

УДК 669.018.44

Канд. техн. наук О. А. Глотка, д-р техн. наук А. Д. Коваль,
канд. техн. наук В. Л. Грешта

Національний технічний університет, м. Запоріжжя

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНЕ РУЙНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ЖАРОМІЦНОГО КОРОЗІЙНОСТІЙКОГО СПЛАВУ ЗМІ-ЗУ (ХН64ВМКЮТ)

Проаналізовано структурно-фазовий стан жароміцного корозійностійкого сплаву ЗМІ-ЗУ (ХН64ВМКЮТ), що витоплений з використанням спеціальних сплавів. Розглянуто рух тріщини після випробування на довготривалу міцність. Згідно з результатами дослідження, рекомендовано до впровадження спеціальні матеріали в промисловість.

Ключові слова: жароміцний корозійностійкий сплав, спеціальні сплави, структурно-фазовий стан, високотемпературне руйнування.

Жароміцні корозійностійкі сплави на нікелевій основі мають підвищені вимоги відносно хімічного складу. Особливу увагу приділяють домішкам, що суворо регламентуються технічними умовами постачання та державними стандартами України.

До таких домішок належать: вісмут, олово, арсен, свинець, фосфор, сірка та залізо. Саме останнє є у складі розроблених спеціальних сплавів системи Ni-W [1] в межах 2,5... 5,5 % (мас.). Залізо знижує високотемпературні властивості за рахунок утворення т.щ.п.-фаз, до складу яких залізо входить разом з хромом, вольфрамом, молібденом та ренієм. Іншим негативним фактором є те, що при перевищенні вмісту заліза встановленими нормами понад 4 % (мас.), є зниження високотемпературного опору корозії за рахунок утворення нещільної плівки окислів на поверхні випробу.

Також залізо може брати участь у заміщенні нікелю у фазі зміцнення $Ni_3(Al, Ti)$. Порівняно з кобальтом, вольфрамом та молібденом, які також можуть заміщувати нікель, залізо знижує енергетичну стабільність фази та енергію міжатомних зв'язків, що викликає передчасну коагуляцію та сфероїдизацію. Таким чином, постає потреба в порівняльному аналізі структури, механічних та високотемпературних властивостей експериментального та витопленого за стандартною технологією сплавів з метою виявлення впливу заліза на зміну фазово-структурного стану системи.

Матеріали та методика дослідження

Легування жароміцного сплаву на нікелевій основі виконувалося розробленими спеціальними сплавами, які витоплені з використанням важкотопкого брукху [1, 2].

Витоплення проводили в індукційній вакуумній печі УШФ-ЗМ з залишковим тиском 0,266 Па при

температурі 1600 °С. У шихтовій заготовці проводили заміну вольфраму на спеціальні сплави, технологію при цьому не змінювали. Заливання металу проводили при температурі 1550 °С в керамічні форми, нагріті до 900 °С (зразки діаметром 12 мм та довжиною 60 мм).

Хімічний склад експериментального сплаву відповідав ТУ 108.1119-82, ТУ 481.981.6.00009 та паспорту на сплав. Отримані відливки підлягали термічній обробці за режимом: нагрівання 1180±10 °С, витримка 4 години, охолодження на повітрі; нагрівання 1050±10 °С, витримка 3 години, охолодження на повітрі; старіння при 850±10 °С, 24 години, охолодження на повітрі. Після термічної обробки з заготовок виготовлялися зразки для високотемпературних випробувань (випробування на довготривалу міцність ГОСТ 10145-81 при температурі 800 °С [3]).

Мікроструктуру вивчали на електронному мікроскопі РЕМ-106И, який оснащений системою рентгено-спектрального енергодисперсійного мікроаналізу при прискорювальній напругі 20 кВ у вторинних електронах. Характеристичні випромінювання отримані від характерних точок; кількісний рентгеноспектральний мікроаналіз виконаний при порівнянні отриманих спектрограм з еталонами. Зразки перед випробуванням механічно шліфували, полірували та хімічно травили в реактиві «Марбле» (100 мл HCl, 20 гр $CuSO_4$, 100 мл H_2O).

Результати дослідження та їх обговорення

Мікроструктура сплаву ЗМІ-ЗУ після термічної обробки складається з γ -твердого розчину на основі нікелю, інтерметаліду γ' , який залежно від хімічного складу може змінювати співвідношення елементів та карбідів типу MC і $M_{23}C_6$. Морфологія виділень карбідів типу MC зазвичай має форму грубих неправильних включень або ієропліфів. Ці карбіди первинні

і мають стійку структуру та повністю не розчиняються під час термічної обробки. У сплавах цієї групи спостерігаються карбіди типу MC таких елементів, як Ti, Nb та Ta. Очевидно, що атоми цих металів можуть замінити одне одного в карбіді та утворювати сполуки типу (Ti, Nb) C. Однак атоми менш схильних до утворення з вуглецем сполук також можуть займати місце в складі карбідних фаз. Таке явище може призводити до виродження стабільного карбіду з проходженням реакції та утворенням менш стійкого карбіду типу $M_{23}C_6$, особливо після довготривалих експлуатацій чи довготривалих випробувань.

