

УДК621.785

О.М. Падун, О.Т. Сердітов, Ю.В. Ключников, О.І.Горобець  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний  
інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### Вплив характеру структури на зносостійкість легованої сталі

З конструкційної ресорно-пружинної легованої сталі 70Г виготовляється велика група деталей ножів землерийних машин (бульдозерів, екскаваторів, катків), що піддаються інтенсивному зносу в абразивному піщано-водяному середовищі. Слід особливо звернути увагу на ступінь і інтенсивність зносу робочих поверхонь, що виникає в результаті їх контакту з абразивними частинками, який значно перевершує знос при інших видах зношування. Для розробки зносостійких легованих сталей і практичних рекомендацій щодо їх застосування необхідно мати чітку інформацію про види руйнування поверхні сталей в процесі її тертя і зносу в залежності від ряду факторів (видів тертя, матеріалу сполученої деталі, наявності середовищ, швидкості ковзання, питомих навантажень тощо). В умовах такого сильного зносу, мікрорізання, пластичне відтиснення та корозійно-механічний механізм присутні одночасно [1]. Тому, для збільшення зносостійкості необхідно впливати на весь блок механічних властивостей та регулювання структури: збільшення пластичних властивостей матриці та зміцнення за рахунок зростання вмісту карбідної фази [2,3,4]. Ці показники можна змінити хімічним складом, а саме добавками перехідних металів IV групи та режимами термічної обробки. У даній роботі досліджена можливість збільшити зносостійкість сталі 70Г такими елементами, як титан і ванадій, які змінюють структуру карбідної фази, але не роблять сплав крихким.

Сталь виплавляли у відкритій індукційній печі з магнезитовою футеровкою, розливали у чавунні виливниці, зливки деформували ковкою, титан та ванадій вводили перед розливкою у вигляді феросплавів. Дослідження хімічного складу показало відсутність ліквації.

Твердість та структуру сталі визначали після термічної обробки:

1. Гартування 830-840 °С, відпускання 350 °С, 2,5 години;
2. Гартування 830-840 °С, відпускання 400 °С, 2,5 години;
3. Гартування 830-840 °С, відпускання 480 °С, 2,5 години.

Зносостійкість визначали при терті жорстко закріпленого зразку по абразивній шкурці із зернистістю 8, відносну зносостійкість - по втраті маси у порівнянні з еталоном із сталі 50 у нормалізованому стані.

Дослідження зносостійкості здійснювали за методикою [5], на установці для випробувань на знос МІ-1Н при питомому тиску до 1-2 МПа. При цьому швидкість ковзання та час випробування складали 1,5 м/с та  $(3,6 - 18) \times 10^3$  с. Слід зазначити, що вибір вимірюваних параметрів визначали умовами роботи реальних вузлів тертя і тим, що навіть для твердих матеріалів, якою є легована ванадієм чи титаном сталь 70Г, такі умови є найбільш несприятливими. В якості критерію оцінки зносостійкості слугували: втрата маси та швидкість зносу зразка при терті об нерухомий вкладиш.

Структуру досліджували на оптичному мікроскопі «Неофот-21» та електронному мікроскопі. Дослідження мікроструктури показало, що збільшення зносостійкості обумовлено подрібненням структури, гальмуванням процесів відпускання та утворенням допоміжних нових неметалічних включень титану та ванадію.

Неметалічні включення були ідентифіковані за допомогою дифракції електронів. Порівняння структури із результатами випробувань показало, що для підвищення зносостійкості найбільш сприятливі рівномірно розподілені дрібні карбонітриди титану, пластичність яких на площі шліфа складає 56-62 включення на 1 мм<sup>2</sup>, середній розмір 1,2-1,4 мкм. З підвищенням температури відпускання до 480 °С спостерігається ріст карбідної фази, укрупнення карбідів. Карбонітриди, які розташовані близько один до одного, поєднуються, що негативно впливає на зносостійкість, оскільки вони викришуються з металічної матриці і не затримують втручання у метал твердих часток.

