

УДК.621.763:539.4.415.

РОЗРОБЛЕННЯ СХЕМИ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА СТАЛІ 09Г2С

С.І. Лябук, доц., к.т.н.,

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Розроблено схему отримання мікрокристалічної структури в сталі 09Г2С. Проведено аналіз впливу інтенсивної пластичної деформації на структуроутворення сталі. Досліджено вплив структури на міцність сталі.

Ключові слова: низьколегована сталь, інтенсивна пластична деформація, феритно-мартенситна сталь, границя текучості, мікротвердість.

РАЗРАБОТКА СХЕМЫ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА СТАЛИ 09Г2С

С.И. Лябук, доц., к.т.н.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Разработана схема получения микрокристаллической структуры в стали 09Г2С. Проведен анализ влияния интенсивной пластической деформации на структурообразование в стали. Исследовано влияние структуры на прочность стали.

Ключевые слова: низколегированная сталь, интенсивная пластическая деформация, феритно-мартенситная сталь, предел текучести, микротвердость.

DEVELOPMENT OF STEEL 09G2S GRAIN REFINING SCHEME

S. Lyabuk, Assoc. Prof., Ph. D. (Eng.),

Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The scheme for producing the micro-crystalline structure of steel 09G2S is developed. Analysis of the intensive plastic deformation influence on the structure formation of steel is carried out. The influence of structure on the steel strength is studied.

Key words: low-alloy steel, intensive plastic deformation, martensitic-ferritic steel, yield strength, microhardness.

Вступ

Значну роль у забезпеченні надійної та довговічної роботи деталей машин та агрегатів відіграє конструкційна міцність матеріалів. Виготовлення нових зразків техніки в машинобудуванні, авіації тощо надає більш жорсткі вимоги до працездатності конструкцій. Це обумовлює необхідність застосування матеріалів з більш високим комплексом фізико-механічних властивостей.

Для металевих матеріалів ця проблема вирішується шляхом створення нових композицій сплавів або розробкою високоефектив-

них термомеханічних способів спрямованого впливу на структуру серійних промислових сплавів.

Аналіз публікацій

Сталь 09Г2С належить до двофазних феритно-мартенситних сталей (ДФМС), структура яких є дрібнозернистою матрицею з 15–20 % мартенситу у вигляді окремих острівків. У структурі також може бути присутня невелика кількість залишкового аустеніту, бейніту та дисперсних карбідів. До базових ДФМС сталей належать такі: 09Г2С, 09Г2, 09Г2Д, 10Г2С1. Для отримання феритно-мартен-

ситної структури проводять неповне гартування. Структура має складатися приблизно з 20 % мартенситу і 80 % фериту [1, 2].

ДФМС сталі не можуть зміцнюватися термічним шляхом. Підвищення характеристик міцності термічно незміцнюваних сталей може досягатися за рахунок зменшення розмірів зерен (зернограничне зміцнення) та формування субмікрокристалічної чи наноструктури. Одночасно можливе створення таких структурних станів, коли обидва ці фактори можуть дати сумарний внесок у підвищення міцності, наприклад, у процесі використання методів інтенсивної пластичної деформації – ШД [3].

Мета і постановка завдання

Метою роботи було розроблення схеми подібнення зерна феритно-мартенситної сталі 09Г2С і дослідження впливу отриманої структури на міцність.

Матеріал і методика досліджень

У поданій роботі матеріалом дослідження була конструкційна маловуглецева сталь 09Г2С. Зразки були піддані нагріву в камерній печі та гартуванню за таким режимом: температура нагріву $t = 1050$ °С; час витримки зразків $\tau = 4-5$ хв (зразки у вигляді куба, мали розміри $5 \times 5 \times 5$ мм); охолоджувальне середовище – вода; 10 % розчин NaCl у воді; спирт (якщо температура -15 °С). Проводився відпуск сталі за умови $t_{\text{відп.}} = 500$ °С; 550 °С; 650 °С. Час витримки – 30 хв.

Дослідження мікроструктури зразків проводилося за умови збільшення $\times 2000$. Механічні дослідження проводилися на установці TIRAtest-2300.

