DOI: 10.34185/1991-7848.2024.01.07
УДК 621.745.55

В.Ю.Селівьорстов, Ю.В.Доценко, Т.В.Селівьорстова

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКУВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИМ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ НА ЩІЛЬНІСТЬ ТА МАКРОСТРУКТУРУ ВИЛИВКІВ ІЗ ВТОРИННОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ AL-SI ЗА РІЗНИХ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ УМОВ ЗАТВЕРДІННЯ

Анотація. *Представлені результати досліджень визначення впливу модифікування вторинного алюмінієвого ливарного сплаву системи Al-Si високодисперсним карбідом кремнію марки F1200 з розміром часток 1 – 3 мкм у кількості від 0,1 до 0,3 мас.% на щільність литого металу та макроструктуру циліндричних виливків висотою 150 мм та середнім діаметром 50 мм, що отримані литтям в кокіль та в піщано-глинисту форму з додаванням високодисперсного карбіду кремнію. Дослідження щільності металу виливків, залитих в кокіль та піщано-глинисту форму, що проводили за допомогою гідростатичного зважування зразків на аналітичних вагах, показали наявність впливу модифікування та теплофізичних умов затвердіння на відповідні показники. 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). У зразках виливків, що були відлиті в піщано-глинисту форму, зі збільшенням кількості SiC значущої зміни щільності сплаву майже не відбувається. Отримані дані свідчать також про те, що, і спосіб отримання виливків, і модифікування сплаву впливають на його макроструктуру.*

Ключові слова: *дослідження, вторинний ливарний сплав системи Al-Si, модифікування, карбід кремнію, виливок, щільність, макроструктура*

Вступ.

Відомо, що 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

© *Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В., Селівьорстова Т.В., 2024*

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

сплави, що поступаються за якістю первинним з причини, в першу чергу, наявності небажаних в конкретній марці сплаву домішок, які потрапляють з шихти в процесі переплаву і викликають необхідність в додаткових технологічних операціях з легування, рафінування та модифікування, що, в свою чергу, негативним чином впливає на собівартість. Однак, використання вторинних алюмінієвих сплавів для виготовлення виливків залишається перспективним саме з точки зору економічної доцільності. Тому продовжуються дослідження впливу зазначених методів обробки, в тому числі, модифікування високодисперсним SiC, на ливарні властивості та якість отримуваного виливка [2]. До значущих властивостей можна віднести також щільність сплаву та наявність макродефектів, зокрема шпаристості, в литому модифікованому металі за різних теплофізичних умов затвердіння.

Аналіз літературних даних та завдання дослідження.

Вторинним алюмінієм називають алюмінієві сплави, отримані шляхом переплаву лому та відходів [3]. Більше ста років тому технологія переробки алюмінієвих відходів була дуже примітивною, усі процеси обробки та плавки виконували вручну. Вилучення металу в готову продукцію не перевищувало 73 – 75% [4, 5]. Внаслідок низької якості отриманного вторинного алюмінію його, в основному, використовували в чорній металургії для розкислення сталі. У подальшому алюмінієва промисловість (виробництво алюмінію) отримала значний розвиток, що забезпечило широке впровадження алюмінієвих сплавів в машинобудуванні, транспорті та побуті. Внаслідок цього утворення відходів та лому алюмінію та його сплавів швидко зростало та якісна переробка їх стала важливою народногосподарською задачею. Проте, заводи, що зайняті виробництвом вторинного алюмінію, ще довгий час за технічним оснащенням та культурою виробництва залишилися недорозвиненими з точки зору відповідності потребам у сплавах з фізико-механічними характеристиками, що наближені до аналогічних характеристик первинних сплавів. В даний час вторинний алюміній отримують на великих спеціалізованих заводах потужністю порядку 50 тисяч тон на рік. На цих заводах виробничі процеси в значній мірі автоматизовані, а технологія базується на сучасному обладнанні (спектральні методи випробування сировини та коригування розплаву, плавка

