

3. Разиков М.И. Сварка и наплавка кавитационностойкой стали марки 30X10Г10 / М.И. Разиков, С.Л. Миличенко, В.И. Ильин. – М. : НИИМАШ, 1964. – 35 с.
4. Статистическая прочность и механика разрушения сталей / Под ред. В. Даля. – М. : Металлургия, 1988. – 346 с.
5. Исследование влияния σ -фазы на коррозионную стойкость сплавов 03ХН28МДТ и сталей 03Х21Н21М4Б и 10Х17Н13М2Т / [Ю.С. Сидоркина и др.] // Защита металлов. – 1980. – Т. XVI. – № 5. – С. 589-594.
6. Поведение высоколегированных сталей в серной кислоте, насыщенной водородом. / [А.Н.Нефедов и др.] // Защита металлов. – 1989. – Т. IV. – С. 952-955.

Bibliography:

1. Bogachev I.N. The new cavitations firmness steels became for hydro-turbines and their heat treatment / I.N. Bogachev, L.S. Malinov, R.I. Mintz. – М. : NIIFORMTYAZHMASH, 1967. – 47 P. (Rus.)
2. Chernega S.M. Influencing of structure and physical-mechanical descriptions on conformity to the law of cavitation proof of eutectic materials / S.M. Chernega, O.I. Trischun, O.V. Tisov // Problemy tertya ta znoshuvannya. – 2006. – V. 45. – P. 97-106 (Ukr.)
3. Razikov M.I. Welding and surfacing of cavitations proof steel of brands 30X10Г10 / M.I Razikov, S.L. Milichenko, V.I. Pyin. – М. : NIIMASH, 1964. – 35 p. (Rus.)
4. Statistical strength and mechanics of destruction of steel / Ed. V. Dal. – М. : Metallurgiya, 1988. – 346 p. (Rus.)
5. Investigation of the influence of σ -phase on the corrosion resistance of alloys 03X21H21M4BT and 10X17H13M2T / [Y.S. Sidorkina etc.] // Zashita metallovo. – 1980. – Т. XVI. – № 5. – P. 589-594 (Rus.).
6. The behavior of high-alloyed steels in sulfuric acid saturated with hydrogen / [A.N. Nefedov etc.] // Zashita metallovo. – 1989. –Т. IV. – P. 952-955 (Rus.).

Рецензент: Л.С. Малинов
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 27.03.2012

УДК 621.785:669.15-194.2

©Ткаченко І.Ф.¹, Уніят М.А.²

**ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА МІКРОСТРУКТУРУ
НОРМАЛІЗОВАНОЇ СТАЛІ Е36**

Вивчено фазово-структурний стан сталі Е36 після термічної обробки, що включала попередню ізотермічну витримку при субкритичних температурах та кінцеву нормалізацію. Встановлено, усунення ферито-перлітової смугастості та подрібнення мікроструктури сталі Е36 після проведеної дослідної термічної обробки в порівнянні зі стандартною нормалізацією. Отримані результати пояснено розвитком процесу перерозподілу хімічних елементів завдяки їх інтенсивній дифузії вздовж меж зерен під час ізотермічної витримки при субкритичних температурах.

Ключові слова: низьколегована листовая сталь, мікроструктура, субкритична температура.

¹ д-р техн. наук, професор, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

² аспірант, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

Ткаченко И.Ф., Уният М.А. Влияние предварительной термической обработки на микроструктуру нормализованной стали E36. Изучено фазово-структурное состояние стали E36 после термической обработки, которая включает предварительную изотермическую выдержку при субкритических температурах и конечную термическую обработку. Установлено, устранение феррито-перлитной полосчатости и измельчение микроструктуры стали E36 после проведения исследовательской термической обработки по сравнению со стандартной нормализацией. Полученные результаты объясняются развитием процесса перераспределения химических элементов благодаря их интенсивной диффузии по границам зерен во время изотермической выдержки при субкритических температурах.

