

Структура і властивості силуміну з міддю, обробленого магнітним полем під час охолодження і тверднення

О. В. Середенко, кандидат технічних наук

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

Постійне магнітне поле з індукцією 0,1 і 0,2 Тл збільшує твердість литого сплаву АК12М2, що тверднув зі швидкістю охолодження, характерною для лиття в піщану форму, до рівня металу затверділого з підвищеною швидкістю, притаманною кокільному литтю. Також знижується глибина міжкристалічної корозії і її коливання відповідно в 2,8 і 3,3 рази (при 0,1 Тл), в 1,3 і 1,9 рази (при 0,2 Тл).

Ливарні сплави на основі системи Al – Si – Cu широко застосовуються в машино- і літакобудуванні для виливків з підвищеною твердістю і міцністю [1].

Одним із засобів впливу на структуру і властивості металевих сплавів є постійне магнітне поле. В роботі [2] представлено огляд сучасних досягнень по впливу постійного магнітного поля на модифікування структури сплавів Al – Si і Al – Cu, виготовлених з чистих компонентів і спрямовано закристалізованих з різними темпами утворення твердої фази. Відзначався складний характер дії поля на фази в залежності від його індукції (В), складу сплаву і темпу формування твердої фази. Окремі дані щодо впливу поля на механічні властивості сплавів, зокрема твердості, також вказують на його неоднозначний характер. Так, порівняно з отриманням сплавів без застосування поля, твердість зливків сплаву Cu-Cr як у литому, так і термообробленому стані зменшувалась [3]; підвищувалась в латуні, бронзі, відлитих у металеві магнітні форми [4] і зливків високолегованої сталі [5], сплаві Al – Si – Mg – Mn у литому і термообробленому стані за режимом Т1 збільшувалась, а за режимом Т6 – зменшувалась [6]. Також є окремі дані щодо підвищення корозійної стійкості композиційних матеріалів (Ni + Al₂O₃) для покриттів, синтезованих під впливом магнітного поля [7].

Метою роботи було дослідження впливу постійного магнітного поля на литу структуру, твердість і стійкість до міжкристалічної корозії силуміну, легovanого міддю.