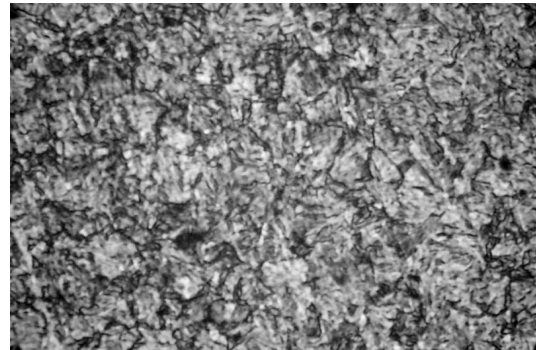
Результати дослідження та їх аналіз

У початковому стані (рис. 1) сталь 09Г2С мала феритно-перлітну структуру з середнім розміром зерна ~ 20 мкм.

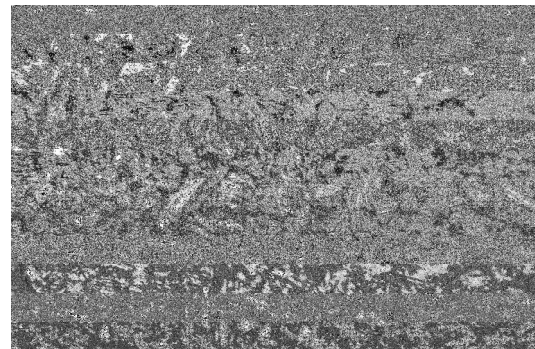
Після охолодження у воді структура змінилася незначно – феритно-трооститна, із середнім розміром феритного зерна ~ 10 мкм.

Після охолодження у розчині 10 % NaCl у воді отримана структура пакетного маловуглецевого мартенситу.

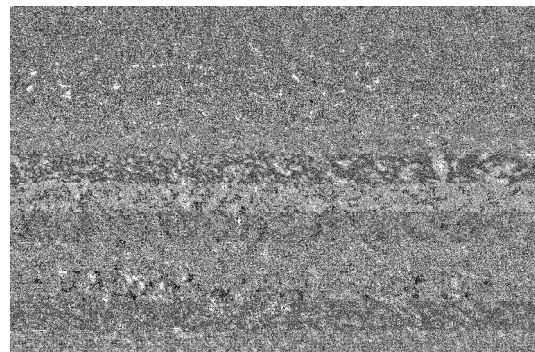
А за умови охолодження у спирті (-15 °С) структура також мартенситна (рис. 1, в), але мартенсит має дрібнокристалічну будову – рейки мартенситу ~ 1 мкм. Отримання дрібного мартенситу повинне підвищити пластичність порівняно з крупнокристалічним.



а



б



в

X 2000

Рис. 1. Мікроструктура сталі 09Г2С після охолодження з різними швидкостями: а – вода (V_1); б – сольовий розчин (V_2); в – переохолоджений спирт (V_3)

Щодо властивостей міцності, то в початковому стані сталь 09Г2С має досить високі значення мікротвердості ~ 3000 МПа, границя текучості $\sigma_{0,2} \sim 860$ МПа.

Під час гартування у воді дещо зростає міцність, але найважливіше підвищення спостерігається у процесі охолодження зі швидкістю V_2 і V_3 (рис. 1). Унаслідок значного

подрібнення мартенситних кристалів охолодження зі швидкістю V_3 ($-15\text{ }^\circ\text{C}$) надає найбільшого приросту міцності (рис. 2, 3).

На рис. 2, 3 також наведені дані, отримані під час інтенсивного пластичного деформування всебічним пресуванням зразків зі структурою дрібного мартенситу. Це приводить до подальшого зростання мікротвердості та границі текучості. Після ПД спостерігається поява текстури деформації.

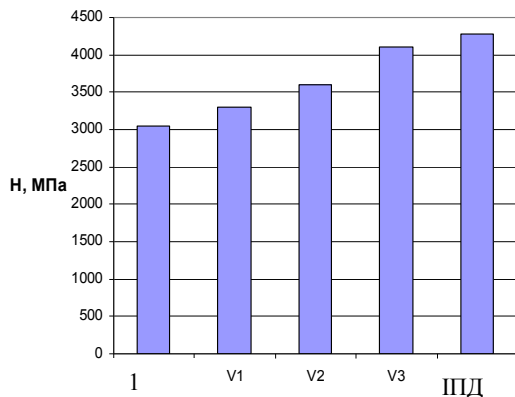


Рис. 2. Мікротвердість сталі 09Г2С після охолодження з різними швидкостями та після ПД; 1 – початковий стан зразків

