

РОЗВИТОК ТРУБОПРОВІДНИХ СТАЛЕЙ УКРАЇНИ ТА ПОРІВНЯННЯ ЗІ СВІТОВИМИ СТАНДАРТАМИ

Петрина Д.Ю.¹, Кикавець В.М.²

¹Професор, д. т. н., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

²Студент групи ПМ-20-1К., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна

Вступ. За рахунок своїх механічних характеристик сталь являється єдиним матеріалом для виготовлення трубопроводів великого діаметру в цілому світі. Перелік вимог до стану трубопровідних сталей є значним: границя міцності та текучості, твердість, ударна в'язкість, відносне видовження, корозійна стійкість та стійкість до водневого розтріскування, хороша зварюваність. Відповідні вимоги формують базові характеристики сталей, які змінювалися відносно першого використання трубопроводів. У минулому столітті механічні властивості сталей, особливо міцність і в'язкість, поступово зростали завдяки досягненню металургії та технологій виробництва у відповідь на попит ринку на більш легкі та міцні сталі [1-5].

Завдяки розвитку технологічних процесів отримання відповідної структури металу, та оптимізації термообробки було досягнуто більш високу міцність та в'язкість, з покращеною корозійною стійкістю та зварюваністю та достатньою пластичністю. Розробка високоміцних низьколегованих сталей дала можливість отримати найефективніші співвідношення характеристик міцності та опору до корозійного окрихчення.

Ці сталі, як правило, містять від 0,05 до 0,2 макс.% вуглецю та невеликі добавки (у кількості менше 0,1 макс.% кожного елемента) Nb, Ti та V. Сталі можуть також містити інші легуючі елементи, такі як Mn та Mo, в кількості, що перевищує 0,1 макс.% [2]. Найбільш розповсюджені високоміцні низьколеговані сталі за Американським нафтовим інститутом (API) X42, X46, X52, X56, X60, X65, X70, X80, X100 та X120)[3, 5]. Позначення X відповідає класу трубопроводу, а цифри відповідають мінімальній заданій границі текучості в ksi. Таке маркування прийнято у загальносвітовій практиці спорудження магістральних трубопроводів. Хоча в окремо взятих країнах відповідники

будуть залежати від фірми виробника та внутрішнього стандарту. Так у Російській Федерації стандартами ТУ(технічними умовами) передбачені класи міцності трубних сталей К34, К50, К55, К60, К65, де К – клас, цифрові значення – границя міцності у кгс/мм².

Високоміцні низьколеговані сталі мають високу міцність і чудову в'язкість, що пояснюється мікроструктурою – ферит/ голчастий ферит/бейніт. Тип мікроструктури залежить від хімічного складу сталей і від термообробки та температури прокату)[5, 6].

Основними «польовими» матеріалами труб на даний момент є сталі Х70, Х80 та їх аналоги (російська К65, німецька StE 550). Сталь Х70 була розроблена понад 35 років тому, а перший трубопровід зі сталі Х80 побудований в середині 80-х років минулого століття. Загальний тоннаж труб цих марок зростає з року в рік, хоча ще не перевищив тоннаж більш старіших сталей Х52, Х56. Проте останнім часом саме сталь Х80 вибирається як основна у проектах трубопроводів великої протяжності та підвищеного тиску.

Основними Українськими виробниками сталей магістральних нафтогазопроводів є міжнародний концерн «Метінвест» («Metinvest»), заснований на базі металургійного комбінату «Азовсталь» та містить у своїй структурі такі комбінати як: ММК ім. Ільїча, АКХЗ, «Інкор і КО», Promet Steel та інші; та міжнародна компанія «Інтерпайп» («Interpipe»), яка є вертикально інтегрована і складається з ряду заводів: Інтерпайп Втормет, Інтерпайп сталь, Інтерпайп НМТЗ (Новомосковський трубний завод) та інших. Металургійний комбінат «Азовсталь» був основним виробником трубної продукції за часів СРСР. Комбінат бере участь у важливих міжнародних проектах і на даний час Метінвест пропонує в якості матеріалу труб високотемпературний прокат сталей різного класу міцності за стандартом API Х42, Х46, Х52, Х60, Х65, Х70, Х80)[8]. Основний виробник труб великого діаметру (до 1420мм) був Харцизький трубний завод, яких входив у концерн «Метінвест» та за рахунок військовим діям на Сході України фактично припинив своє існування. Основним виробником трубної продукції компанії «Інтерпайп» є Новомосковський трубний завод. Підприємство спеціалізується на виготовленні труб магістральних газопроводів діаметром до 1020мм методом

електродугового зварювання. Основними матеріалами труб є сталі K50, K52, K55, K60 (17Г1С-У, 09Г2С, 13Г1С-У, 10Г2ФБЮ)[7]. Компанія виготовляє захисне поліетиленове покриття, яке варіюється в залежності від умов експлуатації труб та забезпечує можливість безпечної роботи в діапазоні температур від -40°C до +80°C.

