

Комплексне дослідження впливу вуглецю та титану на технологічні властивості жаростійких хромоалюмінієвих сталей*

Наведено дані комплексного дослідження впливу вуглецю та титану, які підтверджують покращення ливарних та механічних властивостей хромоалюмінієвих сталей. Запропоновано шляхи підвищення технологічних властивостей жаростійких хромоалюмінієвих сталей.

Ключові слова: жаростійка сталь, жаростійкість, легування, хромоалюмінієва сталь, ливарні властивості

Жаростійкі сплави, які використовують для виготовлення деталей, що працюють в умовах високих температур та агресивних середовищ, мають недоліки [1-3] (містять у своєму складі дорогі та дефіцитні елементи, мають незадовільні ливарні властивості та експлуатаційні характеристики), тому вони повинні відповідати таким вимогам: мати високі температури плавлення, високі окислостійкість, термостійкість і ростостійкість; мати задовільні ливарні властивості; бути недорогими і недефіцитними.

Відомо, що замінювачами дорогих хромонікелевих сталей і сплавів можуть бути сталі з хромом та алюмінієм [4, 5] після визначення співвідношення елементів у їх складі та оптимізації технологічних процесів виплавлення сплавів і виготовлення із них якісних виливків.

Покращення властивостей високолегованих сталей можна досягти додатковим обробленням їх титаном, молібденом, ванадієм тощо [6]. Серед цих елементів найдешевший – титан, який вводять у сталі у вигляді феротитану. Оскільки титан є активним карбідоутворювальним елементом, теоретичний і практичний інтерес представляє визначення оптимального співвідношення в хромоалюмінієвих сталях вуглецю і титану з метою підвищення характеристик міцності при збереженні ливарних та експлуатаційних властивостей.

Встановлено, що практична рідкотекучість хромоалюмінієвих сталей зростає при вмісті вуглецю до 0,4 % внаслідок підвищення температурного інтервалу рідкого стану. Додавання 0,35 % Ti також підвищує цей показник, що обумовлено його високою розкиснювальною здатністю та зниженням температури початку кристалізації сталей. Подальше збільшення його вмісту знижує рідкотекучість внаслідок утворення великої кількості оксидних плівок (рис. 1, а).

Лінійна усадка у хромоалюмінієвих сталях зменшується з підвищенням вмісту вуглецю, але додавання титану (%) дещо її збільшує: у низьковуглецевих сталях максимальне значення усадки досягається

при 0,35, середньовуглецевих – 0,25, високовуглецевих – 0,15 (рис. 1, б). Підвищення лінійної усадки здійснюється внаслідок дегазації розплаву титаном та утворення високотемпературних сполук – оксидів, нітридів та карбідів, які є додатковими центрами кристалізації.

Вуглець зменшує тріщиностійкість хромоалюмінієвих сталей через подрібнення первинного зерна, але додавання титану (%), у низьковуглецеві сталі – до 0,35, середньовуглецеві – до 0,25 та високовуглецеві – до 0,15) знижує тріщиностійкість сталей шляхом збільшення лінійної усадки (рис. 1, в).

Сталь може набути високих механічних властивостей внаслідок утворення залізом твердих розчинів, тобто легованого фериту або аустеніту та дисперсійного тверднення. Проте наявність на межах зерен шкідливих домішок суттєво знижує процеси зміцнення, і вони стають неефективними або навіть шкідливими.

Зміна концентрації вуглецю від 0,10 % до 0,79 подрібнює первинне зерно хромоалюмінієвої сталі з 180 мкм до 40-45, при цьому спостерігається збільшення кількості та розмірів карбідів, які розташовуються на межах та всередині зерен (рис. 2).

Невеликі присадки титану (до 0,15 %) збільшують кількість неметалевих вкраплень (переважно оксидів), які він утворює внаслідок розкиснення розплаву і які залишаються в металі (рис. 3, б) та знижують механічні властивості.

Подальше підвищення вмісту титану призводить до появи в структурі металу дрібних кутастих карбонітридів, які розташовуються переважно всередині зерен. Карбонітриди титану є додатковим центрами кристалізації, що і сприяє зменшенню розмірів зерна з 82 мкм до 48. Проте присадки титану в сталь більше 0,6 % вуглецю зумовлюють появу в структурі значної кількості неметалевих вкраплень і тому є небажаними (рис. 3, д, е).