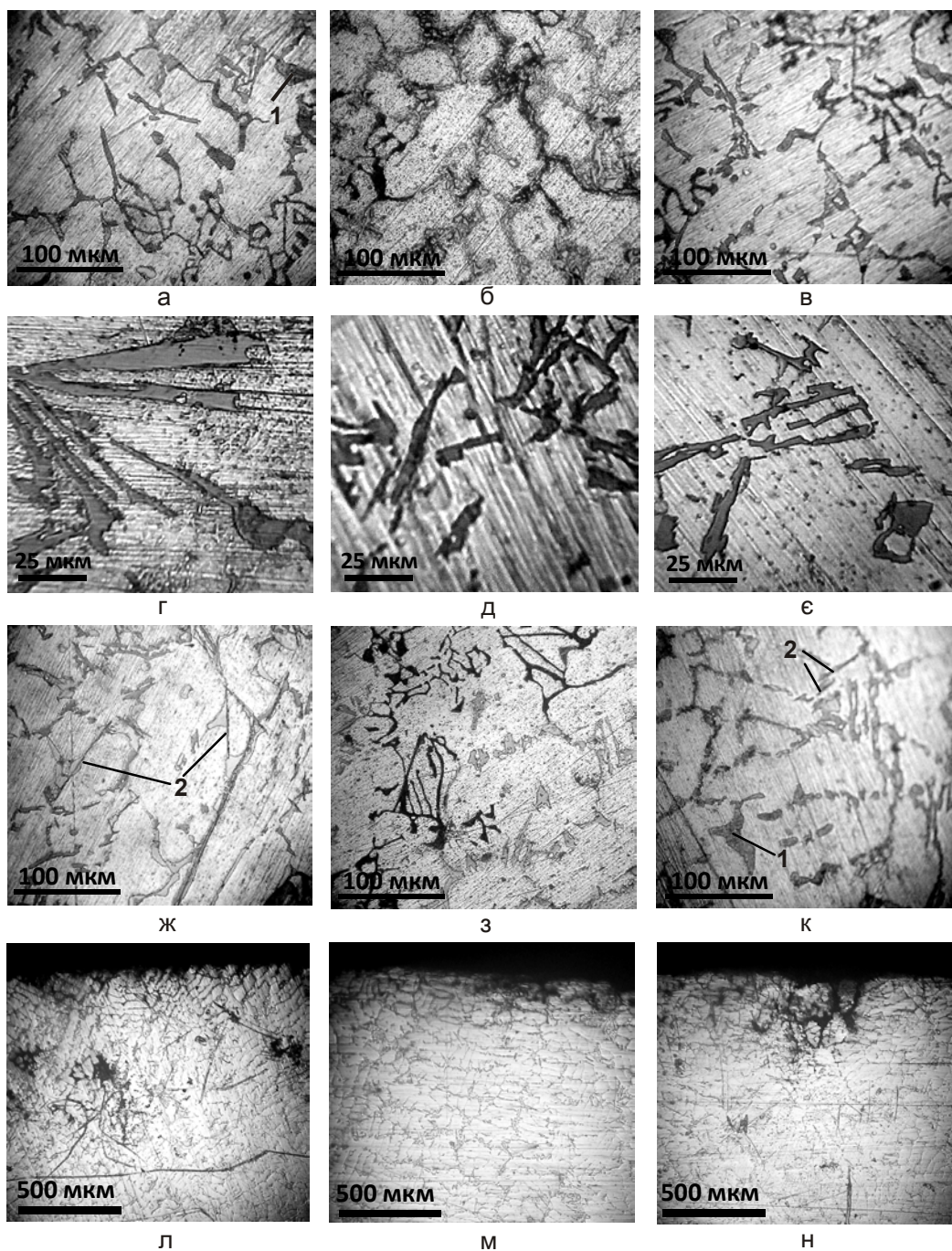
Досліджуваний сплав АК12М2 виплавляли в печі електроопору в алундовому тиглі. Шихтовим матеріалом був чушковий метал. Після термочасової обробки при температурі 800 °С протягом 10 хв розплав заливався в алундові тиглі, розташовані в зазорі електромагніту, де він охолоджувався зі швидкістю ~ 1 °С/с під впливом постійного магнітного поля з В = 0,1 і

0,2 Тл. Контрольні експерименти проводили без дії магнітного поля. Литу структуру сплаву аналізували на шліфах після травлення у реактиві складу 1 % HF, 30 % C₂H₅OH і 69 % H₂O за допомогою мікроскопу для металографічних досліджень METAM-P1. Фази ідентифікували за формою і кольором. Твердість сплаву визначали згідно ГОСТ 9012-59, глибину проникнення міжкристалічної корозії по ГОСТ 9.021-74.

Лита структура сплаву, отриманого без та під дією магнітного поля представлена на рисунку. Зерна і міжзеренні об'єми показано на позиціях а, б, в. Ділянки зразків сплаву з особливостями включень, що виникають в залежності від умов охолодження і тверднення, відображено на позиціях г, д, є, ж, з, к. Аналіз структури сплаву (В = 0 Тл) показав, що вона переважно складалась із зерен α-твердого розчину алюмінію з середнім розміром зерна 60 мкм (рисунок а). Також були наявні евтектичні складові: α + Si (з голчастими та подовженими частками кремнію довжиною до 90 мкм) – рисунок г, α + Si + CuAl₂ (з компактною фазою CuAl₂ протяжністю до 50 мкм). В структурі була присутня незначна кількість α + Si + CuAl₂ + Mg₂Si, доля якої була ~ 5 % в загальній кількості евтектики. Ця складова займала ділянки протяжністю до 50 мкм, що мали плавні контури, її створювали дисперсні включення довжиною до 5 мкм (рисунок а, позначка 1). Залізовмістні інтерметаліди були представлені розгалуженою фазою AlFeSiMn (протяжністю до 130 мкм) – рисунок а і голчастими включеннями AlCuFeSi (довжиною до 100 мкм) – рисунок ж, позначка 2. Твердість даного сплаву складала 61,3 НВ (характерна для виливків, отриманих у піщаних формах). Прилегли до поверхні зразків ділянки сплаву, виготовленого без та із застосуванням магнітного поля, що зазнали дію корозійного середовища, показані на рисунку – позиції л, м, н (нетравлено). Середня глибина міжкристалічної корозії металу при В = 0 Тл становила 672,0 ± 168,0 мкм. Корозійні ураження окрім поверхневого шару формували скупчення під поверхнею зразка (рисунок л).