Наступним етапом у виробництві труб великого діаметру стали матеріали класу міцності X100 та X120. Лідери у цьому виробництві, а це компанії Dillinger Hiitte, Mannesmannrohren Miilheim, JFE Nippon Steel розробили власні варіанти відповідних матеріалів. Основна потреба у сталях X100 та X120 – це зниження собівартості за рахунок зменшення товщини стінки труби за рахунок збільшення міцності трубопроводів при транспортуванні вуглеводнів на значні дистанції. Дані сталі застосовують на експериментальних ділянках трубопроводів Канади та Північної Америки) [2, 5]. Основною концепцією хімічного складу цих сталей є достатньо низьке значення вмісту вуглецю – приблизно 0,04%.

Таблиця – Основні механічні характеристики трубних сталей

Сталь	Границя плинності σ_y , МПа	Границя міцності σ_u , МПа	Відносне видовження δ , %
17Г1С	363	510	20
X52	366	490	21
X70	510	580	23
X80	550	780	22
StE550	550	690	22
10Г2ФБЮ	550	620	20
K65	600	705	22
X100	690	850	
X120	883	1023	

Висновок. Основна тенденція розвитку трубобудування сконцентрувалася на здешевленні продукції та збільшенні робочих тисків за рахунок покращення

механічних характеристик матеріалів і, тим самим, зменшення металоємності вихідних труб. З середини 70-х років у світовій практиці застосовують нові методи високотемпературного прокату, який дозволив отримати структуру голчатого фериту та бейніту, що суттєво покращило міцність та в'язкість сталей трубопроводів. Це сталі типу X70 та X80, які стали основними матеріалами магістральних газопроводів за останні десятиріччя у міжнародній практиці. Сталі нового покоління типу X100, X120 мають покращені показники міцності і технологія їх виготовлення базується на отриманні структури бейніту за рахунок використання низько вуглецевих сталей, легування та керування процесу високо термічного прокату. Проте використання цих сталей не є масовим за рахунок підвищеної чутливості до в'язкого руйнування і зосереджене на дослідних ділянках вже існуючих газопроводів з додатковими механічними вкладками для безпеки зупинки повздожніх тріщин.

Література

1. Zvirko, O., Tsyurulnyk, O., Nykyforchyn, H. Non-destructive evaluation of operated pipeline steel state taking into account degradation stage. *Procedia Structural Integrity*, 2020, 26, pp. 219–224. DOI: 10.1016/j.prostr.2020.06.025
2. T.N. Baker, “Microalloyed steels,” *Ironmaking & Steelmaking*, 43 (2016), 264-307.
3. Fulvio Siciliano, Douglas G. Stalheim J. Malcolm Gray. Modern High Strength Steels for Oil and Gas Transmission Pipelines. Metals Processing and Manufacturing Conference MPM 2007, Cairo, Egypt, 19-22 November, 2007, P. 75-83 DOI: 10.1115/IPC2008-64292
4. Ниркова Л.І., Гаврилшина О.В., Борисенко Ю.В. Електрохімічні та корозійно-механічні властивості трубної сталі різної категорії міцності в модельному ґрунтовому електrolіті. ВІСНИК КНУТД №5 (126), 2018, С. 99-105 DOI:10.30857/1813-6796.2018.5.11.
5. Xiaodong Shao. Research on the Steel for Oil and Gas Pipelines in Sour Environment. *MATEC Web of Conferences* 238, 04010 (2018), *ICNFM2018*. Doi:10.1051/matecconf/201823804010
6. Ю. Ф. Морозов, М. Ю. Матросов, С. Ю. Настич, А. Б. Арабей Высокопрочные трубные стали нового поколения с феррито-бейнитной структурой / *Металлург.* –2008. – № 8. – С. 39–42.
7. INTERPIPE / ИНТЕРПАЙП – международная Компания, производитель бесшовных и сварных труб, а также железнодорожных колес. Каталог продукції. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://interpipe.biz/clients/clientstubes/catalogs/1>.