Ключевые слова: низколегированная листовая сталь, микроструктура, субкритическая температура.

I.F. Tkachenko, M.A. Uniayt. The influence of preliminary heat-treatment on microstructure of normalized low alloy sheet steel E36. The structural state of E36 steel was investigated after heat-treatment regime which includes isothermal holding at the subcritical temperatures and subsequent normalization. It is shown the absence of the ferrite-pearlite bands and refinement of the steel microstructure after the proposed regime in respect to the standard normalization. The obtained results were explained as a consequence of the chemistry elements homogenization by their grain boundary diffusion during the isothermal holding.

Keywords: low alloy sheet steels, microstructure, subcritical temperatures.

Постановка проблеми. Сталі, що нормалізуються є найбільш поширеним різновидом продукції металургійних підприємств в Україні та закордоном. Незважаючи на тривалий період досліджень та виробництва низьколегованих листових сталей, залишаються невирішеними проблеми, які пов'язані з недостатньо високою та стабільною якістю продукції, що призводить до відсортування та значних обсягів повторної термічної обробки прокату. З метою отримання потрібного комплексу експлуатаційних властивостей вказані сталі мають у своєму складі підвищений вміст легуючих та мікролегуючих елементів, які забезпечують реалізацію таких механізмів зміцнення, як зміцнення межами зерен та дисперсними частинками. Проте, завдяки неконтрольованій взаємодії таких елементів між собою та зі складовими структури, дуже поширеними є такі явища, як дендритна ліквіація, сегрегації на межах зерен та ін. Найбільш важливими наслідками вказаних явищ є утворення структурної смугастості, міжзеренний розподіл та скупчення частинок зміцнюючих фаз, послаблення міжзеренних зв'язків та ін. Вказані особливості микроструктури призводять до значного погіршення якості прокату завдяки зниженню спротиву ударному руйнуванню, пластичності і навіть межі течії. Досвід виробництва, особливо, товстолистового прокату, виявив недостатній рівень забезпечення вимог стандартів, щодо показників пластичності та спротиву ударному руйнуванню, особливо при негативних кліматичних температурах. Досягнення стабільно високого комплексу механічних властивостей прокату зі сталей, що нормалізуються, є дуже важливим для сталей відповідального призначення, зокрема тих, що використовуються в судно-будівництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати багатьох досліджень [1, 3] свідчать, про перспективність вирішення вказаної проблеми шляхом термічної обробки з витримкою у двофазній ($\alpha+\gamma$) температурній області. Крім того встановлено, [2, 4] що суттєве подібнення та підвищення однорідності микроструктури конструкційних легованих сталей досягається в результаті ізотермічної витримки в субкритичному інтервалі температур. В той же час, особливості впливу температури та тривалості ізотермічної витримки поблизу критичної точки A_1 на кінцеву микроструктуру сталей, що нормалізуються є недостатньо вивченими.

Мета роботи. Визначення особливостей структури низьколегованої сталі E36, в нормалізованому стані після попередньої термічної обробки, що включає до себе ізотермічну витримку поблизу критичної точки A_1 .

Викладення основного матеріалу. Досліджували листовий прокат зі сталі E36 за ГОСТ 5521-93, хімічний склад якої наведено в таблиці. Для проведення термічної обробки за дослідним режимом були використані картки розмірами $300\times 200\times 40$ мм, які відбиралися у відповід-

