

Лук'янець В.В., Федоров Г.Є.

(НТУУ «КПІ», м. Київ)

ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЖАРОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ ЛЕГУВАННЯМ, МІКРОЛЕГУВАННЯМ І МОДИФІКУВАННЯМ

Ливарне виробництво залишається однією з небагатьох галузей промисловості, де комп'ютерні технології впроваджуються дуже повільно. Особливо актуальною є проблема розроблення методології прогнозування ливарних і механічних властивостей розплавів на основі заліза з високим вмістом хрому за результатами першого хімічного аналізу металу, який ще знаходиться в плавильному агрегаті. Проте через брак як теоретичної, так і практичної інформації з цього питання не має можливості навіть у лабораторних умовах використовувати або доопрацьовувати хоча б окремі розробки. Крім того, слід зазначити, що одночасно з комп'ютеризацією технологічних процесів або окремих операцій необхідно розглядати й питання пошуку нових ефективних і дешевих сплавів для роботи в умовах високих температур й агресивних середовищ та удосконалення існуючих сплавів з високим вмістом хрому.

Метою роботи є створення банку даних ливарних і спеціальних властивостей сплавів з високим вмістом хрому для подальшого використання в розробленні методології прогнозування якості розплавів та властивостей металу у виливках після легування, мікролегування, модифікування.

Методичне забезпечення експериментальних досліджень охоплює вивчення всіх технологічних та експлуатаційних властивостей сплавів на основі заліза з високим вмістом хрому, результати яких гарантують виготовлення якісних виливків у виробничих умовах в разових об'ємних піщаних формах.

Досліджено вплив основних хімічних елементів – хрому, алюмінію та вуглецю – на ливарні, механічні та спеціальні властивості жаростійких сталей і визначено діапазони використання цих елементів. Оптимальним діапазоном вмісту хрому в сплавах слід вважати 25...32%, а алюмінію – 1,0...3,5% за вмісту вуглецю 0,25...0,35%. У цих діапазонах хімічних елементів основна експлуатаційна характеристика – окалиностійкість – складає 0,6...0,8 г/м²-год проти 3,0...5,0 г/м² год для відомої хромонікелевої сталі 20X25H19C2Л.

Дослідженнями кінетики окиснення сплавів встановлено, що збільшення вмісту алюмінію, наприклад, у 25%-ній хромистій сталі до 3% призводить до різкого зниження швидкості окиснення. Значно скорочується час «інкубаційного» періоду окиснення: 2,5 год – для сталі без алюмінію, 1,5 год – для сталі із 1,5% алюмінію і 0,4 год – для сталі із 3% алюмінію. Змінюється також і кінетична закономірність процесу окиснення. Якщо окиснення сталі 35X25ЮЛ здійснюється за законом, наближеним до параболічного, то для сталі 35X25Ю3Л – більш справедливим є логарифмічний закон.

Досліджено окалиностійкість хромоалюмінієвих сталей в різних середовищах (повітря; повітря + 25% CO₂; повітря + 25% H₂O; повітря + 45% H₂O) за температури 1200 °С протягом 100 год. Встановлено, що найгіршу окалиностійкість сталь має в середовищі з максимальним вмістом вологи.

На підставі аналізу впливу хрому, алюмінію та вуглецю на ливарні, механічні та спеціальні властивості створено масив даних для розроблення методології прогнозування властивостей сталей цього класу.

З метою створення банку даних щодо процесів мікролегування та модифікування жаростійких хромоалюмінієвих сталей досліджено вплив РЗМ, ітрію, кальцію, ванадію та цирконію на їх властивості.

Одним із перспективних технологічних прийомів для покращання властивостей сталей і підвищення якості литих деталей є додаткове оброблення розплаву рідкісноземельними металами (РЗМ). Досліджено вплив РЗМ на властивості хромоалюмінієвих сталей і встановлено, що присадка до 0,3% РЗМ у хромоалюмінієву

сталь помітно підвищує її рідкотекучість внаслідок дегазації й десульфурзації розплаву та зміни мінералогічного складу, розмірів і щільності неметалевих вкраплин й переведення їх з гострокутної форми в глобулярну. Присадки РЗМ у межах 0,15...0,25% позитивно впливають на лінійну усадку й тріщиностійкість сталей, підвищують механічні властивості як за температур імовірного утворення тріщин, так і за кімнатних температур. Присадка до 0,25% РЗМ сприятливо впливає на характеристики міцності сталі в результаті зменшення кількості газів і подрібнювання структури та істотно покращує окалиностійкість хромоалюмінієвого сплаву. Отже, у тих випадках, коли із хромоалюмінієвої жаростійкої сталі необхідно виготовляти виливки для роботи в екстремальних умовах, доцільно розплав додатково обробляти рідкісноземельними металами в кількості 0,15...0,25%.

Як мікролегувальні присадки і такі, що модифікують метал, досліджено: ітрію – до 0,6%; кальцій – до 0,1%; ванадій і цирконій – до 0,3%.

Найкращий комплекс ливарних, механічних й експлуатаційних властивостей хромоалюмінієва сталь набуває після оброблення її ітрієм у кількості 0,10...0,25% (за присадкою). Особливо позитивно впливає ітрій на окалиностійкість металу внаслідок зміни складу та властивостей внутрішнього шару окалини. Підвищуються її адгезійні властивості, що, значною мірою, запобігає сколюванню оксидного шару з поверхні виробу під час тепломіні.

Кальцій у кількості до 0,1% сприяє підвищенню рідкотекучості, міцності та зниженню лінійної усадки. Маючи високу спорідненість до кисню, сірки й азоту, кальцій значною мірою змінює кількість, форму й морфологію неметалевих вкраплин, сприяє гомогенізації структури металу й підвищує термостійкість виробів. Присадки до 0,2% ванадію трохи поліпшують рідкотекучість хромоалюмінієвої сталі, а до 0,1% – знижують лінійну усадку, істотно підвищують тимчасовий опір розриванню й термостійкість, а також трохи підвищують окалиностійкість металу. Позитивний вплив на властивості хромоалюмінієвої сталі справляють присадки цирконію в кількості до 0,2%.

Досліджено структуру та розподіл хрому по перерізу стінок виливків різної товщини (15, 20 і 25 мм). Розподіл хімічних елементів вивчено на периферії, з обох боків та в центрі. Установлено, що сталь має максимально однорідну гомогенну структуру, а хром та алюміній рівномірно розподіляються по перерізу стінок виробу незалежно від їх товщини. Отже виконується основне правило: для роботи за високих температур і в агресивних середовищах сталь повинна мати однорідну гомогенну структуру.