

Корозійно-зносостійкі сталі для насосів

В. П. Гаврилук, член-кореспондент НАН України
Є. А. Марковський, доктор технічних наук, професор
В. А. Локтіонов-Ремізовський, кандидат технічних наук
С. В. Хлисту́н

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Проведено аналіз умов експлуатації шестеренчастих насосів і сформульовані вимоги до сталі для виготовлення деталей насосів. Оптимізовано хімічний склад ливарної корозійностійкої сталі і режим термічної обробки робочих деталей насоса з нової сталі. Встановлено підвищення зносостійкості сталі в кислотному середовищі в 2,2 рази порівняно зі сталлю 95X18.

В хімічній промисловості для перекачування розчинів і розплавів органічних матеріалів і полімерів застосовують шестеренчасті дозуючі насоси (ШДН). Маса насосів складає від 2 до 120 кг. Одним з головних чинників, що впливають на якість одержуваних синтетичних ниток, є стабільність тиску розплавів і розчинів, що подаються до фільтрального вузла. Максимально допустиме відхилення тиску від норми не повинне перевищувати $\pm 3\%$. Стабільність тиску визначається технологічними зазорами між контактними поверхнями в робочому вузлі ШДН. Вміст в перекачуваних полімерах до 1,5 % соляних кислоти розвиває корозійно-механічне зношування контактних поверхонь, що обумовлює не прогнозоване збільшення технологічних зазорів між контактними поверхнями в робочому вузлі ШДН. Збільшення їх приводить до зниження тиску розчину, який подається у робочий вузол. Високі вимоги, що пред'являються до надійності роботи ШДН, можуть бути забезпечені високою точністю виготовлення деталей і їх складання, а також застосуванням зносостійких і корозійностійких конструкційних матеріалів для деталей ШДН.

Проведені дослідження контактних поверхонь (поверхонь тертя) деталей ШДН дозволили класифікувати види зношування [1]. Для робочого блоку (пластини, вал, вісь, шестерні) найхарактернішими є пошкодження схоплюванням першого роду і ерозія контактних поверхонь. Пошкодження контактних поверхонь є причиною обмеженого ресурсу роботи ШДН до 20 діб. Матеріал деталей ШДН повинен бути зносостійким в полімерному середовищі, що містить соляну кислоту.

В якості матеріалів для виготовлення робочих деталей ШДН використовують стандартні корозійностійкі і зносостійкі сталі з широким діапазоном хімічного складу (% мас. частка): С – 0,05 – 1,1; Cr – 11,0 – 30,0; Мо – 0,42 – 20,0; Ni – 1,0 – 45,0; V – 0,25 – 1,0; Ti – 0,2 – 1,2; Mn – 0,3 – 1,0; Si – 0,25 – 1,0 та W до 2,0 [2 – 4]. Механічні властивості сталей знаходяться в межах: σ_b – 800 – 1850 МПа, $\sigma_{0,2}$ – 320 – 1900 МПа, δ – 0,5 – 2,5 %, Ψ – 8 – 70 %, HRC – 43 – 55.

Найважливішим параметром складу сплавів для роботи в середовищах, які містять хлориди, слід вважати вміст вуглецю. В склади сталей з низьким вуглецем входять молібден, мідь і нікель. Ці елементи сприяють підвищенню корозійної стійкості і забезпечують високі механічні властивості сталей. Порівняльний аналіз умов

Нові технологічні процеси і матеріали

експлуатації ШДН і властивостей стандартних сталей дозволив вибрати систему легування та діапазон хімічного складу литих сталей для експерименту. Еталоном порівняння вибрали сталь 95X18 (ГОСТ 5632-72). Хімічний склад експериментальних сталей наведено в табл. 1.

Таблиця 1
Хімічний склад експериментальних сталей

Номер експериментальної сталі	Хімічний склад сталей, % (мас. частка)				
	C	Cr	Mo	Ni	Cu
1	0,70	14,10	1,57	0,50	1,30
2	0,51	17,50	1,80	1,54	0,70
3	0,50	14,40	1,49	1,50	1,20
4	0,70	14,00	3,11	1,36	1,00
5	0,69	18,00	1,55	1,52	0,80
6	0,65	17,90	3,01	1,43	1,52

Як модельне агресивне середовище використовували 2 % розчин соляної кислоти у воді. На рис. 1 наведено залежність зміни швидкості корозії сталей при температурі 373 К. Вивчення впливу комплексного легування сталей на корозійно-електрохімічну поведінку проводили потенціостатичним методом. Аналіз впливу легуючих добавок на швидкість корозії дозволив зробити висновок, що підвищення корозійної стійкості хромистих сталей, легуваних молібденом та нікелем, зумовлено зниженням швидкості анодного розчинення. Ефективність впливу легуючих добавок підвищується зі збільшенням вмісту в сталях хрому. Найкращі показники стійкості до корозії показали сталі № 3, 5 і 6.

