожна точка на побудованих графіках відповідає середньому значенню отриманому з п'яти замірів за даної температури.

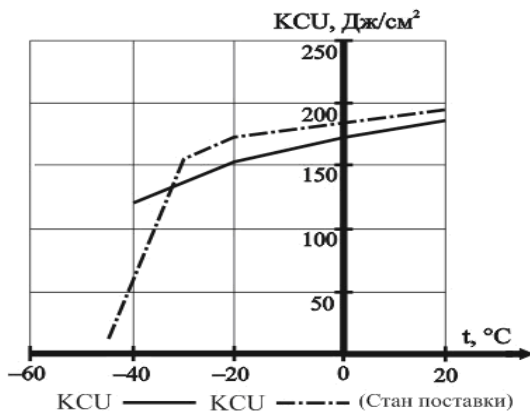


Рис. 1. Ударна в'язкість труби №1.

Для визначення вмісту водню в металі труб, з кожної з них на внутрішній поверхні, всередині труби і на зовнішній поверхні вирізались циліндричні зразки діаметром 4мм і довжиною 10 мм в кількості 9 шт. (по 3 зразка на кожен шар металю). Кінцеве значення для кожного шару знаходилося як середнє трьох замірів.

Аналіз результатів отриманих в процесі визначення величин KCV і KCU за різних температур (рис. 1-4) і вимог СНиП 2.05.06-85 дозволяє зробити наступні висновки і співставити їх з результатами робіт інших авторів [1, 2,3].

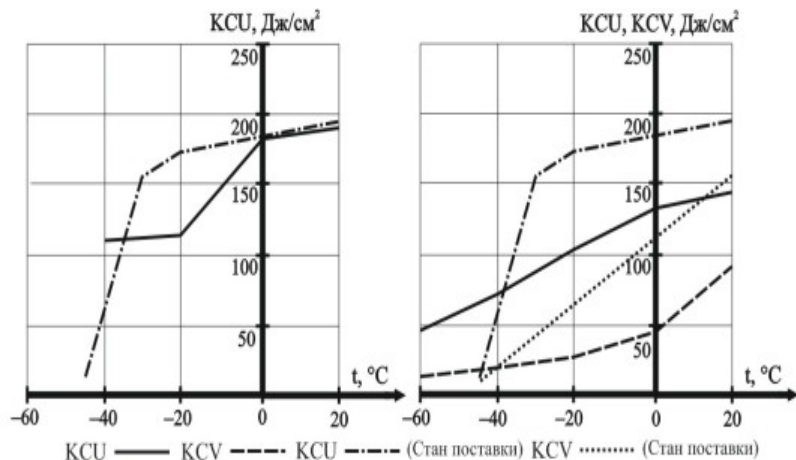


Рис. 2. Ударна в'язкість труби №2 і №3.

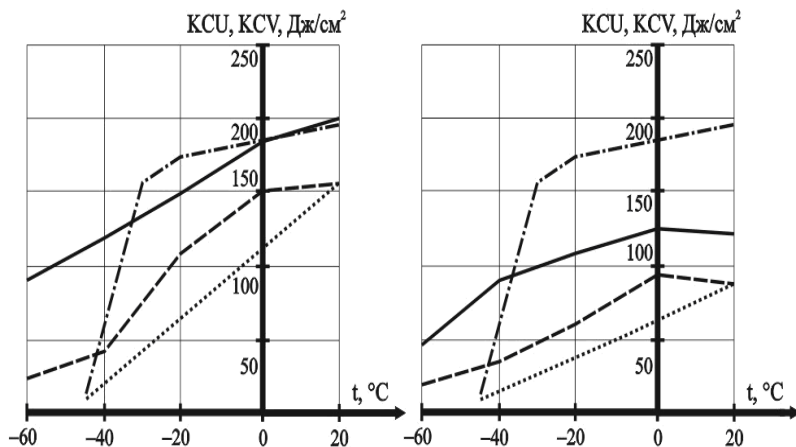


Рис. 3. Ударна в'язкість труби труби №4, зразки: а – поздовжні, б – поперечні.

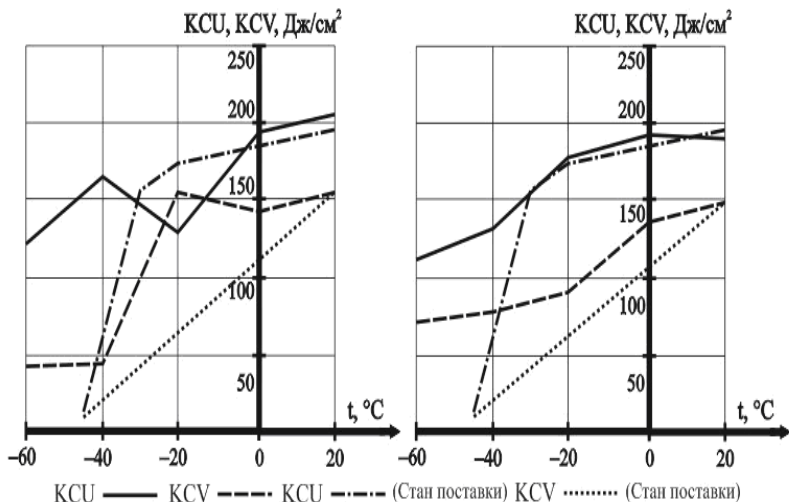


Рис. 4. Ударна в'язкість труби №5: а- зона термічного впливу; б- основний матеріал.

