

УДК 621.745.55

Селівьорстов В.Ю.¹, Доценко Ю.В.², Селівьорстова Т.В.³

¹ д-р техн. наук, професор УДУНТ

² канд. техн. наук, доцент УДУНТ

³ канд. техн. наук, доцент УДУНТ

ВПЛИВ НА ЩІЛЬНІСТЬ ТА МАКРОСТРУКТУРУ ЛИТОГО ВТОРИННОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ AL-SI ДОБАВОК ВИСОКОДИСПЕРСНОГО SiC

Для підвищення якості ливарних сплавів системи Al-Si використовується, в тому числі, технологія обробки порошковими модифікаторами [1]. Окреме місце в цьому сенсі займають вторинні алюмінієві сплави, що поступаються за якістю первинним, однак їх використання залишається перспективним саме з точки зору економічної доцільності. Тому продовжуються дослідження впливу різних методів обробки, в тому числі, модифікування високодисперсним SiC, на якість

отриманого виливка [2]. До значущих властивостей можна віднести щільність сплаву та наявність макродефектів, зокрема шпаристості, в литому модифікованому металі за різних теплофізичних умов затвердіння. Метою роботи було визначення щільності вторинного сплаву системи Al-Si, що модифікований добавками високодисперсного SiC у порівнянні з немодифікованим сплавом при литті в кокіль та об'ємну піщану форму, а також аналіз макроструктури виливків, що отримані за зазначених умов затвердіння.

Для проведення досліджень із вторинного алюмінієвого сплаву (табл. 1) виготовляли виливки циліндричної форми висотою 150 мм та середнім діаметром 60 мм в сталевому витряхному кокіллі, а також в піщано-глинистій формі (ПГФ) з тією ж конфігурацією та розмірами робочої порожнини. Вміст модифікатора у розплаві складав від 0,1 до 0,3 мас.%. В якості модифікатора використовували порошкоподібний карбід кремнію марки F1200 фракцією 1 – 3 мкм. Заливку здійснювали при температурі 690 – 700 °С.

Таблиця 1 – Хімічний склад вторинного алюмінієвого сплаву, мас.%

Mg	Cu	Si	Al	Fe	Zn	Mn
0,528	1,124	11,539	84,969	0,905	0,692	0,242

Аналіз макроструктури виливків проводили з використанням шкали шпаристості BIAM: бал 1 – дрібна шпаристість; бал 2 – знижена шпаристість; бал 3 – середня шпаристість; бал 4 – підвищена шпаристість; бал 5 – висока шпаристість. Газову шпаристість темплетів виливків визначали на трьох квадратах площиною 1 см² кожний. Кількість пор та їхній розмір визначали як середнє арифметичне трьох вимірів. Ступінь шпаристості макрошліфів в балах встановлювали порівнянням їх з еталонами шкали.

Дослідження щільності сплаву проводили за допомогою гідростатичного зважування зразків на аналітичних вагах WA - 21 в повітрі та в чотирьоххлористому вуглєці з точністю до 0,001 г/см³.

Щільність зразків обчислювали за формулою (1)

$$\rho = \frac{P}{P-Q}(\delta - \lambda) + \lambda \quad (1)$$

де P – маса зразка в повітрі, г;

Q – маса зразка в CCl₄, г;

δ – щільність CCl₄ – 1,5959 г/см³;

λ – щільність повітря – 0,00122 г/см³.

Отримані результати досліджень зразків литого металу (табл. 2) свідчать про те, що процес модифікування збільшує щільність сплаву.

Таблиця 2 – Результати визначення щільності досліджуваних зразків

Умови затвердіння	Маса зразка в повітрі, г	Маса зразка в CCl_4 , г	Щільність сплаву, г/см^3
Кокіль без модифікування	1,164	0,481	2,715
Кокіль+ 0,1SiC	1,516	0,641	2,761
Кокіль+ 0,2SiC	1,873	0,782	2,735
Кокіль+ 0,3SiC	1,414	0,595	2,752
ПГФ+0,1SiC	1,451	0,587	2,673
ПГФ+0,3SiC	0,879	0,356	2,676

Це демонструє зразок литого вторинного алюмінієвого сплаву з кількістю модифікатора 0,1%, щільність якого на 1,6 % більша в порівнянні зі зразком без модифікатора. З підвищенням кількості карбіду кремнію з 0,2% до 0,3% щільність сплаву зростає, проте, залишається меншою, ніж з 0,1% SiC. У зразках, що були відлиті в піщано-глинисту форму, зі збільшенням кількості SiC зміна щільності сплаву майже не відбувається.

Порівняльний аналіз показників щільності металу виливків, залитих в кокіль та піщано-глинисту форму, показав, що теплофізичні умови затвердіння також мають свій вплив. В металевій формі швидкість затвердіння сплаву вища і структура стає більш щільною (щільність зразків виливків, що отримані в ПГФ, на 2,7% менша в порівнянні з виливками, що отримані в кокілі).

Встановлено, що макроструктура литого вторинного сплаву системи Al-Si, що не піддавався модифікуванню та заливався в кокіль, має невелику усадкову раковину та розосереджену шпаристість у всьому об'ємі металу виливка і відповідає 3-ому балу за шкалою BIAM. Макроструктура виливків, що модифіковані високодисперсним карбідом кремнію включає концентровану усадкову раковину глибиною 26 – 30 мм з грубими тріщинами 8 – 15 мм в нижній частині раковини. А також зосереджену усадкову шпаристість в верхній частині виливка. Макродефекти в нижній частині виливка відсутні. Загалом, макроструктура виливків з 0,1 – 0,3 мас.% SiC та залитими в кокіль, відповідає 2-му та 3-му балу шпаристості за шкалою BIAM.

Дослідження макроструктури виливків, відлитих в піщано-глинисту форму з модифікуванням карбідом кремнію 0,1% та 0,3 мас.%, показали наявність зосередженої усадкової шпаристості в верхній частині виливків та наявність газових пор на бічній поверхні, що відповідає 1-ому балу за

шкалою ВІАМ. Також проведений аналіз показав, що вони не мають яскраво вираженої концентрованої усадкової раковини і вся шпаристість розосереджена з зовнішнього боку виливка, при цьому, в верхній частині обидва виливка мають дрібну зосереджену шпаристість.

Список використаних джерел

1. Куцова В.З. Модифікування алюмінієвих сплавів / В.З. Куцова, О.В. Швець, Т.А. Аюпова // «МОМ». – 2001. – № 1-2. – С. 99-109.
2. Ямшинський М.М., Селівьорстов В.Ю., Лук'яненко І.В., Кивгило Б.В. Вплив модифікування високодисперсним карбідом кремнію на ливарні властивості вторинного сплаву системи Al-Si // Метал та лиття України №1 (30). – Київ, 2022. – С. 77 – 83.