в спеціальних печах, пакетування відходів і т.д.) В результаті цього вилучення металу в готову продукцію підвищилося до 91,0 – 91,7%, а якість вторинних алюмінієвих сплавів значно покращилась, завдяки чому більша частина їх використовується як повноцінний матеріал в машинобудуванні. Швидкий розвиток алюмінієвої промисловості буде сприяти підвищенню у кілька разів обсягу виробництва вторинного алюмінію. В теперішній час у світовій практиці здійснюються проєкти заводів вторинної кольорової металургії с потужністю алюмінієвого виробництва 80 – 120 тисяч тон, що обладнані електричними індукційними плавильними та вакуум-дистиляційними рафінуючими печами з комплексною механізацією та автоматизацією виробничих процесів. Розробляються нові технологічні процеси підготовки і плавки брухту та відходів і рафінування отриманого розплаву з метою значного підвищення якості вторинних алюмінієвих сплавів.

Вторинна алюмінієва сировина дуже різноманітна за всіма видами класифікації брухту та відходів. Значна його частина (до 40%) – стружка, що утворюється при механічній обробці алюмінію та його сплавів. Алюмінієвий брухт та відходи можуть бути представлені також поковками, виливками, профільованим прокатом, листами, прутками та дротом, фольгою та іншими матеріалами. Джерелами утворення вторинної алюмінієвої сировини також можуть бути деталі машин, літаковий брухт, брухт автомобільних і авіаційних двигунів, різних приладів, побутових та електротехнічних виробів та ін. Переробка вторинної алюмінієвої сировини в даний час проводиться шляхом його переплавлення переважно на сплави певного складу. Для плавки алюмінієвого брухту і відходів застосовують відбивні, шахтні, короткобарабанні (що обертаються), і електричні індукційні печі. Найбільше поширення до цього часу у вторинній металургії алюмінію мають відбивні печі, опалювані рідким або газоподібним паливом, а також їх сумішшю. Плавка алюмінієвих сплавів у відбивних печах придатна для переробки практично всіх видів вторинної сировини на основі алюмінію. Вона характеризується досить високою продуктивністю, простотою конструкції печі та її технологічною універсальністю та порівняно невеликими експлуатаційними витратами. Відбивні печі алюмінієвого виробництва розрізняються між собою формою

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

пічної ванни, місткістю, кількістю робочих камер та спрямованістю руху газового потоку по відношенню до перетікання розплаву. Місткість відбивних печей алюмінієвої плавки становить 10…50 т. Найбільш досконалими відбивними печами для плавки вторинної алюмінієвої сировини є двокамерні печі протиточного типу.

Ефективним способом підвищення механічних властивостей виробів з вторинних алюмінієвих ливарних сплавів є зміни морфології фаз, що кристалізуються, за рахунок затвердіння і модифікування їх, в тому числі, у яскраво виражених нерівноважних умовах [6 - 9]. Завдяки цьому створюються умови для подрібнення структурних складових, значного підвищення розчинності у твердому стані, придушення зростання грубих включень первинних інтерметалідів. Це, в свою чергу, робить значущий вплив на востребуваний (з точки зору експлуатаційних характеристик) рівень якості литого металу, до складових якого, в тому числі, відносяться показники щільності та макроструктура отримуваних виливків. Тому актуальним завданням представляється отримання науково-обгрунтованих результатів досліджень щодо визначення зазначених параметрів вторинних ливарних сплавів системи Al-Si.

Метою роботи є визначення щільності вторинного сплаву системи Al-Si, що модифікований добавками високодисперсного SiC у кількості 0,1 - 0,3 мас.% 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.

Матеріали та методи досліджень. Для проведення досліджень із вторинного алюмінієвого сплаву (табл. 1) виготовляли виливки циліндричної форми в сталевому витряхному кокілі (рис.1), 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. Розподіл зразків для проведення досліджень представлений на рис. 2.