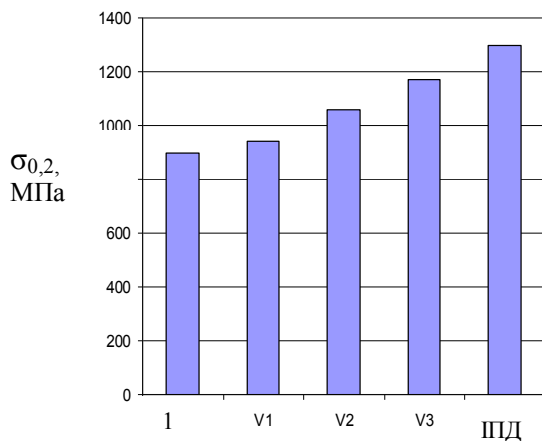
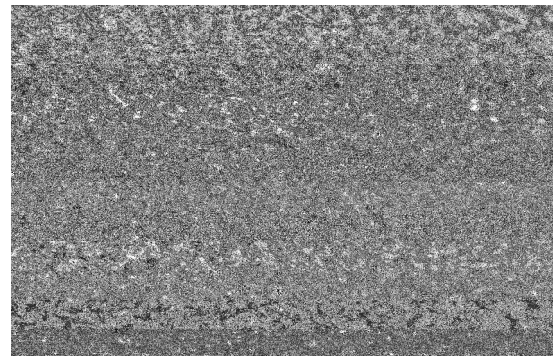
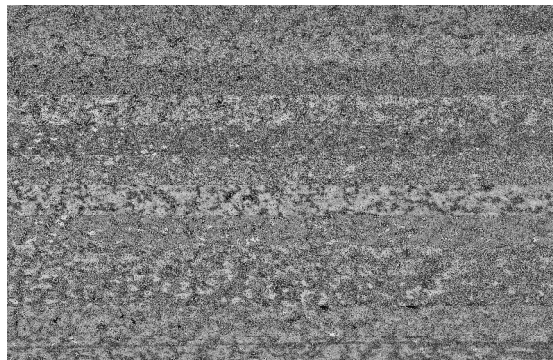


Рис. 3. Границя текучості сталі 09Г2С після охолодження з різними швидкостями та після ПД; 1 – початковий стан зразків

На рис. 4 наведено мікроструктуру сталі 09Г2С після ПД і відпуску за умови температур $500\text{ }^\circ\text{C}$, $650\text{ }^\circ\text{C}$. Відомо, що у процесі інтенсивної пластичної деформації мартенситу маловуглецевих сталей з мартенситу за умови кімнатної температури може виділятися вуглець. Таку структуру можна назвати структурою деформаційного старіння мартенситу [4, 5].



а



б

X 2000

Рис. 4. Мікроструктура сталі 09Г2С після ПД та відпуску за умови $500\text{ }^\circ\text{C}$ та $650\text{ }^\circ\text{C}$

Велика кількість дефектів (вакансій, дислокацій), утворених у процесі деформації, закріплюють вуглець, який частково виділився з мартенситу. Ознакою такої структури є висока термічна стабільність.

На рис. 4, а наведено структуру сталі після ПД та нагріву $500\text{ }^\circ\text{C}$. Мікроструктура практично не відрізняється від структури після гартування зі швидкістю V_3 , лише спостерігається ще більше подрібнення кристалів мартенситу. Цю структуру можна визначити як деформаційно-зістарений мікрокристалічний мартенсит із середнім розміром кристалітів $\sim 1\text{ }\mu\text{m}$. Подальше підвищення температури відпуску до $650\text{ }^\circ\text{C}$ призводить до розпаду мартенситу та появи феритно-трооститної структури (рис. 4, б).