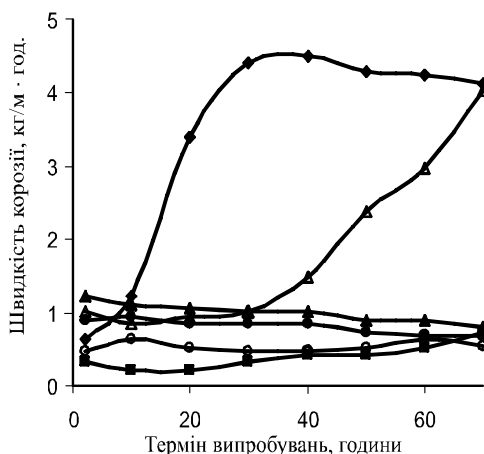


Рис. 1. Зміна швидкості корозії сталей у 2 % розчині соляної кислоти від терміну випробувань при температурі 373 К. ◆ – сталь № 1, ■ – сталь № 2, ▲ – сталь № 3, ▲ – сталь № 4, ○ – сталь № 5, ● – сталь № 6.

Зносостійкість визначали за втратою маси при зношуванні зразків сталі за схемою торцевого тертя в 2 % розчині соляної кислоти у воді при тиску $P = 50 \text{ кгс/см}^2$. Такі умови зношування моделюють умови експлуатації ШДН. Підсумковим результатом прийняли втрату маси пари тертя. Результати випробувань наведено в табл. 2 та на рис. 2.

Таблиця 2

Зношування експериментальних сталей при терті ковзання в корозійному середовищі

Номер сталі	Втрата маси при зношуванні, г		
	Зразок сталі	Контртіло 95X18	Сумарне зношування
Вихідний зразок 95X18	0,0589	0,0595	0,1184
3	0,0105	0,0495	0,06
5	0,0039	0,048	0,0519
6	0,0022	0,0413	0,0435

Сталь № 6 має максимальну зносостійкість. За поєднанням корозійної стійкості та зносостійкості оптимальною слід вважати сталь № 5 (табл. 1). Структура цієї сталі в литому стані наведена на рис. 3.

Дослідження впливу режимів нагріву під гартування в інтервалі температур 1326 – 1423 К на зміну структури та властивостей сталі дозволили

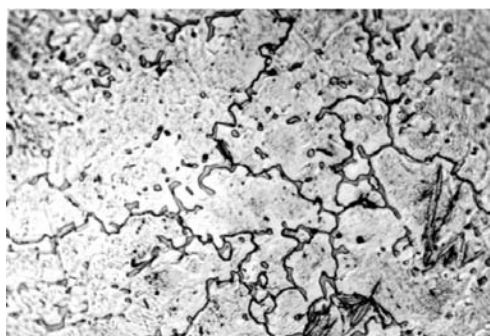


Рис. 3. Структура литої сталі плавки № 5. x 400.

литих сталей, проведені дослідження по впливу багатократних переплавів на властивості експериментальної сталі. Встановлена закономірність угару легуючих елементів, які входять до складу сталі. При повторному переплаві дещо підвищується корозійна стійкість і зносостійкість сталі. Підвищення корозійної стійкості сталі можна пояснити зменшенням вмісту вуглецю, що в свою чергу зменшує кількість карбідів в структурі та зменшує негативний вплив розвинутих міжфазних меж. Після четвертого переплаву внаслідок значного угару легуючих елементів корозійна стійкість знижується. На рис. 5 показана

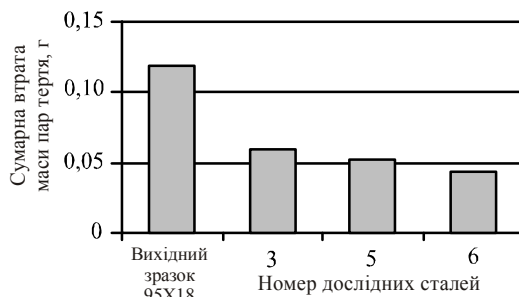


Рис. 2. Сумарна втрата маси пар тертя.