ності є діючим стандартом (ГОСТ 7564-73). Термічне зміцнення дослідних заготовок виконували в напівпромислових умовах шляхом проведення попередньої термічної обробки та кінцевої нормалізації. Попередню термічну обробку карток проводили за режимом, який було визначено на підставі результатів попередніх досліджень [2], результати яких засвідчили можливість усунення ферито-перлітової смугастості та формування високодисперсної та однорідної мікроструктури низьколегованих листових сталей шляхом ізотермічної витримки за оптимальних умов при субкритичних температурах [2]. Дослідний режим попередньої термічної обробки включав до себе: нагрівання, ізотермічну витримку при температурі $710 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 4 годин з подальшим охолодженням у воді. Кінцева термічна обробка являла собою нормалізацію за оптимальним для дослідженої сталі режимом ($T_n = 950 \pm 5^\circ\text{C}$; $\tau = 1 \div 2$ хв/мм). Після проведення термічної обробки проводили металографічні дослідження. Шліфування та полірування виконували у відповідності із загальноприйнятими методиками. Травлення металографічних шліфів проводили в 4% розчині HNO_3 . Мікроструктуру вивчали за допомогою мікроскопа «Неофот – 21» при збільшенні $\times 100$ та $\times 500$.

Таблиця

Хімічний склад дослідженої сталі E36, %

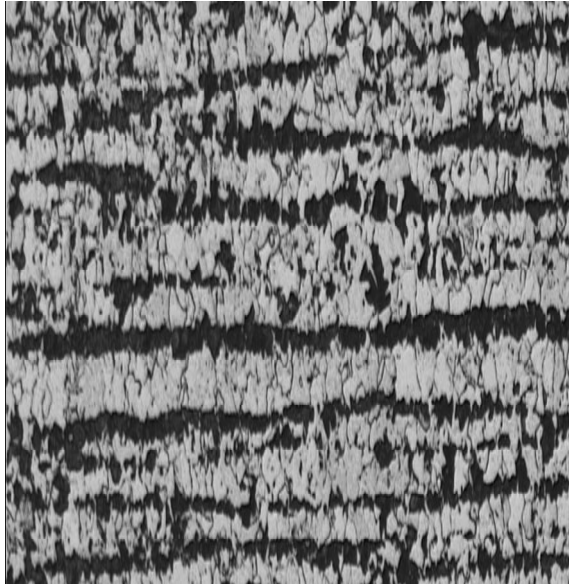
C	Mn	Si	S	P	Ni	AL_R	Ti	Nb	V	N
0,01	0,01	0,01	0,001	0,001	0,01	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
17	144	25	35	35	5-40	15-60	5-20	20-50	50-100	3-7

Проведенні дослідження дозволили встановити, що після нормалізації в промислових умовах (дивись рисунок а, б) структура сталі E36 являє собою ферито-перлітову суміш із значною смугастістю, яка відповідає 4-5 балу за ГОСТ 5640. Характерними є практично безперервні перлітові смуги великої довжини. Середні значення ширини перлітових смуг, а також розміру окремих, симетричних за формою перлітових ділянок, є близькими до розміру феритового зерна і відповідають номеру №7-8.

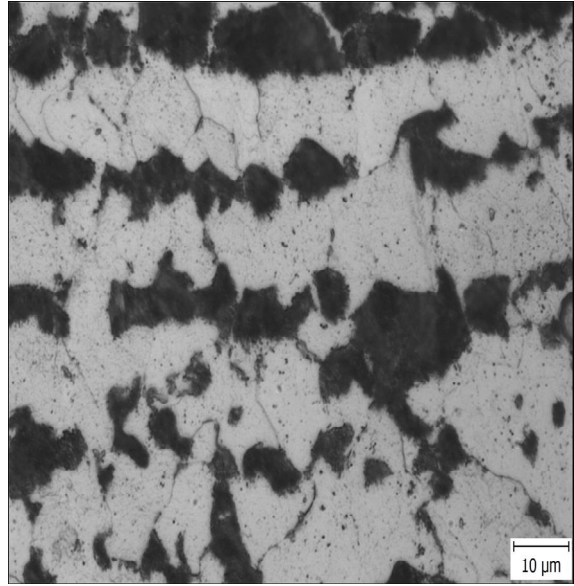
Характер та морфологія структури сталі E36 суттєво змінюється після проведеної термічної обробки за дослідним режимом (дивись рисунок в,г). Перш за все, як можна бачити з рисунку в, спостерігається суттєве зниження ступеня ферито-перлітової смугастості, до 0-1 балу. Повністю відсутніми є безперервні перлітові смуги. Крім того, досягається подрібнення феритового зерна та розміру окремих перлітових ділянок симетричної форми до номеру № 9-10.