Накладання постійного магнітного поля на сплав з індукцією 0,1 Тл не вплинуло на середній розмір його зерна і включення CuAl₂ (рисунок а, б). Однак евтектики α + Si + CuAl₂ + Mg₂Si не виявлено. Включення кремнію подрібнились в 1,5 рази (рисунок г, д). Більш, ніж 50 % фази AlFeSiMn з включень розгалуженої форми трансформувались в оболонкові з товщиною ~ 3 – 5 мкм, що огортали зерна сплаву (рисунок б). Решта включень мала вигляд переходу від розгалуженої до оболонкової форми (рисунок з). Кількість включень AlCuFeSi скоротилась ~ на 80 %, а їхня довжина в 6 разів. Подрібнення включень і зміна морфології фази AlFeSiMn сприяла підвищенню твердості сплаву до величини 78,4 НВ, яка є характерною для сплаву АК12М2, отриманого при кокільному литті (70 НВ згідно ГОСТ 1583-93), а також зменшенню глибини проникнення міжкристалічної корозії до 244,8 ± 50,5 мкм в порівнянні зі сплавом, не обробленим магнітним полем. Корозійні ураження були сконцентровані лише у поверхневому шарі на відміну від контрольного зразка, а коливання глибини проникнення корозії знизилась в 3,3 рази (рисунок л, м).

Магнітне поле з індукцією 0,2 Тл мало аналогічну дію поля з В = 0,1 Тл на зерна сплаву та включення кремнію і CuAl₂ (рисунок б, в, д, є). В



Структура сплаву АК12М2, сформована без застосування магнітного поля (а, г, ж) та під впливом поля з індукцією $B = 0,1$ Тл (б, д, з), $B = 0,2$ Тл (в, е, к) і міжкристалічна корозія зразків сплаву, отриманих без обробки магнітним полем (л) і під дією поля з $B = 0,1$ Тл (м), $B = 0,2$ Тл (н).

порівнянні з контрольним сплавом протяжність ділянок евтектики $\alpha + \text{Si} + \text{CuAl}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$ при $B = 0,2$ Тл збільшилась в 1,5 рази (рисунок а, к – позначка 1),

але доля цієї складової зменшилась майже вдвічі. Довжина голчастих утворень AlCuFeSi зменшилась в 3 рази (рисунок ж, к – позначка 2), а кількість на ~ 80 %. Твердість сплаву була 70,1 НВ. Глибина міжкристалічної корозії становила $516,0 \pm 86,2$ мкм, коливання її величини зменшилось в 1,9 рази в порівнянні з контрольним сплавом. Характер корозійних уражень був аналогічним сплаву, отриманому при $B = 0,1$ Тл (рисунок л, м, н).

Таким чином, постійне магнітне поле сприяло підвищенню твердості литого сплаву АК12М2, отриманого при швидкості охолодження, характерної для лиття у піщано-глинясті форми до рівня металу, охолодженого з підвищеною швидкістю, притаманній литтю в кокіль, за рахунок модифікування структури сплаву – зменшення розміру часток кремнію, голчастих включень AlCuFeSi, зміни форми фази AlFeSiMn. Також поле, вірогідно, викликало перерозподіл елементів між фазами, на що вказує відсутність евтектики $\alpha + \text{Si} + \text{CuAl}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$ при $B = 0,1$ Тл, або зменшення її кількості при $B = 0,2$ Тл, скорочення числа включень AlCuFeSi. При цьому можливо збільшення легованості зерен α -твердого розчину алюмінію. Магнітне поле зменшило глибину міжкристалічної корозії сплаву в 2,8 рази ($B = 0,1$ Тл) і 1,3 рази ($B = 0,2$ Тл) і коливання її величини відповідно в 3,3 і 1,9 рази. Цьому, вірогідно, сприяло подрібнення включень кремнію, зменшення кількості $\alpha + \text{Si} + \text{CuAl}_2 + \text{Mg}_2\text{Si}$ і збільшення протяжності AlFeSiMn, що було перешкодою розвитку корозії в найбагатшій міддю фазі CuAl_2 .

