УДК 621.791.92

А.М. Петренко, к.т.н., доцент
Українська інженерно-педагогічна академія

ВПЛИВ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ХРОМОМАРГАНЦЕВОГО НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛУ

Розглянуті питання, пов'язані з деформаційно-фазовим наклепом і зміцненням Fe-C-Cr-Mn-Ti-Si сплавів з маловуглецевою матрицею з метастабільного аустеніту при вмісті 6...7% (объ-емн.) карбідів TiC.
Ключові слова: *абразивне зношування, деформаційне зміцненння, метастабільних аустеніт, наплавлення.*

Вступ.

Підвищення довговічності деталей машин і інструмента - одна з актуальних сучасних проблем.

Огляд останніх джерел та постановка проблеми

Перспективним напрямком її розв'язку є одержання в сплавах метастабільної структури, здатної до «самоорганізації» під впливом деформації та зношування, що дозволяє їм адаптуватися до умов навантаження й мати високі службові властивості [1-5]. До того ж за умови певного дефіциту матеріальних та енергетичних ресурсів виникає необхідність розробки нових матеріалів, що містять обмежену кількість елементів які не виробляються на сировинній базі України. Так, наприклад, склади наплавленого металу розроблені авторами [1, 2] мають досить високі технологічні та експлуатаційні властивості наплавлень, але використання у якості карбідоуторювачів молібдену та ванадію здорожує матеріал, а за відсутності значної кількості активних карбідоутворювачів [3] знижується не тільки абразивна зносостійкість, але і підвищується схильність до утворення кристалізаційних тріщин за рахунок збільшення вмісту вуглецю у матриці сплаву.

Мета роботи – дослідження ступеню та кінетики деформаційного зміцнення метастабільних наплавочіних сталей системи Fe-C-Cr-Mn-Ti-Si і порівняння їхньої технологічності, і зносостійкості із широко застосовуваними наплавочними матеріалами.

Основний матеріал і результати роботи

Теоретичне обгрунування розробки

Суть зміцнення при використанні метастабільних структур полягає в тому, що метастабільний аустеніт під впливом наватаження перетерплює мартенситні перетворення.

Деформаційне зміцнення відбувається за рахунок зміни тонкої кристалічної структури. Фрагментація зерен, здрібнювання й дроблення блоків мозаїчної структури приводять до виникнення мікронапружень [3, 4]. Найбільш інтенсивне зміцнення супроводжується виділенням ультрадисперсних карбідів, що концентруються по границях зерен і блоків, що перешкоджають процесу ковзання усередині них. Це приводить до підвищення твердості й зносостійкості сталі, в умовах зношування.

Мартенсит, що утворюється в процесі деформації, має ряд особливостей. Він дуже дисперсний і розташовується в смугах деформації. Пластини й голки мартенситу розділяють зерно аустеніту на частині. Виникнення мартенситних кристалів знімає локальні напруження й запобігає зародженню тріщини. Наявність метастабільного аустеніту і його розпад у процесі мікропластичної деформації сприяє підвищенню міцності. Напруження при складному напруженому стані у вершини тріщини будуть зменшуватися, внаслідок об'ємних змін, обумовлених деформаційним мартенситним перетворенням [1].

Підсумовуючи результати досліджень різних авторів [1-3] можна припустити, що ефект зміцнення метастабільного аустеніту в процесі пластичної деформації в інтервалі температур «точка початку мартенситного перетворення - точка перетворення при деформації» визначається наступними основними факторами:

1. деформаційним зміцненням аустеніту;

2. виділенням дисперсних карбідних фаз;

3. кількістю, міцністю й розподілом мартенситних фаз, що утворюються при деформації;

4. нагартуванням кристалів мартенситу деформації.

Методика проведення досліджень

Прогнозування хімічного складу й зносостійкості виконували методами математичного планування й штучних нейронних мереж.

Наплавлення робили самозахисними порошковими дротами або під шаром флюсу. Склад наплавленого металу й розподіл елементів між фазами визначали хімічним і спектральними методами аналізу, розподіл елементів між фазами - мікрорентгеноспектральним. У якості абразивного середовища використовували: абразивну шкурку з карбідом кремнію фракції 120...200 мкм і гранітну крихту. Для варіанта випробувань на зношування по закріпленому абразиву (SiC) використовували установку із зворотно-поступальним переміщенням випробуваного зразка по поверхні абразивного контртіла. Для випробувань на тертя по абразивному прошарку із гранітної крихти або кварцового піску - методика Хауорта.

