

УДК 621.74:669.715:620.186

А.М. Недужий, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.;
e-mail: onm1ptima@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6259-0312>

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України (Київ, Україна)

НОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС РЕОЛИТТА АЛЮМІНІЄВОГО СПЛАВУ АК7ч ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СЕКЦІЙНОГО ЖОЛОБА

У статті описано новий технологічний процес реолиття алюмінієвого сплаву АК7ч із використанням секційного жолоба. Відзначається, що секційний жолоб складається з двох секцій. Перша секція з U-подібним перетином, призначена для масового зародження великої кількості центрів кристалізації, нахилена під кутом 60° до лінії горизонту. виготовлена з тонкого металу і покрита протипригарною фарбою. Друга секція жолоба — утеплений "карман", являла собою сталевий тонкостінний «стакан», утеплений тонким листовим азбестом, попередньо прожареним в печі опору для видалення з нього вологи. Указана секція жолоба була призначена для уповільнення швидкості охолодження кристалів твердої фази, які утворилися на першій секції жолоба, і для створення сприятливих умов для їх глобуляризації. Зазначено, що новий технологічний процес реолиття полягає в заливці низькоперегрітого ($T_{\text{зал}} = 620^\circ\text{C}$ та $T_{\text{зал}} = 630^\circ\text{C}$) сплаву на нахилену першу секцію жолоба з подальшим надходженням металевої суспензії в його другу секцію — утеплений "карман". При цьому вказується, що після цього в "карман" секційного жолоба вводили турбінну мішалку та здійснювали механічне перемішування металевої суспензії протягом 2–12 с залежно від технологічного режиму. Для контролю температури сплаву на секційному жолобі термопари попередньо встановлювали та закріплювали на вході струменю розплаву на нахилену першу секцію жолоба і на виході з неї перед надходженням металевої суспензії в утеплену утеплений "карман". У статті відзначено, що новий розроблений технологічний процес реолиття забезпечує одержання виливків з недендритною глобулярною структурою первинної фази із алюмінієвого сплаву АК7ч із середнім розміром глобулярних кристалів 38–88 мкм. Зазначено, що одержані виливки мають підвищений рівень пластичності в литому стані без проведення додаткової зміцнюючої термічної обробки. Вказано, що відносне видовження досліджуваного сплаву збільшується з 2 до 9 % при відносному звуженні 10–12 %. При цьому новий технологічний процес реолиття дозволяє підвищити стійкість сталевих кокілів для заливки розплаву на 13–14 % за рахунок зниження температури заливки сплаву на 90–100 °C порівняно з традиційним литтям у кокілі. Зазначено, що новий розроблений процес реолиття не потребує додаткового складного технологічного устаткування для реалізації та значних фінансових витрат на впровадження в сучасних ливарних цехах на підприємствах.

Ключові слова: новий технологічний процес реолиття, секційний жолоб, алюмінієвий сплав, механічне перемішування, металева суспензія, виливок, недендритна глобулярна структура, первинна фаза.

Вступ

В останні десятиріччя в ливарному виробництві алюмінієвих сплавів спостерігаємо поступовий перехід від лиття рідких високоперегрітих сплавів до одержання виливків із частково закристалізованих сплавів. Це зумовлено значними перевагами, які мають твердо-рідкі алюмінієві сплави та одержані з них виливки, а саме: підвищення стійкості ливарної оснастки (сталевих форм) за рахунок знижен-

