

Ямшинський М.М., Федоров Г.Є.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)
ТЕРМОСТІЙКІСТЬ ХРОМОАЛЮМІНІЄВИХ СТАЛЕЙ

Велике значення для захисту металів від інтенсивного окиснення в умовах високих температур має міцність зчеплення плівки оксидів з поверхнею деталі, невелика різниця коефіцієнтів лінійного розширення оксидів і металу й хімічна стійкість оксиду в агресивному середовищі.

За швидких нагрівань↔охолоджень, внаслідок обмеженої теплопровідності сплаву, в об'ємі деталі виникають нерівномірні температурні поля, які й сприяють накопиченню термічних напружин, оскільки природній тепловій зміні розмірів деталі заважають її сусідні, які мають більше або менше нагріті зони.

Руйнуванню від термічної втоми піддаються всі деталі, які працюють в умовах змінних температур, тому термостійкість металу є однією із основних характеристик, які визначають довговічність жаростійких деталей устаткування, що працює у високотемпературних технологіях (теплоенергетика, металургія, хімічна галузь тощо).

Отже, визначення оптимального хімічного складу жаростійких хромоалюмінієвих сталей для виготовлення виробів з високими окислостійкістю та термостійкістю є завданням досить актуальним. Актуальним залишається питання щодо вивчення механізму та кінетики руйнування сплавів з високим вмістом хрому та алюмінію в умовах змінних високих температур та агресивних середовищ.

Здатність металу утворювати на поверхні захисну оксидну плівку є важливою передумовою забезпечення високої термостійкості. У реальних умовах роботи жаростійкого виробу його термостійкість визначається значною мірою властивостями поверхневого шару металу, який губить свою щільність під час окиснення, а значить і міцність.

Виконаними дослідженнями встановлено, що хром, алюміній і титан справляють суттєвий вплив на пластичні властивості металу, змінюють структуру й фазовий склад хромистої сталі. Зміна хімічного складу призводить до суттєвої зміни механічних та фізичних властивостей, які визначають інтенсивність розвитку пластичної деформації під час термічного навантаження. Для досягнення високої термостійкості хромоалюмінієва сталь має вмістити 25...30% хрому, 1,0...3,0% алюмінію та 0,3...0,6% титану. За менших концентрацій титану внаслідок утворення ним значної кількості оксидних плівок, які залишаються в металі, термостійкість останнього суттєво погіршується.

Відомо, що вуглець справляє негативну дію на експлуатаційні властивості жаростійкої сталі, в тому числі й на термостійкість. Нашими дослідженнями не підтвердився негативний вплив вуглецю на термічну втому в межах його концентрацій 0,1...0,5%. Більш того, у феритній хромистій сталі, яка стабілізована алюмінієм до 3%, вуглець поводить себе як елемент, який підвищує термостійкість, причому це покращання спостерігається за оптимального вмісту вуглецю 0,2...0,4%. Таку поведінку вуглецю можна пояснити тим, що, як показали металографічні дослідження, підвищення його вмісту до 0,4% супроводжується подрібненням зерна (з 200...300 мкм – за 0,05% С до 60...80 мкм – за 0,38% С).

Подрібнення структури металу призводить до збільшення міжзеренної деформаційної спроможності, яка визначає високотемпературну пластичність сплавів, зміцнених твердим розчином. Необхідно відзначити, що сталь, яка має дрібну структуру, механічно зміцнюється, оскільки велика кількість міжфазних меж слугує хорошим розподільовачем накопичуваних термовтомних дефектів дислокаційного походження та вакансій.

Подрібнення структури та покращання термостійкості хромоалюмінієвої сталі можна досягти додатковим обробленням її рідкісноземельними металами (РЗМ). Установлено, що оброблення середньовуглецевої хромоалюмінієвої сталі 30X30Ю2ТЛ 0,15...0,45% РЗМ дійсно сприяє підвищенню високотемпературних міцності та пластичності й термостійкості на 10...12%.

Підвищення цих властивостей відбувається внаслідок сприятливого розподілу карбідів хрому й зміни форми та розташування неметалевих включень внаслідок глибокого рафінування сталі. У сталі без РЗМ карбіди розташовуються межами зерен й утворюють суцільну сітку, а в сталі, яка оброблена РЗМ, частина їх знаходиться на межах зерен, а частина – в об'ємі зерен фериту. Можна припустити, що фактором перерозподілу є зниження розчинності вуглецю у фериті за високих температур. Але, якщо в сталь додавати понад 0,5% РЗМ, її термостійкість знижується. Це пояснюється схильністю зерен фериту сталі до крихкого руйнування внаслідок виокремлення металідів CeFe_2 й CeFe_5 межами зерен, які під час термоцикування розколюються та подрібнюються, при цьому утворюють тріщини межами міжфазових прошарків, через які викришуються цілі блоки.

Отже, з точки зору високотемпературної термічної втоми, хромоалюмінієву сталь доцільно оброблювати 0,15...0,40% РЗМ, перш за все беручи до уваги, що останні суттєво підвищують міцність металу й практично не змінюють його коефіцієнт лінійного розширення.

За результатами роботи можна зробити наступні висновки, що для досягнення високої термостійкості в умовах високих змінних температур хромоалюмінієва сталь має вміщувати 25...30% хрому, 1,0...3,0% алюмінію та 0,3...0,6% титану.

Вуглець за вмісту в хромоалюмінієвій сталі в межах 0,2...0,4% сприяє підвищенню її термостійкості внаслідок подрібнення структури та покращання механічних властивостей за високих температур.

Хромоалюмінієву сталь доцільно додатково обробляти 0,15...0,40% РЗМ не тільки для підвищення її технологічних властивостей, але й для підвищення міцності та термостійкості.

Кірієвський Б.А.¹, Омелько Л.Г.², Христенко В.В.²
(¹ФТІМС НАН України; ²КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)
ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА ПРОЦЕС
НАМОРОЖУВАННЯ

До числа прогресивних способів отримання виливків належить лиття на заморожування. Однак широке застосування цього способу лиття стримується відсутністю надійних методів визначення технологічних параметрів процесу. В [1] запропоновано модель, яка дозволяє розрахувати температурне поле системи кристалізатор – заморожений шар – розплав у будь-який момент часу, а також встановити залежність товщини замороженого шару від часу. Розрахунок ґрунтується на розв'язанні рівняння теплопровідності для системи кристалізатор – заморожений шар – розплав з урахуванням теплових ефектів, які супроводжують нагрівання кристалізатора та охолодження основного металу.

Як приклад встановлено вплив технологічних та геометричних параметрів на процес на заморожування свинцю на алюмінієвий кристалізатор (рис. 1...3).