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

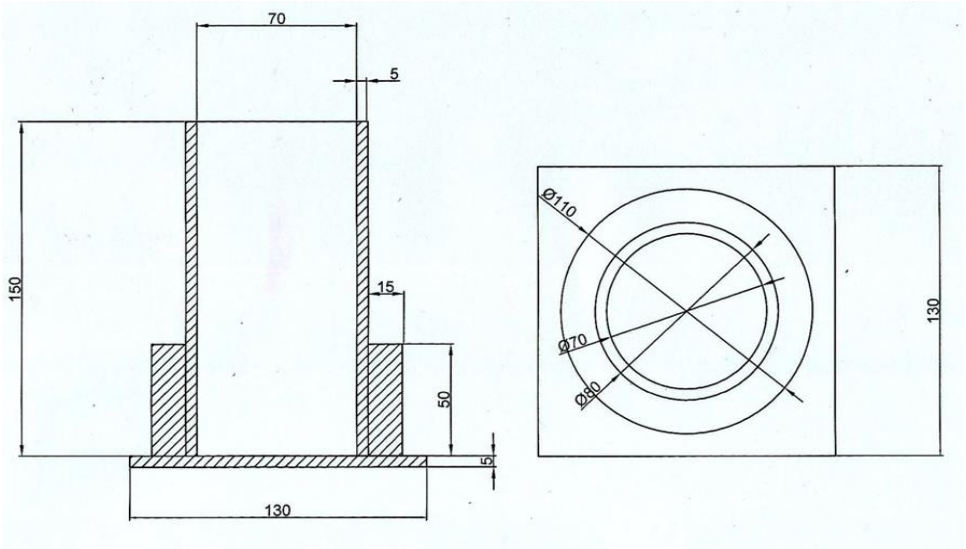


Рисунок 1 – Схема витряхного кокілю

Зразки для досліджень виготовляли з темплетів, вирізаних з тіла виливків у відповідності до схеми, що представлена на рис. 2.

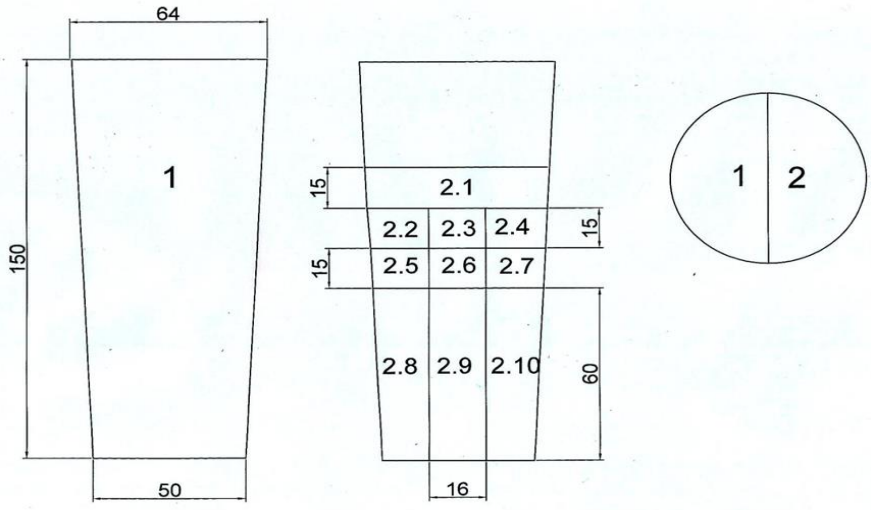


Рисунок 2 – Схема розділу зразків: 1 – аналіз макроструктури; 2 – дослідження властивостей: 2.1 – замір твердості металу; 2.2, 2.3, 2.4 - металографічні дослідження; 2.5, 2.6, 2.7 – дослідження щільності; 2.8, 2.9, 2.10 – дослідження механічних властивостей

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

Аналіз макроструктури виливків проводили з використанням шкали шпаристості ВІАМ (рис. 3): бал 1 – дрібна шпаристість; бал 2 – знижена шпаристість; бал 3 – середня шпаристість; бал 4 – підвищена шпаристість; бал 5 – висока шпаристість.