встановити, що максимальну корозійну стійкість мають зразки з аустенітною матрицею та мінімальною кількістю первинних карбідів. На рис. 4 наведено вплив температури гартування на вміст мартенситу в структурі сталі № 5. Нагрівання під гартування до температури більше 1373 К забезпечує повну аустенітизацію структури та, відповідно, високі антикорозійні та механічні властивості сталі.

З метою економії легуючих елементів, які входять до складу експериментальних

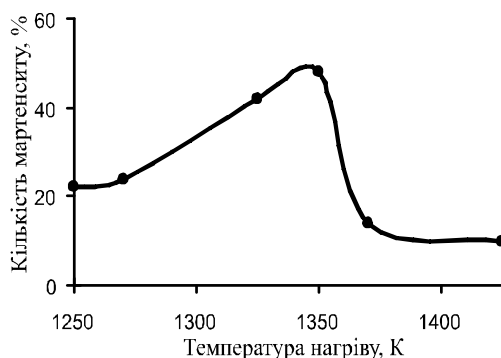


Рис. 4. Вплив температури гартування на вміст мартенситу в структурі сталі № 5.

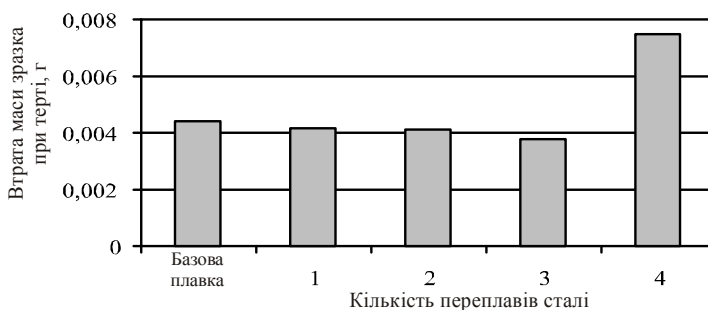


Рис. 5. Зношування сталі № 5 при повторних переплавах.

зміна зношування сталі № 5 при повторних переплавах. Після трьох послідовних переплавів дещо знижується зношування сталі. Після четвертого переплаву зношування сталі істотно підвищується.

Висновки Проведена оптимізація хімічного складу і розроблена економно легована сталь аустенітного класу для виготовлення робочих деталей шестерінчастих насосів дозувань по перекачуванню кислотовміщуючих полімерів. Встановлено вплив і оптимізовано режим термічної обробки розробленої сталі, який забезпечує якнайкраще поєднання корозійної стійкості і зносостійкості розробленої сталі для умов тертя ковзання в кислотному середовищі. Зносостійкість при терті ковзання розробленої сталі в кислотному розчині в 2,2 рази вища зносостійкості сталі 95X18. Трикратний переплав сталі не погіршує її корозійної стійкості та зносостійкості.

Література

1. Надежность и долговечность машин / Под ред. Б.И.Костецкого. – Киев: Техника, 1975. – 406 с.
2. Webster D. Increasing the toughness of the maternity Steelliness Steel AFC 77 by control of retained austenite content ausforming and strainaging. // Irons Amer. Cos. Metals. – 1968. – 61. – P. 816 – 828.
3. Dibold Scheide H. // Aushartbare chemisch bestdndige Stahle Draht. – 1973. – 24, № 9. – P. 458 – 466.
4. Похмурский В.И. Усталостная и коррозионноусталостная прочность некоторых мартенситных нержавеющей сталей с 12 % хрома // Физико-химическая механика материалов. – 1970. – 6, № 3. – С. 113 – 116.

Одержано 28.01.10

В. П. Гаврилюк, Е. А. Марковский, В. А. Локтионов-Ремизовский, С. В. Хлистун

Коррозионно-износостойкие стали для насосов

Резюме

На основании анализа условий эксплуатации шестеренных насосов сформулированы требования к стали для изготовления рабочих деталей насосов. Оптимизированы химический состав коррозионностойкой литейной стали и режим термической обработки рабочих деталей насоса из новой стали. Установлено повышение износостойкости разработанной стали в кислотной среде в 2,2 раза в сравнении со сталью 95X18.

V. P. Gavriluk, E. A. Markovskiy, V. A. Loktionov-Remizovskiy, S.V. Hlistun

The corrosion and wear-resistant steels for pumps

Summary

Based on the analysis of the operating conditions of gear pumps the requirements to steel for the manufacture of working parts of pumps are developed. The chemical composition of stainless steel casting and heat treatment modes of working parts of the pump made of new steel are optimized. It is found that wear-resistance of the developed steel in acidic medium increased by 2,2 times in comparison with 95X18 steel.