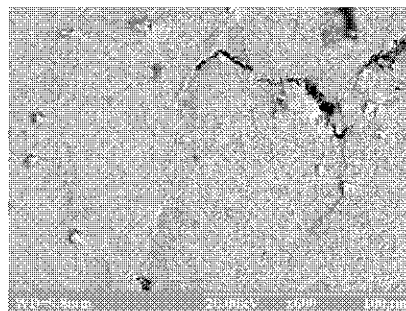
Карбіди типу $M_{23}C_6$ проявляють помітну схильність до виділення по границях зерен у вигляді округлої форми або у вигляді пластин. У сплавах наявні вольфрам та молібден, звідси карбіди можуть набувати вигляд $Cr_{23}(W,Mo)_2C_6$, хоча хром у сполуці може замінюватися нікелем, кобальтом або навіть залізом, а вольфрам з молібденом – іншими наявними тугоплавкими металами. Саме ці карбіди перешкоджають зерномежовому проковзуванню при високотемпературній повзучості та мають найбільшу спорідненість з т.щ.п. фазами. Це може приводити до зародження на карбіді т.щ.п. фази, яка буде суттєво знижувати властивості сплаву. Т.щ.п. фази найчастіше розташовуються по границях зерен та мають пластинчасту форму. Однак на експериментальному сплаві вказана фаза не спостерігається.

Після випробування на довготривалу міцність при температурі 800 °C металографія сплаву значно змінюється, спостерігається збільшення в розмірах та витягування структурних складових (рис. 1).

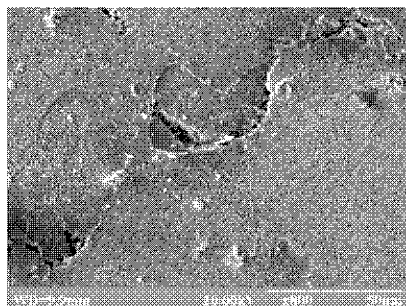
Така структура типова для сплавів, які пройшли довготривалі випробування або експлуатацію. Однак типовим є також виділення пластин σ - фази, яка значно знижує характеристики сплаву, але таких включень не спостерігається в експериментальному сплаві. Спостерігається проходження явищ зі збільшення розміру (коагуляції) та коалесценції γ' - фази, такі самі процеси відбуваються і з карбідами. Коалесценція γ' - фази проявляється утворенням на поверхні досліджуваного шліфа характерної стрічкової структури («рафт-структура»), яка має перпендикулярну орієнтацію до прикладеного навантаження. Така морфологія призводить до зниження опору руху дислокацій при високотемпературній повзучості.

Руйнування зразка відбувається не миттєво, а впродовж деякого терміну, про що свідчить окислена поверхня розділу. В деяких зразках рух тріщини починається від поверхні матеріалу і йде в глибину, хоча така поведінка не є характерною для всієї групи сплавів, що досліджувалися.

Рух тріщини відбувається по найменшому шляху опору, тобто по границі зерна. Оскільки на границі зерна знаходяться карбіди та сегрегації шкідливих домішок, то і опір руху тріщини є мінімальним. Однак не спостерігаються фази, збагачені на залізо та т.щ.п.- фази, що значно знижують високотемпературні властивості сплаву.



a



б

Рис. 1. Розвиток тріщини в жароміцному сплаві ЗМІ-3У після довготривалих випробувань

Таким чином, дослідивши структуру, властивості та рух тріщини, можна стверджувати, що вплив спеціальних сплавів на фазово-структурний стан не спостерігається, а, отже, розроблені сплави можуть слугувати заміниками стандартних шихтових матеріалів.

Висновки

1. Витоплений жароміцний сплав ЗМІ-3У з використанням спеціальних сплавів відповідає вимогам ТУ 108.1119-82, ТУ 481.981.6.00009 та паспорту на сплав.
2. Високотемпературне руйнування сплаву проходить по границях зерен, що ймовірно обумовлено сегрегацією шкідливих домішок та наявністю вторинних карбідів.
3. Руйнування проходить не миттєво, а з певною затримкою, оскільки виявлено окиснення площин руйнування.
4. Рекомендовано до впровадження спеціальні сплави як заміники базових стандартних шихтових матеріалів у промисловості.

Список літератури

1. Глотка О. А. Виготовлення Ni-W лігатури для легування стопів на основі нікелю / О. А. Глотка, А. Д. Коваль // Вісник двигунобудування. – 2008. – № 1. – С. 139–142.
2. Глотка О. А. Дослідження важкотопкого брукту, що містить вольфрам / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, Л. П. Степанова // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні – 2007. – № 1. – С. 17–20.

3. Глотка О. А. Дослідження впливу легування важкотопким бруктом на структуру та властивості жароміцного сплаву / О. А. Глотка, А. Д. Коваль, Ю. Н. Внуков //

Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні. – 2010. – № 1. – С. 45–51.

Одержано 24.04.2012

Глотка А.А., Коваль А.Д., Грешта В.Л. Высокотемпературное разрушение экспериментального коррозионностойкого сплава ЗМII-3У (XH64BMKЮТ)

Проанализировано структурно-фазовое состояние жаропрочного коррозионностойкого сплава ЗМII-3У (XH64BMKЮТ), который выплавлен с использованием специальных сплавов. Рассмотрено движение трещины после испытания на долгосрочную прочность. Согласно результатов исследования, рекомендовано к внедрению специальные материалы в промышленность.

Ключевые слова: жаропрочный коррозионностойкий сплав, специальные сплавы, структурно-фазовое состояние, высокотемпературное разрушение.

Glotka O., Koval A., Greshta V. High-temperature destruction of an experimental corrosion-resistant alloy ЗМII-3У (XH64BMKЮТ)

The structural and phase condition of heat-resistant corrosion-resistant alloy ЗМII-3У using (XH64BMKЮТ) that is melted using special alloys is analysed. Crack movement after long-term durability test is considered. According to research results, special materials were recommended for introduction in the industry.

Key words: heat-resistant, corrosion-resistant alloy, special alloys, structural-phase condition, high-temperature destruction.