Метал труби №1 після тривалої експлуатації за характеристикою KCU має значення, що мало відрізняються від характеристик металу в стані поставки і має практично лінійну залежність від температури. Труба №2 при граничних температурних значеннях $+20^\circ\text{C}$ і -60°C має тіж самі значення KCU, що і у труби №1. Слід відзначити, що у метала труби №2 і інших труб температура -20°C , як показали подальші дослідження % вмісту волокнистості (рис. 5-7), характеризує перехід від в'язкого руйнування до крихкого. Метал труби №3 за показниками KCV і KCU значно поступається металу в стані поставки. Метал з повздовжніх зразків труби №4 за характеристикою KCU аналогічний металу труб №1 і №2. А за KCV для зразків як з повздовжнім напрямком волокон так і з поперечним у всьому діапазоні температур навіть має кращі характеристики ніж метал в стані поставки. Основний метал труби №5 після тривалої експлуатації за KCU має співставні характеристики з металом труб №1, №2 і №4.

В цілому можна відмітити, що метал всіх досліджених труб має задовільні характеристики ударної в'язкості. Хоча метал труби №3 за температури $+20^\circ\text{C}$ має значення близьке до критичного. Дослідження характеристик міцності труб аналогічних за хімічним складом наведено в [4].

Серіальні криві для металу труб №3,4,5 в діапазоні температур від $+20^\circ\text{C}$ до -60°C наведено на рис 5-7.

На основі отриманих результатів можна зробити наступні висновки щодо змін % волокнистості при зміні температури випробувань. Для труб №3, 4, 5 визначено верхню критичну температуру крихкості T_b , де переріз зламу повністю в'язкий (волокнистість більше ніж 95%) і T_n , де волокнистість менше 5%.

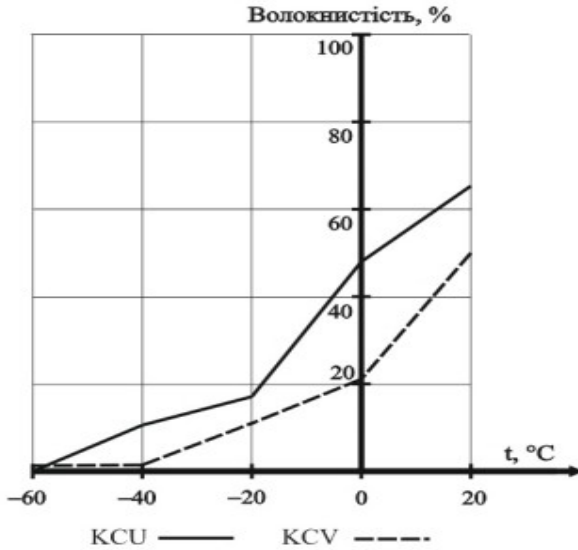


Рис. 5. Характер зміни волокнистості труби №3.

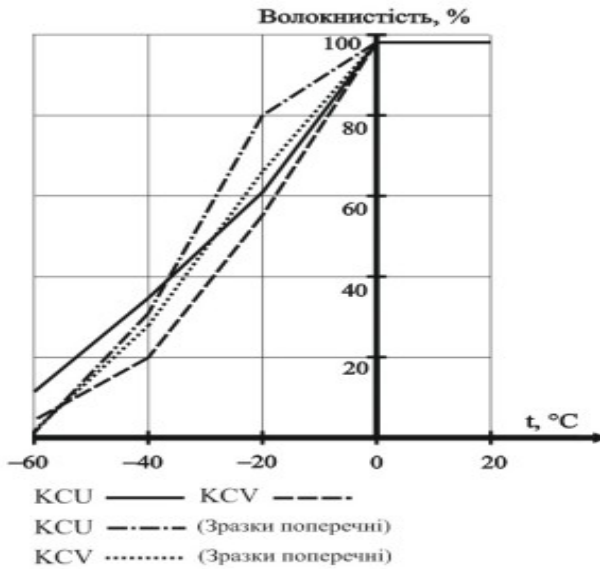


Рис. 6. Характер зміни волокнистості труби №4.