Ступінь зміцнення поверхні оцінювався відношенням:

$$H_{\mu}/H_{\mu 0}=f_1(c,P,v,T,S)$$

де

Hμ – мікротвердість поверхні тертям;

Hμ0 – мікротвердість поверхні до випробування тертям;

c – хімічний і фазовий состав наплавленого металу;

P – номінальний і фізичний тиск;

v – швидкість відносного переміщення при терті;

T – температура;

S – шлях тертя.

Результати дослідження зношування та поверхневого зміцнення

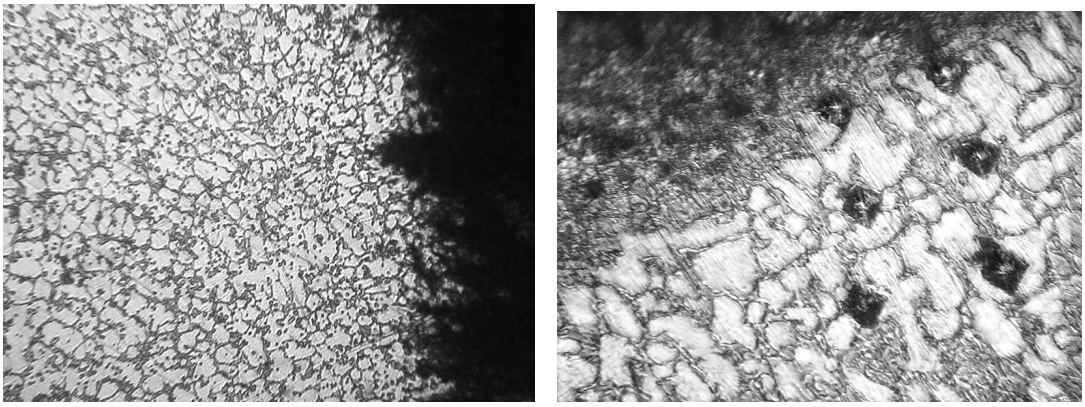
З наведених на рис. 2, рис. 3 даних вимірювань ріст значень мікротвердості найбільш помітний на початку випробування на шляху тертя близько 100-150 м, далі незначно зростає й після проходження зразком близько 500 м шляху тертя залишається практично незмінною. Глибина зміцнення зростає досить інтенсивно на шляху тертя до 500 м. Далі змінюється менш інтенсивно, і досягає кінцевої величини по проходженню 1500-2500 м шляху. Аналогічним образом змінюється й інтенсивність зношування (рис. 4.).

Структура зони розташованої безпосередньо під поверхнею тертя наплавленого металу 100Х9Г8Т4С [6] являє собою аустенітні зерна, з розташованими в них і по границях зерен карбідами титану, і евтектики. При цьому мікротвердість аустенітних зерен швидко зростає досягаючи 9000...10000 МПа, а эвтектики - практично не змінюється (рис. 1, рис. 2).

При більш тривалому впливі зношування в приповерхньому шарі виявляються структури з підвищеним ступенем травимості й високою мікротвердістю (більш 10000 МПа).

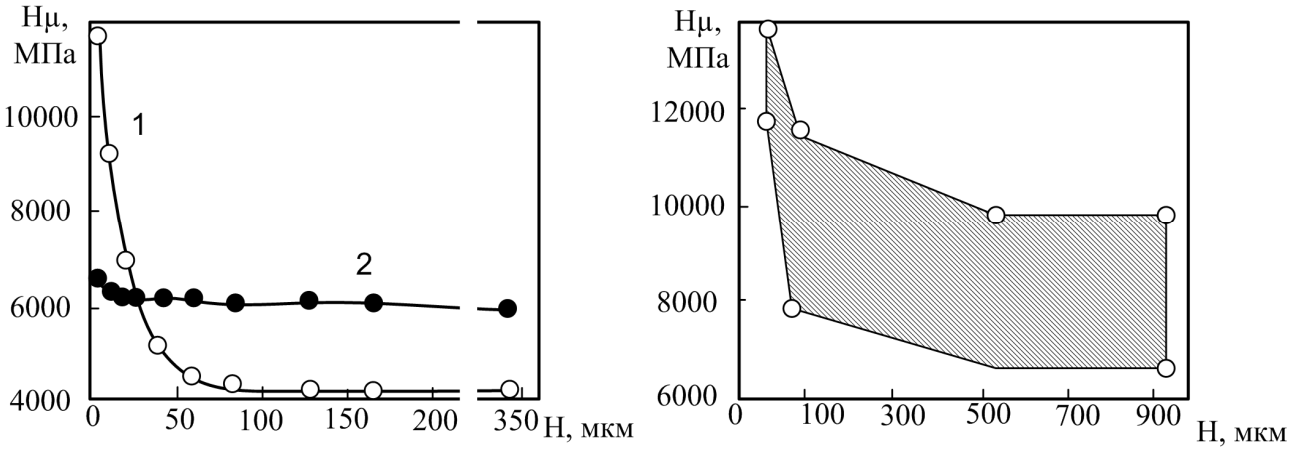
Скінченна величина глибини зміцнення для всіх випробуваних матеріалів покриття приблизно однакова й дорівнює 150-200 мкм. Такий характер зміни твердості й глибини

