

та отвором  $\varnothing$  0,44 мм, що виключає проникнення розплаву в середину [1]. Досліджено кінетику утворення розрядження в усадковій раковині виливка у формі куля  $\varnothing$  120 мм та процес твердіння центру кулі зі сплаву Al-Si-Mg у піщано-глинистій формі. Зміна різниці рівня висоти водяних стовпів у U-образному водяному манометрі в центрі усадкової раковини виливка і атмосферним тиском становить 80 мм. На виливку після охолодження та очищення від залишків формувальної суміші зафіксовано утворення утяжини у верхній частині.

Відповідно отриманим експериментальним результатам пропонуємо скорегувати визначення терміну утяжина в ДСТУ 9051:2020 «Утяжина – дефект у вигляді заглибини із закругленими краями на поверхні виливка, яка утворилася внаслідок зсідання металу під час твердіння» [2] на «Утяжина – дефект у вигляді заглибини із закругленими краями на поверхні виливка, який формувався поблизу теплового вузла і усадкової раковини, де виникає розрядження і зсідання металу на частині поверхні виливка з меншою міцністю».

### Список літератури

1. V. Khrychikov, O. Semenov, H. Meniailo, Y. Aftandiliants, S. Gnyloskurenko. The Process of Vacuum Formation in the Shrinkage Cavity at Castings Crystallization. *Archives of Foundry Engineering*. Vol. 2022, Issue 4, 2022, P. 79-84. [The Katowice Branch of the Polish Academy of Sciences](#). Scopus. DOI: [10.24425/afe.2022.143953](#).

2. ДСТУ 9051:2020. Виливки з чавуну і сталі. Дефекти. Терміни та визначення. Начало дії 01.04.2021. С. 15. <http://ptima.kiev.ua> › IRONSTEEL › dstu19200-80.

УДК 669.715:66.067

**Т. Г. Ціп**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*e-mail: [jknd-t@ukr.net](mailto:jknd-t@ukr.net)*

### **ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ РОЗПЛАВУ НА МІКРОСТРУКТУРУ ЗАЕВТЕКТИЧНИХ СИЛУМІНІВ**

Постійне підвищення продуктивності двигунів внутрішнього згорання зумовлює зростання вимог до сплавів, з яких виробляються його вузли та деталі. Силуміни –

алюмінієві сплави, де основним легувальним елементом є кремній. Відмінні ливарні властивості та привабливе співвідношення міцність-вага роблять їх оптимальним матеріалом для автомобільної промисловості. Однією з головних деталей двигуна внутрішнього згоряння є поршень, до якого пред'являються вимоги - легкість, міцність, здатність витримувати значні механічні навантаження і теплові удари, висока зносостійкість робочих поверхонь, низьке тертя при мінімально можливому зазорі в циліндрі.

Найбільшою мірою вище означеним вимогам відповідають поршні, виготовлені з заевтектичних силумінів. Згідно з діаграмою рівноважного стану головними структурними складовими цих сплавів є кристали первинного кремнію та алюмінієво-кремнієва евтектика, розмір та форми росту яких можуть змінюватися при швидкісному охолодженні розплаву, позитивно впливаючи на фізико-механічні характеристики виробу.

У роботі досліджено вплив швидкості охолодження на мікроструктуру заевтектичних силумінів з вмістом кремнію 14, 16,5 та 18 мас. %. Сплави виплавляли в електричній печі опору додаванням до розплаву АК12 (ДСТУ 2839-94) відповідної кількості лігатури Al - 50 % Si. Зміна швидкості охолодження досягалася заливанням розплаву в форми з різними теплофізичними характеристиками. За допомогою аналогово-цифрового перетворювача було побудовано криві охолодження, за якими розраховували швидкість охолодження сплаву в проміжку часу від температури перегріву розплаву до температури ліквідус. Досліджуваний інтервал швидкостей охолодження складав ( $V_{\text{охол}}$ ) 1,0...80 °C/c. Вимірювали середній розмір кристалу (СРК) первинного кремнію (КПК) у сплавах. Зі зростанням швидкості охолодження КПК зменшується від 47..85 мкм при  $V_{\text{охол}} = 2,0$  °C/c до 34...38 при  $V_{\text{охол}} = 51...81$  °C/c (рис.). Слід зауважити, що в діапазоні швидкостей охолодження 51...81 °C/c для КПК зберігається розмірне «плато» (рис. б, в, г).