ня температури заливки сплаву на десятки градусів; підвищення рідкоплинності металевої системи за рахунок глобулярних кристалів твердої фази; зменшення тривалості кристалізації виливка за рахунок вже наявної певної кількості твердої фази в металевій суспензії; зменшення кількості газоусадкових дефектів у виливках; зменшення витрат електроенергії (на перегрівання сплаву); підвищення пластичності виливків за рахунок глобулярної структури кристалів твердої фази; збільшення продуктивності одержання виливків у ливарних цехах та ін. Указані переваги лиття в двофазному стані сприяли розвитку великої кількості методів та способів одержання виливків із частково закристалізованих алюмінієвих сплавів, що розроблені та відомі на сьогоднішній день [1–14]. Так, зокрема, відомим способом одержання недендритної структури у виливках є прямий термічний метод [2, 3]. Він полягає в заливці алюмінієвого розплаву в мідні та сталеві форми з різними внутрішнім діаметром і товщиною стінки з подальшим гартуванням сплаву разом з формою у воді. У результаті при визначених умовах одержують виливки з недендритною структурою. Іншим відомим методом реолиття, який також дозволяє одержувати виливки з недендритною структурою, є SSR-процес [4]. Його суть полягає в обробці певної порції сплаву циліндричним графітовим стрижнем, який обертається в двофазному сплаві та при цьому охолоджується всередині повітрям. Для одержання виливків із недендритною структурою заслуговує на увагу також SEED-процес [6, 7]. Особливість цього процесу полягає в заливці алюмінієвого сплаву в нахилену циліндричну форму, її вертикальному вирівнюванні та подальшому перемішуванні розплаву з ексцентриситетом. Після такої обробки сплаву форму перевертають та запресовують твердо-рідкий сплав у прес-форму машини лиття під тиском. Сутністю методу NRC є заливка розплаву в нахилену форму на початку процесу, що також дозволяє одержувати виливки з недендритною глобулярною структурою первинної фази [8, 9]. У літературі повідомляється, зокрема, про методи формування недендритної структури первинної фази у виливках при використанні водоохолоджуваного жолоба [10, 11] та жолоба без охолодження водою [12]. Незважаючи на велику кількість розроблених методів та способів одержання недендритної структури первинної фази у виливках, реалізація більшості з них вимагає наявності додаткового складного технологічного устаткування. З огляду на це метою роботи було розроблення нового технологічного процесу реолиття, який би забезпечував одержання виливків із недендритною глобулярною структурою первинної фази із алюмінієвого сплаву АК7ч та який би був легким в реалізації.

Матеріали й методика досліджень

Для проведення експериментальних досліджень вибрали промисловий ливарний алюмінієвий сплав марки АК7ч. Досліджуваний сплав розплавляли в чавунному тиглі печі опору, покритому всередині вогнетривкою обмазкою. Температуру сплаву в дослідженнях контролювали з використанням хромель-алюмелевих термопар із діаметром дроту 0,3 мм. Для проведення досліджень було розроблено та виготовлено спеціальну конструкцію металевого жолоба, який складався із двох секцій (рис. 1). Перша секція з U-подібним перетином мала загальну довжину 550 мм, товщину стінки 0,4 мм та нахил 60° до лінії горизонту. Вона призначена для масового зародження великої кількості центрів кристалізації у досліджуваному сплаві. Друга секція— утеплений "карман", являла собою сталевий тонкостінний «стакан», утеплений тонким листовим азбестом, який було попередньо прожарено в печі опору для видалення з нього вологи. Ця секція призначалася для уповільнення швидкості охолодження центрів кристалізації, які утворилися на першій нахиленій секції жолоба з U-подібним перетином та для створення сприятливих умов для глобуляризації кристалів твердої фази. Для заливки розплаву на секційний жолоб використовували заливальний ківш. У ківші попередньо встановлювали й закріплювали термопару для контролю температури заливки розплаву на жолоб.

Термопари встановлювали й закріплювали на вході струменю розплаву на нахилену першу секцію жолоба з U-подібним перетином та на виході з неї, перед над-

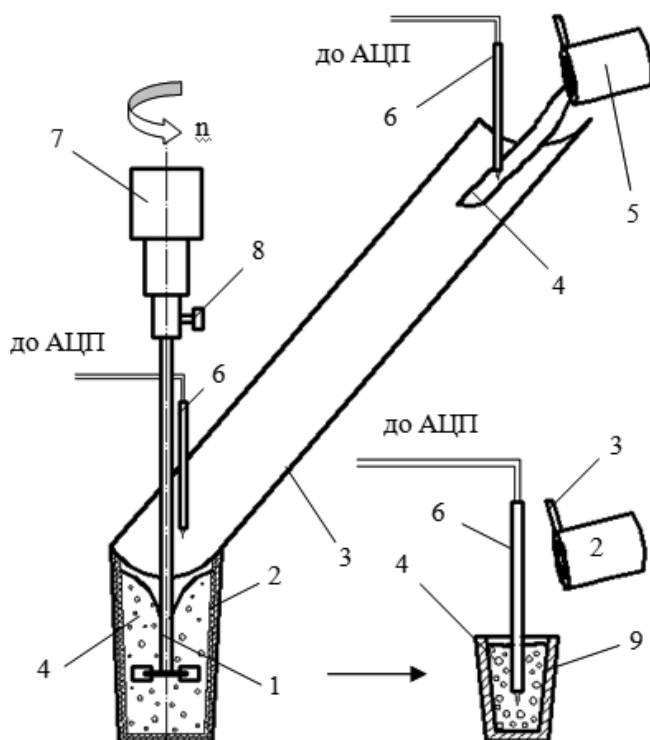


Рис. 1. Схема нового технологічного процесу реолиття з використанням секційного жолоба з утепленим "карманом": 1 — турбінна мішалка; 2 — утеплений "карман" секційного жолоба; 3 — секційний жолоб; 4 — металеві суспензії; 5 — заливальний ківш із розплавом; 6 — термопар; 7 — перемішувач; 8 — затискач; 9 — ливарна форма

