

**ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ВИСОКОДИСПЕРСНИМ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ
НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА ЩІЛЬНІСТЬ ВТОРИННОГО
АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ СИСТЕМИ AL-SI**

Селівьорстов В.Ю.¹, Селівьорстова Т.В.¹, Доценко Ю.В.¹, Бородянський К.²

¹*Український державний університет науки і технологій, м. Дніпро*

²*Ariel University, Israel*

Сплави системи Al – Si знайшли найбільше поширення серед ливарних алюмінієвих сплавів. Такі сплави характеризуються сприятливим поєднанням механічних і ливарних властивостей. При цьому, виробництво вторинного алюмінію і його сплавів (основним ресурсом є брухт і відходи з великою кількістю шкідливих домішок, що негативно позначається на властивостях виливків), в силу менших енергетичних витрат і викидів у навколишнє середовище, на сьогодні має тенденцію до зростання завдяки наявності достатньої сировинної бази та економічних переваг (насамперед вартості) відносно первинних сплавів. Разом з тим, суттєвим обмежувальним фактором використання вторинних алюмінієвих сплавів для виробництва литих заготовок є низькі показники механічних властивостей, що певною мірою можуть бути нівельовані використанням різних технологічних заходів обробки розплаву, в тому числі, процесу модифікування високодисперсними тугоплавкими домішками [1 - 4].

Зокрема, в даному дослідженні вплив модифікуванням на механічні властивості вторинного алюмінієвого ливарного сплаву (мас. %: 0,528 Mg, 1,124 Cu, 11,539 Si, 84,969 Al, 0,905 Fe, 0,692 Zn, 0,242 Mn) без термічної обробки здійснювали введенням карбиду кремнію марки F1200 фракцією 1 – 3 мкм в кількості 0,1, 0,2, 0,3 мас. %. Для проведення досліджень виготовляли виливки циліндричної форми середнім діаметром 55 мм та висотою 150 мм в піщано-глинистих формах (ПГФ) та в сталевому витряхному кокілі з середньою товщиною стінки 10 мм. Внутрішню поверхню кокілю, підігріту до температури 380 – 400 °С, покривали ливарною фарбою на основі дистен - силіманіту. Температура заливки розплаву 690 – 720 °С. Визначення щільності литого металу, отриманого в сталевій формі та в піщано-глинистій формі, проводили методом гідростатичного зважування зразків у CCl₄.

Встановлено, що міцність немодифікованого сплаву (σ_b) становить 110 - 120 МПа. При вмісті SiC в сплаві від 0,1% до 0,2% показники σ_b підвищуються від 130-145 МПа до 155-166 МПа відповідно. Збільшення вмісту SiC до 0,3%

призводить до зниження значень σ_b в межах 117 - 127 МПа. Показники твердості (НВ): немодифікований сплав - 42 - 43, сплав з вмістом 0,1% SiC - 43 - 44, з вмістом 0,2% SiC - 46 - 47, з вмістом 0,3% SiC - 43 - 44.

Встановлено, що щільність сплаву виливків із вмістом карбиду кремнію 0,1 % становить 2761 кг/м³, а немодифікованого сплаву – 2715 кг/м³. При збільшенні вмісту карбиду кремнію до 0,2 % щільність металу становить 2735 кг/м³. При вмісті SiC 0,3 мас.% щільність сплаву становить 2752 кг/м³. Щільність металу отриманих виливків у піщано-глинистій формі з модифікатором 0,1% SiC становить 2673 кг/м³, з 0,3% SiC - 2676 кг/м³.

Таким чином, встановлено, що межа міцності сплаву поступово зростає зі збільшенням вмісту карбиду кремнію в розплаві і досягає максимальних значень з 0,2 SiC у порівнянні з не модифікованим сплавом при литті в кокіль. При вмісті модифікатора в кількості 0,3% межа міцності знижується (- 23,8%). Визначено, що межа міцності виливків, відлитих в ПГФ при вмісті карбиду кремнію від 0,1% до 0,3% зростає на 17,7МПа (+ 13%). Твердість сплаву, що модифікований 0,2% SiC, вище на 5 % ніж твердість двох попередніх зразків (0,1 та 0,3 % SiC). Щільність сплаву отриманого в кокілі, що модифікований карбідом кремнію в кількості 0,1% зростає на 1,6% у порівнянні з не модифікованим. Щільність металу виливків, отриманих в ПГФ з модифікуванням 0,1% та 0,3% карбиду кремнію, зменшується (- 2,87%) порівняно з виливками, що відлиті в металеву форму.