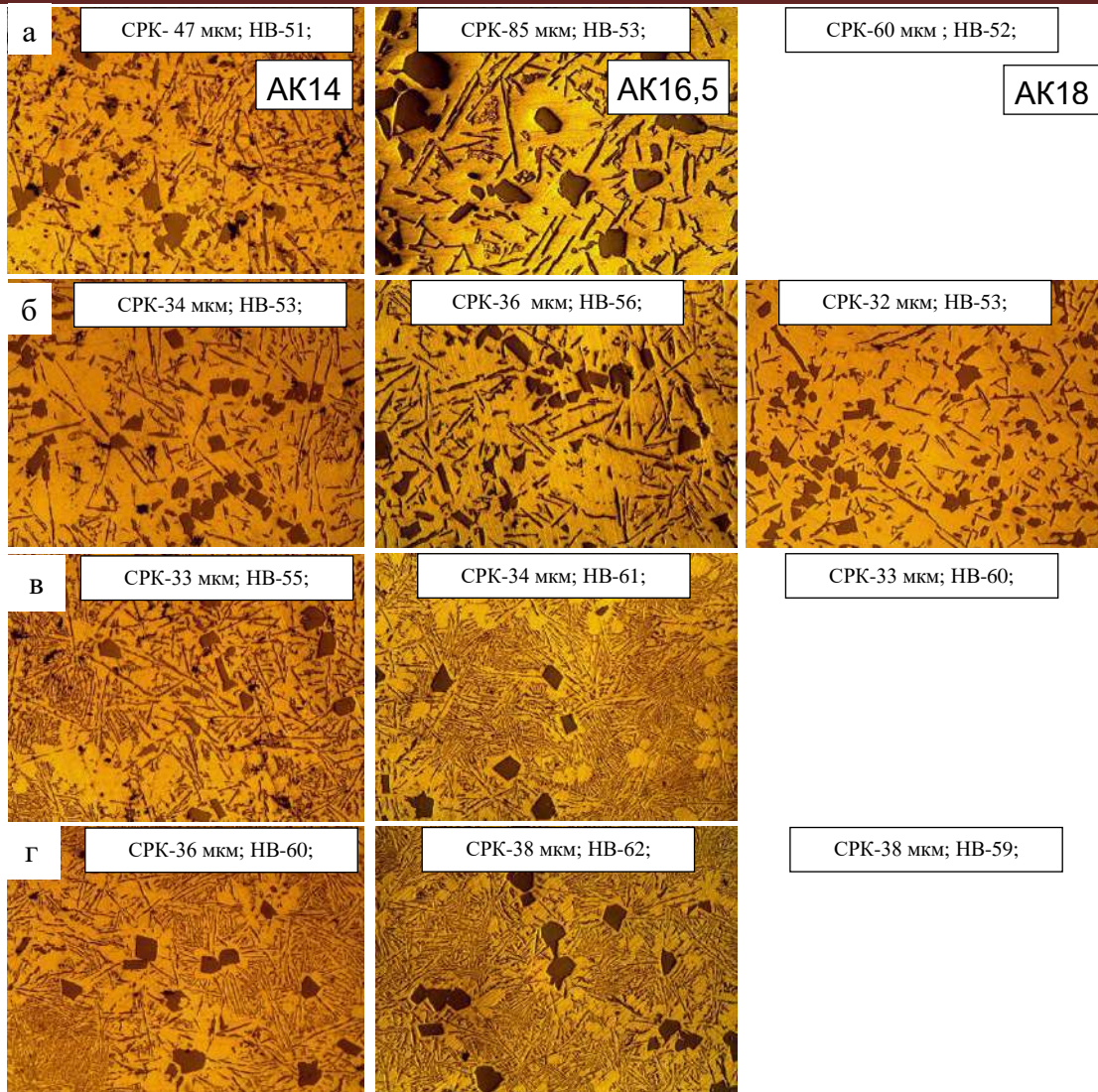


Рис. - Мікроструктура сплавів АК14; АК16,5; АК18 отриманих при різних швидкостях охолодження: ряд а – 2,2 °С/с; б – 51 °С/с; в – 59 °С/с; г – 71 °С/с