Відомо, що для більшості легованих сталей в інтервалі $450\text{--}600\text{ }^\circ\text{C}$ починає виділятися вуглець із мартенситу та протікає утворення спеціальних карбідів [5]. Спеціальні карбіди сталі 09Г2С – це карбіди марганцю. Утворення спеціальних карбідів марганцю може відбуватися шляхом трансформації кристалічної ґратки цементиту в кристалічну ґратку карбіду марганцю («механізм на місці») [5]. Велика кількість дислокацій (після ПД)

сприяє цьому утворенню. Значний приріст міцності можна пояснити ефектом мікрокристалічної структури і дисперсійним твердінням. Найбільш високий рівень мікротвердості спостерігається після відпуску за температури 500 °С (рис. 5).

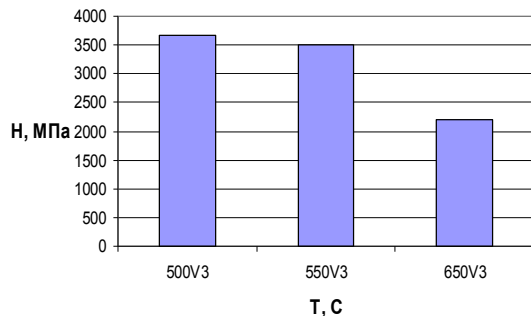


Рис. 5. Вплив різних температур відпуску (500 °С, 550 °С, 650 °С) на мікротвердість сталі 09Г2С (*V3* – швидкість охолодження у переохоложеному спирті)

Таким чином, у роботі було розроблено схему подрібнення зерна сталі 09Г2С, яка полягає у такому: 1 – гартування зразків у переохоложеному спирті; 2 – деформація шляхом всебічного пресування; 3 – відпуск за температури 500 °С (рис. 6).

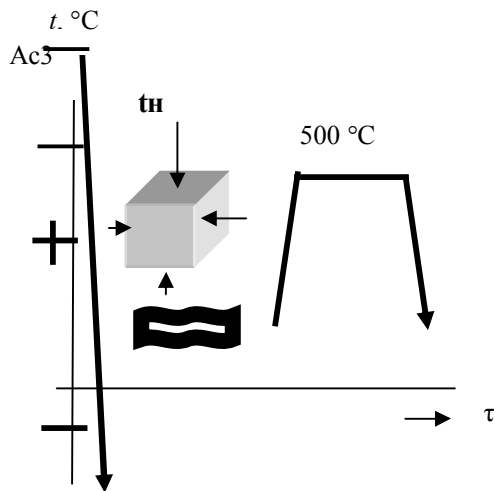


Рис. 6. Схема подрібнення зерна сталі 09Г2С

Наведена схема дозволяє проводити об'ємну пластичну деформацію (всебічний стиск). Застосування об'ємного стиску дає можливість отримати досить великі значення пластичної деформації, що неможливо у разі використання інших схем деформування.

Висновки

Розроблено схему подрібнення зерна феритно-мартенситної сталі 09Г2С.

Причиною значного приросту міцності у процесі застосування всебічного пресування є отримання деформаційно-зістареного мікрокристалічного мартенситу.

За умови нагрівання до температури 500 °С структура деформаційно-зістареного мартенситу практично не зазнає деградації, але протікає утворення спеціальних карбідів (дисперсійне твердіння), унаслідок чого сталь 09Г2С зберігає високий рівень міцності й термічної стабільності.

Література

1. Гуляев Б.Б. Структура и свойства сплавов / Б.Б. Гуляев, Н.В. Камышанченко, И.М. Неклюдов, А.М. Паршин. – М.: Металлургия, 1993. – 318 с.
2. Голованенко С.А. Двухфазные низколегированные стали / С.А. Голованенко, Н.М. Фонштейн. – М.: Металлургия, 1986. – 250 с.
3. Добаткин С.В. Получение объемных металлических нано- и субмикроструктурных материалов методом интенсивной пластической деформации / С.В. Добаткин, А.М. Арсенкин, М.А. Попов, А.Н. Кищенко // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2005. – №5. – С. 29–32.
4. Салищев Г.А. Структура и механические свойства нержавеющей сталей, подвергнутых интенсивной пластической деформации / Г.А. Салищев, А.А. Закирова // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2006. – №2. – С. 27–31.
5. Бабич В.К. Деформационное старение стали / В.К. Бабич, Ю.П. Гуль, И.Е. Долженков. – М.: Металлургия, 1972. – 320 с.

Рецензент: В.І. Мощенок, професор, к.т.н., ХНАДУ.