Література

1. Т.М. 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.
2. 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
3. Влияние комплексного воздействия на свойства алюминиевых литейных сплавов с повышенным содержанием железа затвердевающих в кокиле / Доценко Ю.В., Селиверстов В.Ю., Доценко Н.В., Селиверстова Т.В. // New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics. A collective monograph edited by Marcin Knapieński Series: Monografie Nr 78. 2018 Częstochowa 2018, С. 207-211.
4. 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.

THE EFFECT OF MODIFICATION WITH HIGHLY DISPERSED SILICON CARBIDE ON THE MECHANICAL PROPERTIES AND DENSITY OF THE SECONDARY ALUMINUM ALLOY OF THE AL-SI SYSTEM

Selivorstov Vadym, Selivorstova Tetiana, Dotsenko Yurii, Borodianskyi Kostiantyn

Abstract. The effect of modification on the mechanical properties of the secondary aluminum casting alloy (wt.%: 0,528 Mg, 1,124 Cu, 11,539 Si, 84,969 Al, 0,905 Fe, 0,692 Zn, 0,242 Mn) without heat treatment was determined by the introduction of silicon carbide with a particle size of 1-3 μm in the amount of 0.1, 0.2, 0.3 wt. %. Castings were made in steel molds. It is established that the strength of unmodified alloy (σ_B) is 110 - 120 MPa. When the content of SiC in the alloy from 0.1% to 0.2%, the indicators of σ_B increase from 130-145 MPa to 155-166 MPa, respectively. Increasing the SiC content to 0.3% leads to a decrease in σ_B values in the range of 117 - 127 MPa. Hardness indices (HB): unmodified alloy - 42 - 43, alloy with a content of 0.1% SiC - 43 - 44, with a content of 0.2% SiC - 46 - 47, with a content of 0.3% SiC - 43 - 44. Determination of the density of cast metal obtained in a steel mold and in a sandy-clay form was carried out by the method of hydrostatic weighing of samples in CCl_4 . It has been established that the density of the alloy of castings with a silicon carbide content of 0.1% is 2761 kg/m^3 , and that of the unmodified alloy is 2715 kg/m^3 . With an increase in the silicon carbide content to 0.2%, the density of the metal is 2735 kg/m^3 . With a SiC content of 0.3 wt.%, the density of the alloy is 2752 kg/m^3 . The density of the metal of the castings obtained in the sandy-clay form with the modification of 0.1% SiC is 2673 kg/m^3 , with 0.3% SiC - 2676 kg/m^3 .

Key words: castings, secondary aluminum alloy, modification, dispersed silicon carbide, mechanical properties, density of the metal.

Reference

1. 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.
2. 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
3. Vlyianyie kompleksnoho vozdeistvyia na svoistva aliumynyevukh lyteinukh splavov s povushennum sodержanyem zheleza zatverdevaiushchykh v kokyle / Dotsenko Yu.V.,

Selyverstov V.Iu., Dotsenko N.V., Selyverstova T.V. // New technologies and achievements in metallurgy, material engineering, production engineering and physics. A collective monograph edited by Marcin Knapiński Series: Monografie Nr 78. 2018 Częstochowa 2018, S. 207-211.

4. Iamshynskyi M.M., Selivorstov V.Iu., Lukianenko I.V., Kyvhylo B.V. Vplyv modyfikuvannia vysokodispersnym karbidom kremniuu na lyvarni vlastyvoli vtorynnoho splavu systemy Al-Si // Metal ta lyttia Ukrainy №1 (30). – Kyiv, 2022. – S. 77 – 83.