Разом з тим, твердість за Брінеллем (НВ) зі збільшенням швидкості охолодження зростає майже прямо пропорційно. Так, різниця значення твердості сплавів при збільшенні швидкості їх охолодження від  $V_{\text{охол}} = 2,2 \text{ } ^\circ\text{C/с}$  до  $V_{\text{охол}} = 51 \text{ } ^\circ\text{C/с}$  складає 2..3 одиниці (рис. а, б), а при зміні  $V_{\text{охол}}$  з  $51 \text{ } ^\circ\text{C/с}$  до  $59$  і  $71 \text{ } ^\circ\text{C/с}$  ця різниця є значно більшою – 5...7 одиниць (рис. б, в, г). Перш за все, це пояснюється зміною розміру та морфології кристалів кремнію в Al-Si евтектиці – від грубого пластинчатого (поперечний переріз  $\delta \sim 4,7 \text{ мкм}$ ) до тонкопластинчатого (поперечний переріз евтектичного кремнію  $\delta \sim 1,2 \text{ мкм}$ ), а також збільшенням об'ємної частки кооперативної евтектики при зменшенні кількості нерівноважного твердого розчину алюмінію. Залишається незначна кількість м'якої алюмінієвої фази навколо кристалів первинного кремнію. Отже, якщо створити умови охолодження вилівки поршня із заевтектичних алюмінієво-кремнієвих сплавів зі швидкістю  $\geq 60 \text{ } ^\circ\text{C/с}$ , його твердість можна підвищити на  $\sim 15 \%$  та покращити

інші фізико-механічні характеристики без додаткового модифікування та мікролегування.

УДК 621.74.045

**І. А. Шалевська, В. С. Дорошенко, М. М. Дьяченко**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

*e-mail:* [doro55v@gmail.com](mailto:doro55v@gmail.com)

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ДИСПЕРСНИХ НЕМЕТАЛЕВИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ АРМУВАННЯ ЛИТИХ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ**

За нашими дослідженнями для оптимального використання ресурсу металу при виливанні в піщаних формах конструкцій з чавуну з кулястим графітом (ЧКГ) рекомендується не перевищувати товщину стінок цих конструкцій понад 30 мм, а при литті в вакуумовану піщану форму - 16 мм [1]. Це досліджено на прикладах стінок виливків люків оглядових колодязів та гідроапаратури. А обмеження по товщині обґрунтовано тим, що до 30 мм переважає перлітна складова ЧКГ, а подальше нарощування товщини стінок при кристалізації виливків в піщаних формах призводить переважно до утворення феритної металевої матриці ЧКГ.

Враховано, що перліт приблизно в 3 рази міцніший за ферит, а збільшення частки перліту дозволяє підвищити механічні властивості ЧКГ на одиницю маси. Також перлітна структура сприятлива для гартування ЧКГ «на бейніт», що суттєво підвищує його механічні властивості. Для вакуумованих піщаних форм завдяки впливу вакууму на тепловідвід «метал-форма» переваги перлітної структури найкраще реалізуються на стінках виливків товщиною до 16 мм в тому числі за рахунок здрібнення кристалічного зерна металу (кристалітів) [2].

Як варіант економії металу при зменшенні маси литої конструкції і її оптимізації з огляду застосування стінок переважно невеликої товщини розроблено спосіб армування стінок неметалевим дисперсним матеріалом, найпростішим з яких для ливарників є спечена піщано-рікоскляна суміш, що недорога за вартістю і проста для приготування в ливарному цеху. Товщини армувальної вставки і стінок чавунного виливка вибираються такими, що ця піщана суміш (у вигляді піщаного стрижня) в процесі виливання стінки гарантовано нагрівається до 800 °С і спікається, утворюючи пригар з внутрішньою поверхнею трубок. Такого виду суміш для стрижневих вставок в тіло виливка