шару характерний для всіх з випробуваних матеріалів, однак найбільш виражений для наплавлень зі сталей, що мають аустенітну структуру.



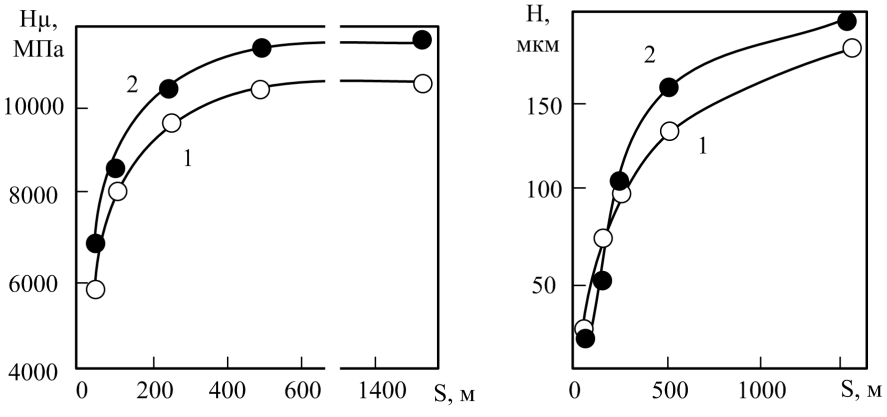
а. **б.**

Рис. 1. Мікроструктури приповерхньої зони тертя 100Х9Г8Т4С тривалість впливу абразивного зношування 50 м (а) і 1500 м (б) відповідно, ×200



а. **б.**

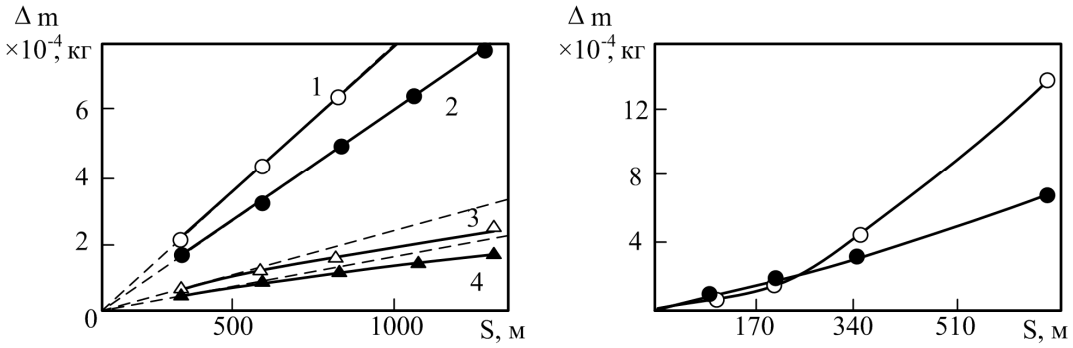
Рис. 2. Розподіл мікротвердості в приповерхньому шарі: а. — 150Х10Г10Т4С тертя о карборундову абразивну шкурку, б. — 30В9Х3Ф, контртіло — Р18. 1. — аустеніт; 2. – евтектика.



а. **б.**

Рис. 3. Зміна мікротвердості (а) і глибини зміцнення (б) у процесі зношування по закріплених абразивних частках карборунду.