Література

1. Курдюмов А.В., Пикунов М.В., Чурсин В.М. Производство отливок из сплавов цветных металлов. – М: Металлургия, 1986. – 416 с.
2. Ren Z. // Journal of Iron and Steel Research International. – 2012. – 19, 1 – 1. – P. 18 – 24.
3. Wang W., Wang E., Zhang L. // Journal of Iron and Steel Research International. – 2012. – 19, 1 – 2. – P. 821 – 825.
4. Левин Г.Е., Матюшенков И.Л. // Литейн. пр-во. – 2001. – № 2. – С. 20 – 22.
5. Yang Y., Liu L., Jiao Y. // ISIJ International. – 1995. – 35, № 4. – P. 389 – 392.
6. Живодёров В.М., Ананченко Т.О. // Литейн. пр-во. – 1986. – № 5. – С. 7 – 8.
7. Wang C., Zhong Y., Ren W. // Proc. 6 th Int. Conf. on Electromagnetic Processing of Materials. – Dresden: Germany, 2009. – P. 499 – 501.

Одержано 13.03.14

Е. В. Середенко

Структура и свойства медистого силумина, обработанного магнитным полем во время охлаждения и затвердевания

Резюме

Постоянное магнитное поле с индукцией 0,1 и 0,2 Тл повышает твёрдость литого сплава АК12М2, затвердевшего со скоростью охлаждения, характерной для лиття в песчаную форму, до уровня металла, закристаллизованного с повышенной скоростью,

достигаемой при кокильном литье. Так же уменьшается глубина межкристаллитной коррозии и её колебания соответственно в 2,8 и 3,3 раза (при 0,1 Тл), в 1,3 и 1,9 раза (при 0,2 Тл).

E. V. Seredenko

Structure and properties of aluminum alloy with silicon and copper, processed by magnetic field during cooling and solidification

Summary

Constant magnetic field with induction of 0.1 and 0.2 T increases hardness of the AK12M2 cast alloy, solidified with cooling rate typical for casting in sand mold, up to level of the alloy crystallized at high cooling rate, achieved in a metallic form. Also this field decreases a depth of intermetallic corrosion and its oscillations, correspondently, in 2.8 and 3.3 times (at 0.1 T), in 1.3 and 1.9 times (at 0.2 T).

УДК 669.017./018:616.314-76/77

Термофізичні властивості сплавів на основі системи нікель-хром для ортопедичної стоматології

В. Г. Іванченко, доктор технічних наук, професор

С. М. Северина, кандидат технічних наук

Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

Визначено коефіцієнти термічного розширення сплавів для виготовлення незнімних литих металокерамічних зубних протезів. Показано, що досліджувані сплави відповідають вимогам, які ставляться до КТР металевої основи ортопедичних сплавів та керамічного покриття. На основі аналізу діаграм стану двокомпонентних систем визначено параметри кристалізації складнолегованих нікель-хромових сплавів.

Одним з важливих розділів ортопедичної стоматології є фізичне матеріалознавство, знання якого дозволяє отримати необхідний рівень фізико-механічних властивостей сплавів для дентальних металевих конструкцій, зокрема тих, які призначені для покриття керамікою (порцеляною).

Металокерамічні протези є індиферентними до організму. При використанні незнімних зубних протезів, облицьованих керамічною масою «Ультропалін», не відбувається суттєвих змін імунобіологічних властивостей слини [1]. Крім того, вони відповідають не тільки функціональним, але також естетичним вимогам.