Звертає на себе також увагу більш глобулярна форма окремих перлітових ділянок.

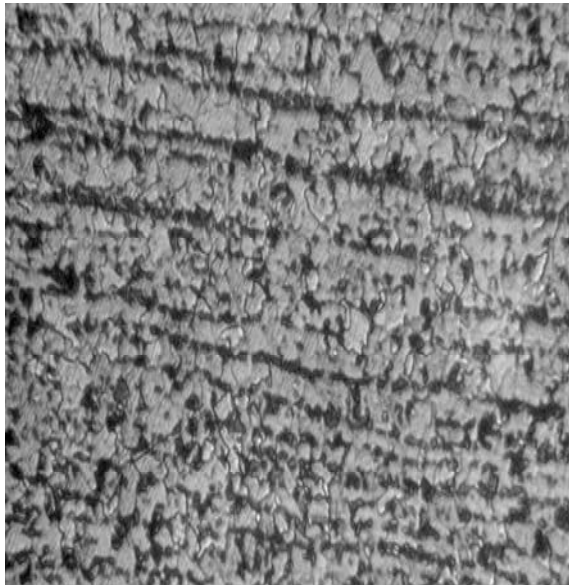
Виходячи з наведених даних металографічних досліджень можна зробити висновок, що ізотермічна витримка при субкритичних температурах, яка передують завершальній нормалізації, призводить до практичного усунення ферито-перлітової смугастості та подрібнення кінцевої мікроструктури сталі E36. Отриманні результати можна пояснити виходячи з даних [2], згідно яких під час ізотермічної витримки низьколегованих, особливо марганець-вміщуючих, сталей відбувається перерозподіл хімічних елементів, що мають підвищену концентрацію в межах перлітових смуг, завдяки інтенсивній дифузії вздовж меж зерен. В результаті відбувається вирівнювання концентрацій вказаних елементів, зокрема марганцю. Додатковий внесок у вказану гомогенізацію хімічного складу таких сталей може бути пов'язаний з утворенням високодисперсних зародків, «острівців» аустеніту, які виникають під час ізотермічної витримки при субкритичних температурах на дефектах кристалічної будови [2,3] і в першу чергу на великокутових межах феритових зерен. Внаслідок підвищеної розчинності більшості елементів заміщення в аустеніті в порівнянні з феритом, при утворенні вказаних «острівців» виникає додатковий стимул для прискорення процесу перерозподілу елементів заміщення між α і γ фазами. Розвиток розглянутих дифузійних процесів забезпечує вирівнювання хімічного складу сталі, а також досягнення вкрай однорідного розподілу структурних складових, що забезпечує високий комплекс механічних властивостей [5].



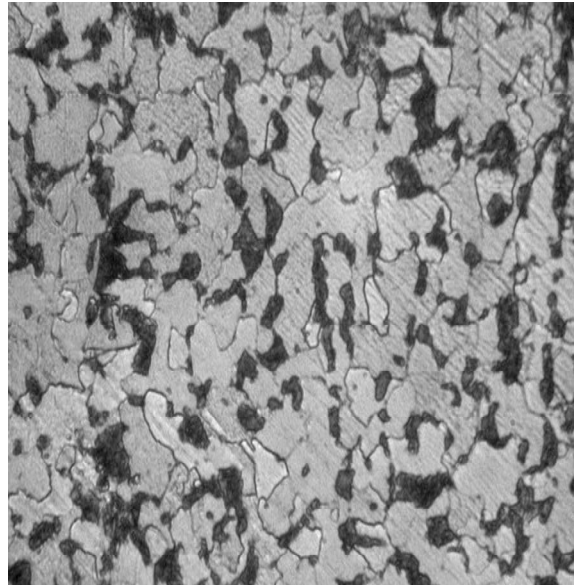
а)