1.– 30Х10Г10Т 2. - 100Х9Г8Т4С



а. **б.**

Рис. 4. Зношування наплавленого металу:

а. - сталі з метастабільним аустенітом, контртіло абразивна шкурка SiC; б. — 30В9Х3Ф, контртіло — Р18. 1. — сталь 45; 2. — 90Г9Х3Т4С; 3. — 150Х10Г10Т4С; 4. — 100Х9Г8Т4С; 5.— 30В9Х3Ф (393 С); 5. - 30В9Х3Ф (923 С).

Для наплавлень зі сталі 90Х2Г8Т4С3, що має структуру, характерну для самогартівних сталей, з невеликою кількістю залишкового аустеніту, мікротвердість приповерхнього шару становить 4400 МПа при вихідній мікротвердості в стані до випробування тертям – 3950 МПа. У той же час, для наплавленого металу 30Х10Г10 зі структурою метастабільного аустеніту (крім аустеніту в структурі наплавленого металу може міститися до 20% мартенситу) мікротвердість поверхневого шару на глибині 3,2 мкм від поверхні становить 11000 МПа при вихідному її значенні близько 3800 МПа, тобто зміна величини мікротвердості становить 7200 МПа. Для наплавленого металу 100Х8Г7Т4С3 (70...75% – аустеніт, 20...22% – мартенсит і 5...8% зерен карбіду титану) середнє значення мікротвердості поверхневого шару (глибина – 3,2 мкм) 11000…12000 МПа, у той час як у вихідному стані для цієї сталі воно становить 4600 МПа.

Висновки.

1. Наплавлення з хромомарганцевих сталей зі структурою із метастабільного аустеніту мають високу зносостійкстіь в умовах абразивного зношування у порівнянні з наплавленнями з вольфрамової сталі.

2. Висока зносостійкість досягається деформаційним зміцненням поверхні у процесі зношування і корелює з мікротвердістю поверхневого шару.

3. Із зменшенням долі метастабільного аустеніту ступінь зміцнення і зносостійкість знижуються. Для хромомарганцевих наплалвень з мартенситною структурою деформаційне зміцнення незначне, що вказує на ведучу роль деформаціного зміцнення аустеніту та фазових перетворень на зносостійкість наплавлень.

4. При випробуваннях на абразивне зношування для хромомарганцевих сталей інтенсивність зношування зменшується, що не характерно для інших випробуваних матеріалів.

Література

1. Малинов Л.С., Малинов В.Л. Марганецсодержащие наплавочные материалы. // Автоматическая сварка. - 2001. - №8. - С. 34-36.

2. Рябцев И. А., Кондратьев И. А., Васильев В. Г. Износостойкость наплавленного металла системы легирования Fe-C-Cr-Ti-Mo.// Автоматическая сварка. - 2002. - №4. - С. 48-51.

3. Филлипов М.А., Литвинов В.С., Немировский Ю.Р. Стали с метастабильным аустенитом. - М.: Металлургия, 1988. - 256 с.

4. Богачев И.Н., Кавитационное разрушение и кавитационно-стойкие сплавы. - М.: Металлургия, 1972. - 189 с.

5. Кальянов В.Н., Петренко А.Н. Износостойкость наплавленного металла с повышенной долей карбида титана // Автоматическая сварка. 2004. №12. С. 59-60.

© Петренко А.М.

УДК 621.791.92

Петренко А.Н., к.т.н., доцент
Украинская інженерно-педагогическая академия

ВЛИЯНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ХРОМОМАРГАНЦЕВОГО НАПЛАВЛЕНОГО МЕТАЛЛА

Рассмотрены вопросы, связанные с деформационно-фазовым наклепом и упрочнением Fe-C-Cr-Mn-Ti-Si сплавов с малоуглеродистой матрицей метастабильного аустенита при образовании 6...7% (объ-емн.) термодинамически стойких карбидов TiC.

Ключевые слова: *абразивное изнашивание, деформационное упрочнение, метастабильный аустенит, наплавка.*

UDC 621.791.92

Petrenko A.N.
Ukrainian engineering-pedagogical academy

THE INFLUENCE OF STRAIN **HARDENING** TO THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF FE-C-CR-MN STEELS

The article deals with problems associated with strain-hardening of Fe-C-Cr-Mn-Ti-Si alloys with low carbon metastable austenite matrix containing 6 ...7% (vol.) thermodynamically stable TiC carbide.

Keywords*: abrasive wear, deformation hardening, the metastable austenite, surfacing.*