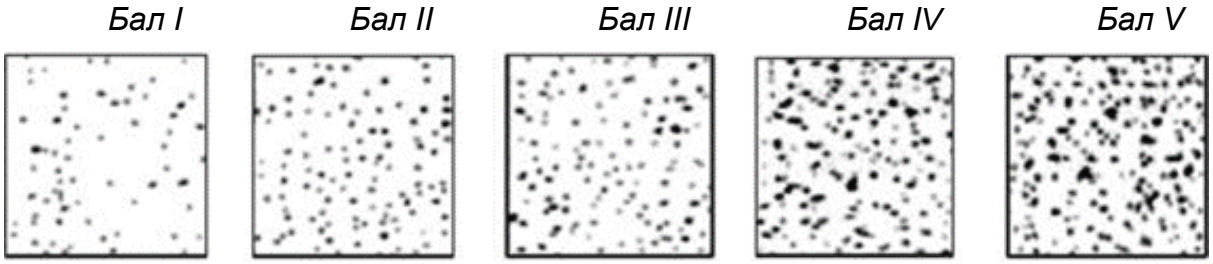


Рисунок 3 – Шкала шпаристості ВІАМ

Газову шпаристість темплетів виливків визначали на трьох квадратах площиною 1 см^2 кожний (рис. 4).

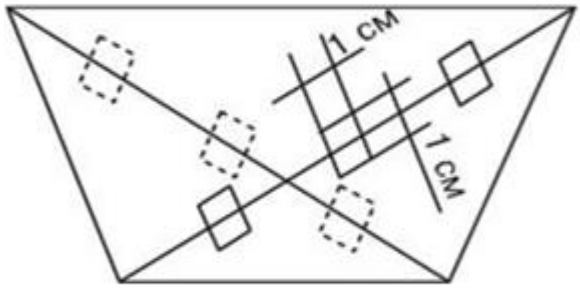


Рисунок 4 – Схема розташування квадратів на макрошліфах

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 вуглеці з точністю до 0,001 г/см^3.

Щільність зразків обчислювали за формулою (1)

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

де P – маса зразка в повітрі, г;

Q – маса зразка в CCl_4, г;

δ – щільність CCl_4 – 1,5959 г/см^3;

λ – щільність повітря – 0,00122 г/см^3 .

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

Таблиця 2

Результати визначення щільності досліджуваних зразків

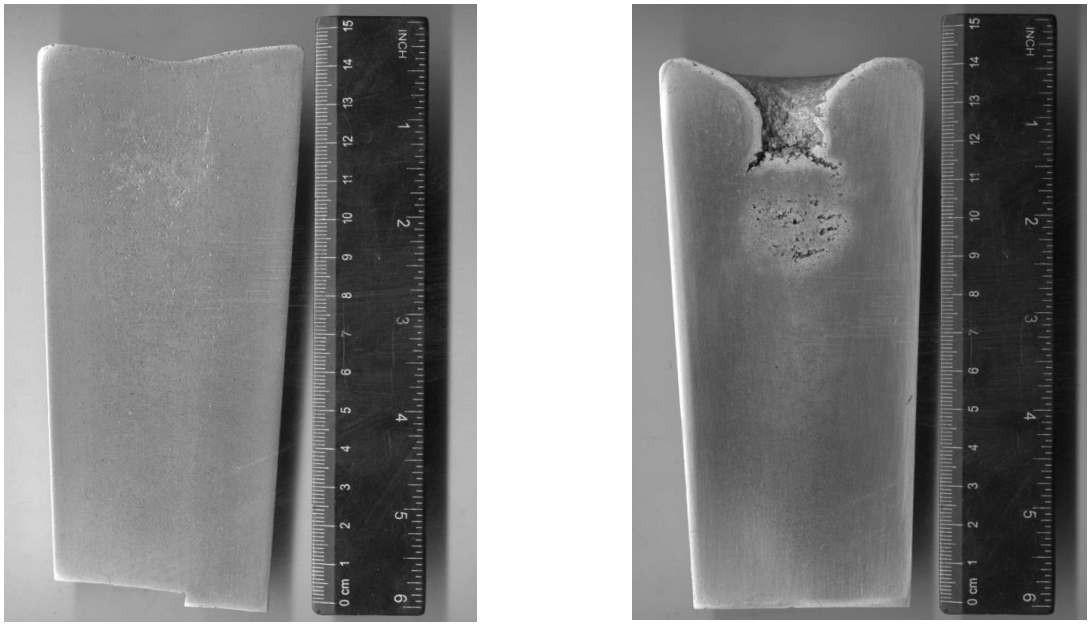
Умови затвердіння	Маса зразка в повітрі, г	Маса зразка в CCl_4, г	Щільність сплаву, г/см^3
Кокіль без модифікування	1,164	0,481	2,715
Кокіль+ 0,1SiC	1,516	0,641	2,761
Кокіль+ 0,2SiC	1,873	0,782	2,735
Кокіль+ 0,3SiC	1,414	0,595	2,752
ПГФ+0,1SiC	1,451	0,587	2,673
ПГФ+0,3SiC	0,879	0,356	2,676

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).