Підвищення вмісту вуглецю робить сталі міцнішими. Максимальне значення тимчасового опору розриванню в усіх досліджених сталях спостерігається

* По материалам VI Международной научно-практической конференции «Литье-2010», состоявшейся 21-23 апреля 2010 г. в Запорожье

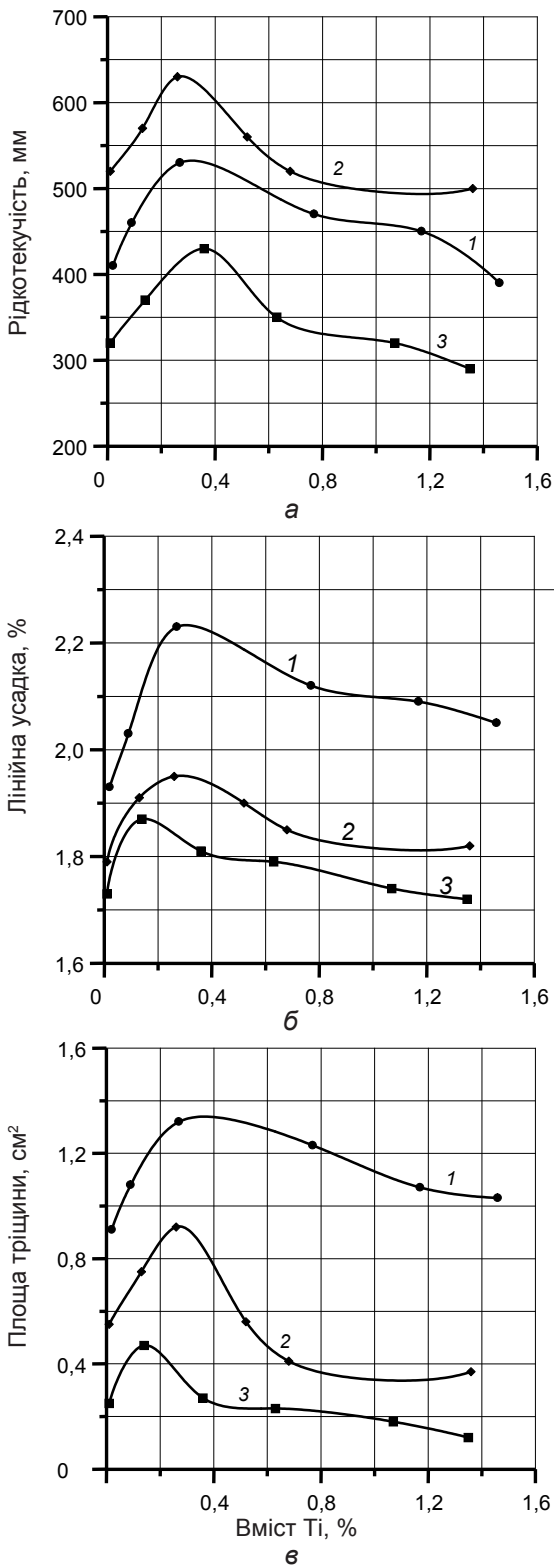


Рис. 1. Вплив титану на рідкотекучість (а), лінійну усадку (б) та тріщинозміцність (в) хромоалюмінієвої сталі, у % (30,2 Сr; 1,5 Аl): 1 – 0,08 С; 2 – 0,4 С; 3 – 0,8 С

при вмісті вуглецю близько 0,4 % (рис. 4, а). Подальше підвищення вмісту вуглецю в хромоалюмінієвій сталі знижує міцність внаслідок збільшення кількості та нерівномірного розташування карбідів (рис. 2, в).

Збільшення в хромоалюмінієвих сталях вмісту вуглецю і титану сприяє зростанню твердості (рис. 4, б) внаслідок пропорційного збільшення в структурі металу кількості карбідів різного складу та карбонітридів, які мають значно вищу твердість, ніж легований хромом та алюмінієм ферит.