У сталі з ванадієм неметалічні включення являють собою нітриди VN та карбіди VC. Після гартування та відпускання їх розміри дуже малі, порядку 0,5-1 мкм. Ймовірно, такі включення впливають зміцнюючи на сталь, але не роблять суттєвого внеску в підвищення абразивної зносостійкості.

Для оцінки впливу структури на зносостійкість були проведені тонкі дослідження структури та кількісна оцінка характеру карбідної фази [6].

Дискретність структури оцінювали по повздовжнім та поперечним розмірам найбільш розрізняваних цементитних ділянок сталі після гартування і відпускання при 350°C. Особливо наочно виявлений вплив структурного

фактору на зносостійкість при дослідженні зразків сталей в стані нормалізації і відпалу. При рівній твердості - НВ170 вони мають різну зносостійкість. У порівнянні з вихідною сталлю 70Г зносостійкість в нормалізованому стані підвищується при додатковому легуванні титаном на 8%, ванадієм на 45%. У відпаленому стані приріст зносостійкості складає 7% і 33% відповідно. Дослідження структури засвідчило, що це пов'язано з підвищенням ступеня дисперсності перліту. Відмічений вплив титану як на довжину цементитних голок, так і на поперечні розміри. Особливо вплив титану проявляється у зменшенні міжпластиночної відстані та товщини цементитних пластин. Ванадій найбільше скорочує довжину, однак подрібнення структурних складових нерівномірне. Титан більшою мірою гальмує процеси відпускання в сталі, ніж ванадій. В сталях з титаном цементит зберігає решітку мартенситу. У вихідній же сталі та в сталі з ванадієм голки цементиту зрощені, ділянки укрупнені та більш скруглені.

Таким чином, додаткове легування карбідоутворюючими елементами дозволяє підвищити абразивну зносостійкість сталі 70Г. У стані термообробки максимальний приріст зносостійкості після двохгодинного відпуску при 350°C отримаємо при введенні титану. Проте, при дослідженні зразків сталей різної твердості питомий тиск в контакті частки з більш твердою поверхнею буде вище, ніж з менш твердою, і найбільша частина руйнівного впливу буде сприйнята більш твердим контртілом. Результатом такої взаємодії може виявитися диспергування абразивної частинки. Продукти руйнування її уносяться мастилом із зони тертя, не викликаючи значних пошкоджень поверхні тіл, що труться в зоні їх контакту. Крім того, при попаданні в зону контакту пари, що треться, абразивної частинки, величина деформації менш твердого зразка виявляється більше, ніж зразка з більш високою твердістю.

### Висновки

Показана можливість підвищення абразивної зносостійкості низьколегованої марганцовистої сталі 70Г за рахунок впливу на мікроструктуру шляхом подрібнення структурних складових та збільшення дискретності та стійкості карбідної фази при введенні карбідоутворюючих елементів титану та ванадію.

## Список використаних джерел

1. Ткачев В.Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин. М., «Машиностроение», 1971, 264 с.
2. Лившиц Л.С., Гринберг Н.А., Куркумелли Э.Г. Основы легирования наплавленного металла. М., «Машиностроение», 1969, 188 с.
3. Кір'янова К. О., Сердітов О.Т., Ключников Ю.В. Дифузійне насичення поверхневого шару інструментальної сталі під час хіміко-термічної обробки. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді-машинобудуванню 2018», секція «Лазерна техніка та процеси фізико-технічних технологій».-К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018
4. Скляр А.В., Сердітов О.Т., Горобець О.І. Підвищення зносостійкості деталей машин поверхневим зміцненням карбідами перехідних металів. Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді-машинобудуванню 2018», секція «Лазерна техніка та процеси фізико-технічних технологій».-К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018.
5. Шведков Е.Л., Ровинский и другие. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев, Наукова думка, 1979, 187 с.
6. Бурганова О. Ю., Копятина Н. И., Федин А.В. Влияние легирующих элементов на свойства высокомарганцевой стали. Омский государственный университет. Материалы V международной научно-практической конференции Техника и технология машиностроения. 2016 г.