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

Макроструктура вторинного сплаву системи Al-Si дослідних виливків представлена на рис. 5 - 7.

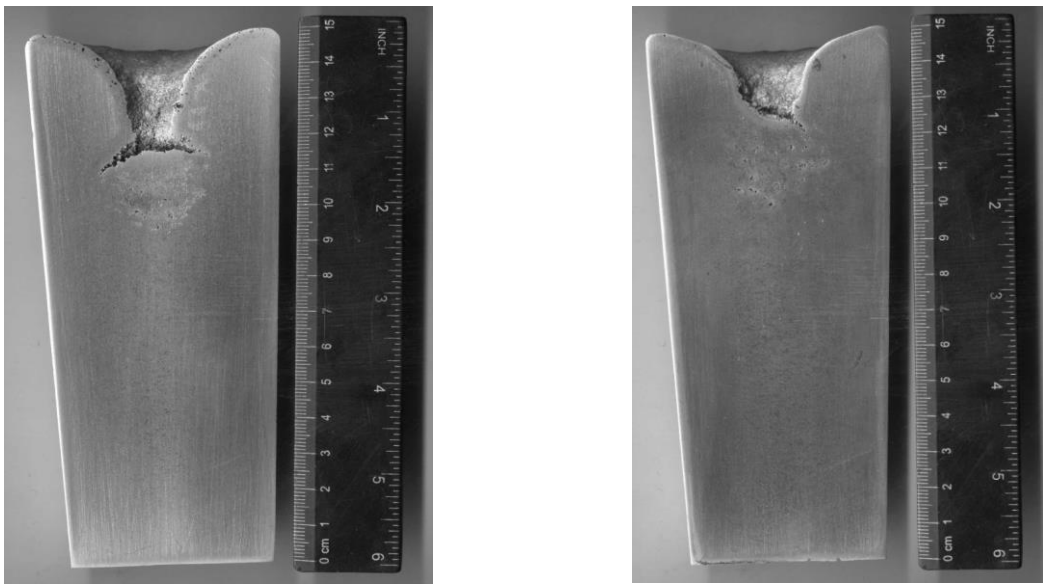


а б

Рисунок 5 - Макроструктура виливків, що отримані в кокілі без модифікування (а) та з додаванням 0,1 мас. % SiC (б)

Макроструктура виливка, що не модифікувався, включає в себе зосереджену шпаристість у верхній частині тіла виливка, а також розосереджену у всьому його тілі. За шкалою шпаристості BIAM даний дефект відповідає 3 балу – середня шпаристість (рис. 5, а).

Макроструктура зразка, залитого в кокіль з 0,1% SiC, має концентровану усадкову раковину глибиною 27 мм з грубими тріщинами 10 – 12 мм в нижній частині раковини. А також зосереджену усадкову шпаристість в верхній частині виливка. Макродефекти в нижній частині виливка відсутні. Загалом, виливок відповідає 2-ому балу – знижена шпаристість (рис. 5, б).