Підвищення в хромоалюмінієвих сталях вміс-

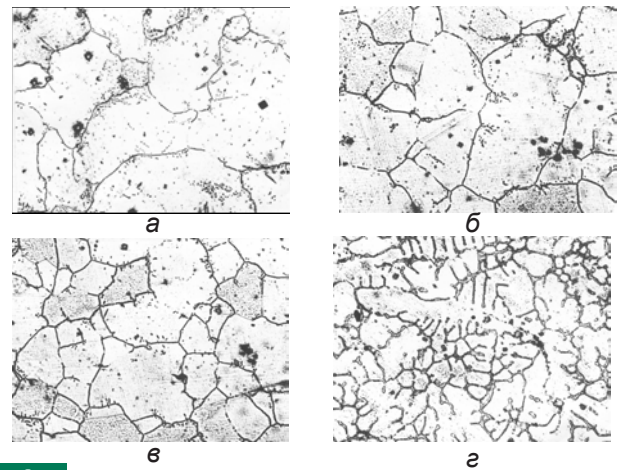


Рис. 2. Мікроструктура хромоалюмінієвої сталі, легованої титаном (%: 0,3 Ті; 30,2 Сr; 1,5 Аl) залежно від вмісту в ній вуглецю, %: 0,10 (а); 0,19 (б); 0,41 (в); 0,79 (г); $\times 100$

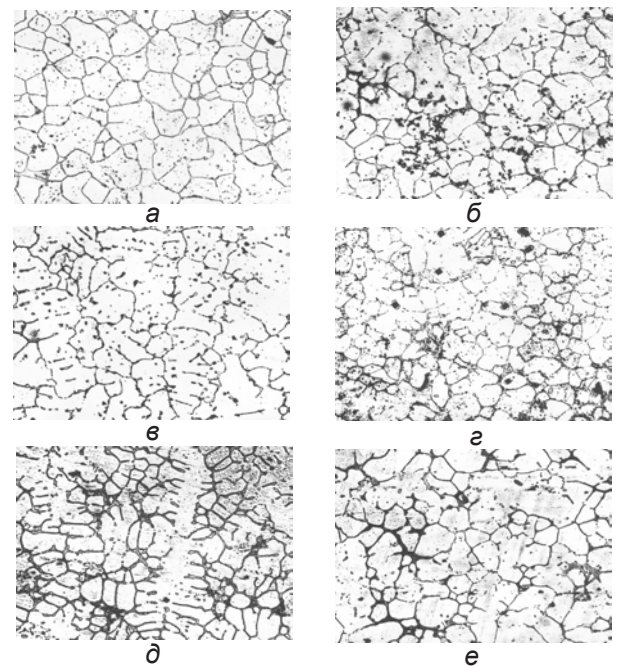


Рис. 3. Мікроструктура хромоалюмінієвої сталі (%: 0,4 С; 30,0 Сr; 1,5 Аl) залежно від вмісту в ній титану, %: без Ті (а); 0,13 (б); 0,26 (в); 0,52 (г); 0,68 (д); 1,36 (е); $\times 100$

ту вуглецю і титану сприяє зростанню твердості (рис. 4, б) внаслідок пропорційного збільшення в структурі металу кількості карбідів різного складу та карбонітридів, які мають значно вищу твердість, ніж легований хромом та алюмінієм ферит.

Зміна вмісту вуглецю в хромоалюмінієвій сталі (у %) від 0,08 до 0,8 сприяє зростанню мікротвердості на 20-25, а зміна вмісту титану до 1,4 – на 30-35.

Отже, на підставі детального аналізу результатів досліджень щодо впливу вмісту вуглецю та титану на технологічні властивості хромоалюмінієвої сталі можна зробити висновок, що найкращий комплекс ливарних та механічних характеристик має середньовуглецева сталь із вмістом 0,30-0,40 % С та 0,3-0,6 % Ті. Проте ці межі необхідно корегувати залежно від технологічних особливостей литої деталі та умов її експлуатації.

Наприклад, якщо виробники використовують для роботи при підвищених навантаженнях, тоді вміст титану повинен бути на рівні 0,5-0,6 %; для виготовлення великогабаритних тонкостінних виливків з мінімальною усадкою сталь повинна мати до 0,5 % С та 0,6 % Ті.