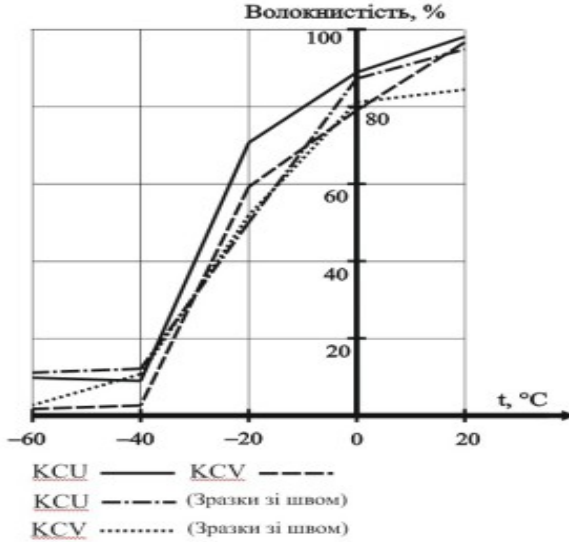


Рис. 7. Характер зміни волокнистості труби №5.

Для труби №3 T_v як за KCU так і KCV більше 20°C , T_n відповідно дорівнює -55°C і -40°C . Поріг хладноломкості за KCU більше 75°C , за KCV складає 60°C . Враховуючи, що мінімальна температура експлуатації дорівнює 0°C , можна констатувати відсутність запасу в'язкості за характеристикою T50 як за KCU, так і KCV у метала труби №3.

Для труби №4 T_v за обома показниками близька до 0°C , T_n для KCU і KCV більше -60°C . Поріг хладноломкості за KCU і KCV більше 60°C . Запас в'язкості за характеристикою T50 за KCU дорівнює 30°C , а за KCV 20°C .

Для труби №5 T_v за обома показниками близька до 20°C , T_n в обох випадках більше -60°C . Поріг хладноломкості за KCU і KCV більше 80°C . Запас в'язкості за характеристикою T50 за KCU дорівнює 30°C , а за KCV 25°C .

Для труб №3, 4, що закопані в землю діапазон температури експлуатації складає від 0°C до $+21,5^{\circ}\text{C}$. В обох випадках T_n має значення нижче за мінімальну температуру експлуатації 0°C , що дозволяє їх подальшу експлуатацію. Запас за нижньою температурою складає за KCU і KCV труби №3 відповідно 55°C і 40°C . Хоча для труби №3 запас в'язкості вичерпано. Для труби №4 за нижньою температурою за обома показниками запас складає близько 60°C . Для труби №5 яка знаходиться на поверхні землі мінімальна допустима температура під час експлуатації дорівнює -40°C , а T_n близько до -60°C , отже запас за температурою за обома показниками складає лише 20°C . Великий поріг хладноломкості характерний для всіх досліджених труб і досить великий розкид значень цієї характеристики (більше 20°C) говорить про суттєві деградаційні процеси в структурі металу, що відбулись за час тривалої експлуатації.

Строительство, материаловедение, машиностроение

Як відомо, величина порогу хладноломкості залежить від структури металу і його складу. Відмічені вище особливості змін цієї характеристики дозволяє передбачати відповідні аномалії, що і було підтверджено вимірюванням вмісту водню (табл. 1).

Таблиця 1

Наводнювання труб аміакопровіду

Номер труби	Марка сталі	Вміст H ₂ , см ³ /100 г металу		
		Внутрішня поверхня	Середина пети	Зовнішня поверхня
1	A333 Grade 6	8,63	7,85	5,85
2	A333 Grade 6	5,93	9,60	8,92
3	A333 Grade 6	6,95	27,71	3,60
4	A333 Grade 6	3,34	7,54	7,90
5	A333 Grade 6	17,51	87,75	10,10

Сталі такого класу мають максимальний вміст водню в інтервалі значень 1-3см³/100 г металу. Для всіх досліджених труб відмічається аномально високий вміст водню, чіткого розподілу водню за товщиною труби не спостерігається.

В цілому проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

- за час тривалої експлуатації труби піддалися значним деградаційним процесам;

- визначені пороги холодноломкості, запас в'язкості для металу досліджених труб;

- досліджено величину наводнювання металу труб і розподіл його по товщині стінки;

В цілому результати проведеної роботи дозволяють більш точно прогнозувати зміну механічних характеристик в часі, що підвищує безпеку експлуатації і забезпечує точніше прогнозування залишкового ресурсу.

Список использованных источников

1. Кеннеди А.Д. Ползучесть и усталость в металлах / М.: Металлургия. 1965. - 361 с.
2. Никифорчин Г. М. Аномальный прояв високотемпературної деградації металу шву зварного з'єднання ошаднолегованої сталі / Г. М. Никифорчин, О. З. Студент, А. Д. Марков // Фіз. – хім. механіка матеріалів. – 2007. - № 1. – С. 73 – 80.
3. Бугай Н.В. Работоспособность и долговечность металла энергетического оборудования / Бугай Н.В., Березина Т.Г., Трунин Н.И. – М.: Энергоиздат, 1994. – 214 с.
4. Архипов О., Борисенко В., Ліпко Г. [та ін.] / Дослідження змін механічних характеристик сталі 12Х1МФ після тривалої експлуатації // Фіз.-хім. механіка матеріалів. Спец. Вип. – 2010. - №8, Т.2 – С. 708–711