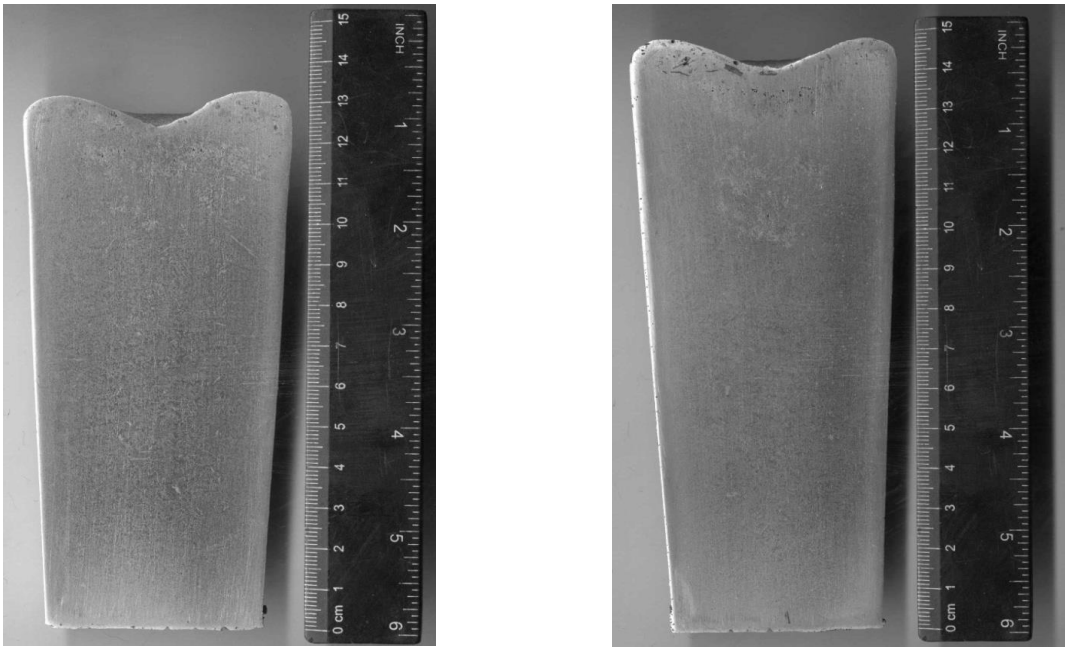
а б

Рисунок 6 - Макроструктура виливків, що отримані в кокілі з додаванням 0,2 мас. % SiC (а) та 0,3 мас.% SiC (б)

Макроструктура металу виливка, що залитий в кокіль, з 0,2% SiC включає концентровану усадкову раковину глибиною 30 мм з грубими тріщинами 12-15 мм в нижній її частині. Під раковиною утворилася зосереджена шпаристість, що за своєю концентрацією менша за шпаристість у зразку з 0,1% SiC. Макродефекти в іншій частині тіла виливка відсутні. Виливок відповідає 1-ому балу шпаристості за шкалою шпаристості ВІАМ – дрібна (рис. 6, а).

Макроструктура виливка, що отриманий в кокілі, з 0,3% SiC, має концентровану усадкову раковину глибиною 26 мм з тріщиною 8 мм в правій її частині, а також зосереджену усадкову шпаристість, як і у виливку з 0,2% SiC. Газові пори в іншій частині виливка відсутні. Загалом макроструктура виливка відповідає 1-ому балу за шкалою шпаристості ВІАМ – дрібна шпаристість (рис. 6, б).

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457



а б

Рисунок 7- Макроструктура виливків, що отримані в піщано-глинистій формі з додаванням 0,1 мас. % SiC (а) та 0,3 мас.% SiC (б)

Візуальний аналіз зразків виливків, відлитих в піщано-глинисту форму, що модифіковані карбідом кремнію в кількості 0,1% та 0,3%, показав, що виливки за макроструктурою між собою майже не відрізняються. В верхній частині обох виливків присутня зосереджена шпаристість. В середині та вздовж бічної поверхні виливка, модифікованого 0,3% SiC, містяться газові пори різного діаметру. Макроструктура литого металу відповідає 1-ому балу шпаристості за шкалою ВІАМ (рис. 7).

Висновки

1. За результатами досліджень встановлено, що щільність литого вторинного сплаву системи Al-Si, отриманого в кокілі з модифікуванням карбідом кремнію в кількості 0,1%, зростає на 1,6% і становить 2,761 г/см^3 у порівнянні з не модифікованим металом (2,715 г/см^3). Зі збільшенням вмісту карбіду кремнію до 0,2% щільність металу складає 2,735 г/см^3, що на 0,9% менше, ніж у виливка з 0,1% SiC. При вмісті SiC в кількості 0,3 мас.% щільність металу зростає на 0,6% і становить 2,752 г/см^3. Щільність металу виливків, отриманих у піщано-глинистій формі з модифікуванням 0,1% та 0,3% карбіду

кремнію, на 2,87% менша порівняно з виливками, відлитими в кокіль, і дорівнює 2,673 г/см^3 та 2,676 г/см^3 відповідно.