б)



в)



г)

Рисунок – Мікроструктури сталі E36 після різних режимів термічної обробки: а) нормалізація в промислових умовах ($\times 100$, фотозбільшення $\times 2$); б) нормалізація в промислових умовах ($\times 500$); в) попередня термічна обробка за дослідним режимом та нормалізація ($\times 100$, фотозбільшення $\times 2$); г) попередня термічна обробка за дослідним режимом та нормалізація ($\times 500$)

Висновки

1. Методами оптичної металографії вивчено зміни мікроструктури нормалізованої сталі E36 в результаті ізотермічної витримки при температурах поблизу критичної точки A_1 .
2. Показано, що попередня термічна обробка сталі E36, що включає до себе ізотермічну витримку при субкритичних температурах, призводить до практично повного усунення ферито-перлітової смугастості та значного подрібнення та гомогенізації мікроструктури.
3. Отримані результати, на підставі попередніх досліджень, пояснено розвитком процесу пе-

перозподілу хімічних елементів завдяки їх інтенсивній дифузії вздовж меж зерен під час ізотермічної витримки при субкритичних температурах.

Список використаних джерел:

1. Голованенко С.Н. Двухфазные низколегированные стали / С.Н. Голованенко, Н.М. Фонштейн. – М. : Металлургия, 1986. – 207 с.
2. Пат. 65944 Україна, МПК С 21 D 1/00. Спосіб термічної обробки металопродукції з конструкційних легованих сталей.
3. Ткаченко І.Ф. Об особенностях образования аустенита при нагреве легированных сталей / И.Ф. Ткаченко, К.И. Ткаченко // Вісник Приазовського державного технічного університету : збірник наукових праць. – Маріуполь, 2002. – Вип. 12. – С. 90-92.
4. Ткаченко І.Ф. Вплив умов нагрівання на структуру та твердість низьколегованих сталей / І.Ф. Ткаченко, М.А. Уніят // Вісник Приазовського державного технічного університету: збірник наукових праць. – Маріуполь, 2010. – Вип. 20. – С. 105-108.
5. Ткаченко І.Ф. Повышение комплекса механических свойств проката высокопрочных сталей за счет новых режимов термической обработки // Вісник Приазовського державного технічного університету: збірник наукових праць. – Маріуполь, 2000. – Вип. 10. – С. 100-105.

Bibliography:

1. S.N. Golovanenko. The double-structures of low alloy sheet steels / S.N. Golovanenko, N.M. Forshstein. – M. : Metallurgical, 1986. – p. 207. (Rus.)
2. Pat. 65944 Ukraine, IPC C21 D 1/00. The method of heat-treatment metalproduction of low alloy sheet steels. (Ukr.)
3. I.F. Tkachenko. K.I. Tkachenko. Upon the austenite formation in alloy steels during heating. // Visnik Priazovsk state technical university: scientific transactions. – Mariupol, 2002. V. 12. – p. 90-92. (Rus.)
4. I.F. Tkachenko. The influence of heating conditions on structure and hardness of as-quenched low alloy sheet steels / I.F. Tkachenko, M.A. Uniayt. // Visnik Priazovsk state technical university: scientific transactions. – Mariupol, 2010. V. 20. – p. 105-108. (Rus.)
5. I.F. Tkachenko. An increase of the mechanical properties of high strength sheet steels by new heat treatment technologies. // Visnik Priazovsk state technical university: scientific transactions. – Mariupol, 2000. V. 10. – p. 100-105. (Rus.)

Рецензент: Л.С. Малінов
д-р техн. наук., проф. ДВНЗ «ПДТУ»

Стаття надійшла 15.03.2012