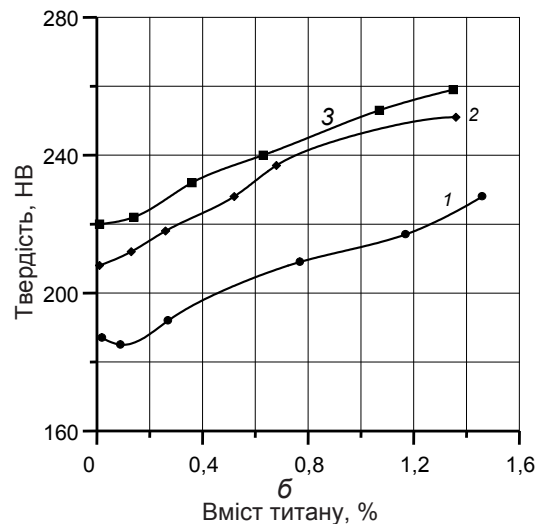
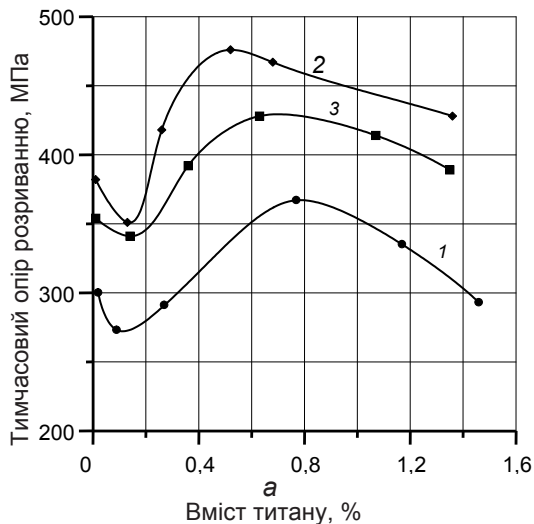
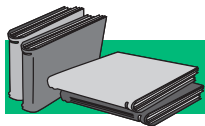


Рис. 4. Вплив титану на міцність (а) та твердість (б) хромоалюмінієвої сталі (%: 30,2 Cr; 1,5 Al) із кількістю вуглецю, %: 1 – 0,08; 2 – 0,4; 3 – 0,8

Висновки

Таким чином, комплексне дослідження впливу вуглецю і титану на технологічні властивості жаростійкої хромоалюмінієвої сталі дало можливість рекомендувати покращений варіант ливарного матеріалу для

виробництва виливків, які працюють в умовах високих температур і агресивних середовищ – хромоалюмінієву сталь, леговану титаном, такого складу, %: C = 0,30-0,40; Cr = 28-32; Al = 1,2-2,0; Ti = 0,25-0,60; Si < 1,0; Mn < 0,8; P < 0,025; S < 0,025.



ЛИТЕРАТУРА

1. Францевич И. Н. Высокотемпературное окисление металлов и сплавов. – Киев: Гостехиздат, 1963. – 323 с.
2. Щедров К. П., Гакман Э. П. Жаростойкие материалы. – М.; Л.: Машиностроение, 1965. – 166 с.
3. Гудремон Э. Специальные стали. – М.: Metallurgiya, 1966. – 736 с.
4. Эмингер З., Вебер К. Производство отливок из специальных сталей. – М.: Mashgiz, 1960. – 141 с.
5. Гольдштейн М. И., Грачев С. В., Векслер Ю. Г. Специальные стали. – М.: МИСиС, 1999. – 480 с.
6. Гаврилюк В. П., Марковский Е. А. Литые железохромистые сплавы. – Киев: Процессы литья, 2001. – 260 с.

Аннотация

Верес И. А., Федоров Г. Е., Ямшинский М. М., Назаренко В. С., Соболюк О. В.
Комплексное исследование влияния углерода и титана на технологические свойства жаростойких хромоалюминиевых сталей

Приведены данные комплексного исследования влияния углерода и титана, подтверждающие улучшение литейных и механических свойств хромоалюминиевых сталей. Предложены пути повышения технологических свойств жаропрочных хромоалюминиевых сталей.

Ключевые слова

жаростойкая сталь, жаростойкость, легирование, хромоалюминиевая сталь, литейные свойства

Summary

Veres I., Fedorov G., Yamshinskiy M., Nazarenko V., Soboluk O.
Complex research of carbon and titan influence on technological properties of heat-resistant chrome-aluminum steels

Results of complex research of carbon and titan influence that confirm improvement of casting and mechanical properties of chrome-aluminum steel are given. The ways of technological properties increase of heat-resistant chrome-aluminum steels were offered.

Keywords

heat resistant steel, heat resistance, alloying, chrome-aluminum steel, casting properties