2. 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 ВІАМ. 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 ВІАМ.

3. 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.

ЛІТЕРАТУРА

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.
3. Ларіонов Г.В. Вторинний алюміній / Г.В. Ларіонов. - М.: Металургія, 1967.-271 с.
4. Мондольфо Л.Ф. Структура і властивості алюмінієвих сплавів / Л.Ф. Мондольф. - Пер. з англ.-М.: Металургія, 1979.-640 с.
5. Немененок Б.М. Теорія і практика комплексного модифікування силумінів / Б.М. Немененок. -Мн.: Технопринт, 1999. - 272 с.
6. Dotsenko Yu. Influence of heterogtneous crystallization conditions of aluminum alloy on its plastic properties / Yu. Dotsenko, V. Selivorstov, T. Selivorstova, N. Dotsenko // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2015. - № 3 (147). - с. 46 - 50. (SCOPUS).

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

7. Effect of Additions of Ceramic Nanoparticles and Gas-Dynamic Treatment on Al Casting Alloys / K. Borodianskiy, V. Selivorstov, Y. Dotsenko, M. Zinigrad // Metals. - Basel, Switzerland, 2015. - Volume 5, Issue 4 (December 2015). – P. 2277-2288. (SCOPUS).
8. Influence of Low-Frequency Vibration and Modification on Solidification and Mechanical Properties of Al-Si Casting Alloy / V. Selivorstov, Y. Dotsenko, K. Borodianskiy // Materials. - Basel, Switzerland, 2017. - Volume 10, Issue 5 (May 2017), 560; doi:10.3390/ma10050560. (SCOPUS, Web of Science).
9. T.M. Kovbasiuk, V.Yu. Selivorstov, Yu.V. Dotsenko, Z.A. Duriagina, V.V. Kulyk, O.M. Kasai, V.V. Voitovych, The effect of the modification by ultrafine silicon carbide powder on the structure and properties of the Al-Si alloy, Archives of Materials Science and Engineering 101/2 (2020), DOI: 10.5604/01.3001.0014.1191, P. 57-62. (SCOPUS).

REFERENCES

1. Kutsova V.Z. Modyfikuvannia aliuminiievykh splaviv / V.Z. Kutsova, O.V. Shvets, T.A. Aiupova // «МОМ». – 2001. – № 1-2. – S. 99-109.
2. Yamshynskyi M.M., Selivorstov V.Iu., Lukianenko I.V., Kyvhylo B.V. Vplyv modyfikuvannia vysokodyspersnym karbidom kremniiu na lyvarni vlastyvosti vtorynnoho splavu systemy Al-Si // Metal ta lyttia Ukrainy №1 (30). – Kyiv, 2022. – S. 77 – 83.
3. Larionov H.V. Vtorynnyi aliuminii / H.V. Larionov. - M.: Metalurhiia, 1967.-271 s.
4. Mondolfo L.F. Struktura i vlastyvosti aliuminiievykh splaviv / L.F. Mondolf. - Per. z anhl.-M.: Metalurhiia, 1979.-640 s.
5. Nemenenok B.M. Teoriia i praktyka kompleksnoho modyfikuvannia syluminiv / B.M. Nemenenok. -Mn.: Tekhnoprynt, 1999. - 272 s.
6. Dotsenko Yu. Influence of heterogtneous crystallization conditions of aluminum alloy on its plastic properties / Yu. Dotsenko, V. Selivorstov, T. Selivorstova, N. Dotsenko // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ, 2015. - № 3 (147). - с. 46 - 50. (SCOPUS).
7. Effect of Additions of Ceramic Nanoparticles and Gas-Dynamic Treatment on Al Casting Alloys / K. Borodianskiy, V. Selivorstov, Y. Dotsenko, M. Zinigrad // Metals. - Basel, Switzerland, 2015. - Volume 5, Issue 4 (December 2015). – P. 2277-2288. (SCOPUS).
8. Influence of Low-Frequency Vibration and Modification on Solidification and Mechanical Properties of Al-Si Casting Alloy / V. Selivorstov, Y. Dotsenko, K. Borodianskiy // Materials. - Basel, Switzerland, 2017. - Volume 10, Issue 5 (May 2017), 560; doi:10.3390/ma10050560. (SCOPUS, Web of Science).
9. T.M. Kovbasiuk, V.Yu. Selivorstov, Yu.V. Dotsenko, Z.A. Duriagina, V.V. Kulyk, O.M. Kasai, V.V. Voitovych, The effect of the modification by ultrafine silicon carbide powder on the structure and properties of the Al-Si alloy, Archives of Materials Science and Engineering 101/2 (2020), DOI: 10.5604/01.3001.0014.1191, P. 57-62. (SCOPUS).

Received 01.02.2024.
Accepted 05.03.2024.

UDC 621.745.55

V. Selivorstov, Yu. Dotsenko, T. Selivorstova

STUDY OF THE EFFECT OF MODIFICATION WITH HIGHLY DISPERSED SILICON CARBIDE ON THE DENSITY AND MACROSTRUCTURE OF CASTINGS FROM THE SECONDARY ALLOY OF THE AL-SI SYSTEM UNDER DIFFERENT THERMOPHYSICAL SOLIDIFICATION CONDITIONS

Presented are the results of research on determining the effect of modification of the secondary aluminum casting alloy of the Al-Si system with highly dispersed silicon carbide of the F1200 brand with a particle size of 1-3 μm in the amount from 0.1 to 0.3 wt.% on the density of the cast metal and the macrostructure of cylindrical castings with a height of 150 mm and with an average diameter of 50 mm, obtained by casting in a metal mold and in a sand-clay mold with the addition of highly dispersed silicon carbide.

Studies of the metal density of castings poured into a metal mold and a sand-clay mold, carried out using hydrostatic weighing of samples on analytical balances, showed the presence of the influence of modification and thermophysical conditions of solidification on the relevant indicators.

In the metal form, the rate of solidification of the alloy is higher and the structure becomes denser (the alloy density of the castings obtained in the sand-clay mold is 2.7% lower compared to the castings obtained in the metal mold). The alloy with the addition of 0.1% SiC and poured into a metal mold has the highest density.

In samples of castings that were cast in a sand-clay mold, with an increase in the amount of SiC, there is almost no significant change in the density of the alloy. The obtained data also indicate that both the method of obtaining castings and modification of the alloy affect its macrostructure. In particular, the macrostructure of the cast secondary alloy of the Al-Si system, which was not subjected to modification and poured into the mold, has a small shrinking sink and scattered porosity throughout the volume of the casting metal and corresponds to the 3rd point on the reference scale.

The macrostructure of castings modified with highly dispersed silicon carbide includes a concentrated deep shrinking sink with coarse cracks in the lower part of the shell. As well as concentrated shrinkage porosity in the upper part of the casting. There are no macrodefects in the lower part of the casting. In general, the macrostructure of castings with 0.1-0.3 wt.% SiC, poured into the mold, corresponds to the 2nd and 3rd sparring points on the reference scale.

ISSN-print 1991-7848
ISSN-online 2707-9457

Studies of the macrostructure of castings cast in a sand-clay mold with silicon carbide modification of 0.1% and 0.3 wt.% showed the presence of concentrated shrinking sink in the upper part of the castings and the presence of gas pores on the side surface, which corresponds to the 1st point for reference scale. The analysis also showed that they do not have a pronounced concentrated shrinking sink and all porosity is concentrated on the outside of the casting, while in the upper part of both castings there is a small concentrated porosity.

Keywords: research, secondary casting alloy of the Al-Si system, modification, silicon carbide, casting, density, macrostructure

Селівьорстов В.Ю., Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро
Доценко Ю.В., Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро
Селівьорстова Т.В., Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро

V. Selivorstov, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
Yu. Dotsenko, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine
T. Selivorstova, Ukrainian State University of Science and Technologies, Dnipro, Ukraine