ходженням металевих суспензій в утеплений "карман" жолоба. Вільні кінці термопар приєднували до аналого-цифрового перетворювача NI USB-9162 National Instruments (Угорщина), який підключали з використанням порту USB до персонального комп'ютеру. Далі заливальним ковшем із тигля печі відбирали задану порцію розплаву і при досягненні потрібної температури заливки сплаву заливали її на першу нахилену секцію жолоба з U-подібним перетином. З першої секції металеві суспензії надходили в другу секцію — утеплений "карман". Після цього вмикали перемішувач і в утеплену «кишеню» секційного жолоба вводили турбінну мішалку (рис. 2) та здійснювали механічне перемішування металевих суспензій в «кишені» жолоба з постійною швидкістю 200 об./хв. $\pm$ 10 об./хв. Турбінну мішалку попередньо нагрівали в муфельній печі опору до температури 180–250 °С. Експериментальні дослідження проводили за технологічними режимами, наведеними в таблиці. Після механічного перемішування металевих суспензій в утепленому "кармані" жолоба оброблену на секційному жолобі порцію сплаву заливали в ливарну форму. Як ливарну форму використовували сталевий кокіл таких розмірів (мм): верхній внутрішній діаметр — 50; нижній внутрішній діаметр — 40; глибина порожнини форми — 80; товщина стінки — 5.

Для контролю процесу охолодження сплаву у вказаній формі в її порожнині також попередньо встановлювали аналогічну термопару. При досягненні температури розплаву у формі 585–580 °С здійснювали гартування металевих суспензій у водяній ванні. Вага одержаних виливків становила 200–240 г. Із одержаних виливків уперек їх поверхні вирізали темплети та виготовляли шліфи. Металографічні дослідження



Рис. 2. Загальний вигляд турбінної мішалки, яку використовували в новому технологічному процесі реолиття сплаву АК7ч для механічного перемішування металевої суспензії в утепленому "кармані" секційного жолоба

проводили на оптичному мікроскопі МІМ-8М з використанням цифрової камери DCM130. Мікроструктуру сплаву досліджували в центральній частині виливка, на відстані 0,5 радіуса від центру та в приповерхневій зоні виливку.

Результати досліджень та обговорення

Після аналізу одержаних результатів було встановлено, що заливкою алюмінієвого сплаву АК7ч на секційний жолоб довжиною 200 мм від температури заливки 620 °С та подальшому механічному перемішуванні металевої суспензії турбінною мішалкою утепленому "кармані" жолоба протягом 10–12 с одержали виливок із недендритною структурою первинної фази з розміром кристалів 63–135 мкм (рис. 3 а). При литті досліджуваного сплаву на U-подібну частину секційного жолоба довжиною 250 мм від аналогічної температури заливки та перемішуванні суспензії в «кишені» жолоба протягом 5 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою первинної фази із середнім розміром глобулярних кристалів 54–109 мкм (див. рис. 3 б). Заливкою сплаву на секційний жолоб довжиною 300 мм при аналогічній температурі заливки з подальшим механічним перемішуванням металевої суспензії в утепленому "кармані" жолоба впродовж 5 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою фази α -Al з розміром глобуля 55–132 мкм (рис. 3 в). Після заливки досліджуваного сплаву на U-подібну нахилену частину секційного жолоба довжиною 350 мм від аналогічної температури заливки з подальшим перемішуванням суспензії турбінною мішалкою в "кармані" жолоба протягом 5–7 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою первинного

алюмінію із середнім розміром глобуля 38–88 мкм (див. рис. 3 г). Імовірно, одержаний результат можна пояснити тим, що на нахиленій першій секції жолоба утворювалася велика кількість центрів кристалізації. Подальше над-

Таблиця 1

Технологічні режими проведення експериментальних досліджень нового технологічного процесу реолиття алюмінієвого сплаву АК7ч з використанням секційного жолоба

Номер технологічного режиму	Температура заливки, °С	Довжина жолоба, мм	Час перемішування, с	Швидкість перемішування, об./хв.
1	620	200	10–12	200
2	620	250	5	200
3	620	300	5	200
4	620	350	5–7	200
5	630	200	5–6	200
6	630	300	2 3	200
7	630	300	5–6	200
8	620	200	5–6	200
9	612–613	250	5–6	200

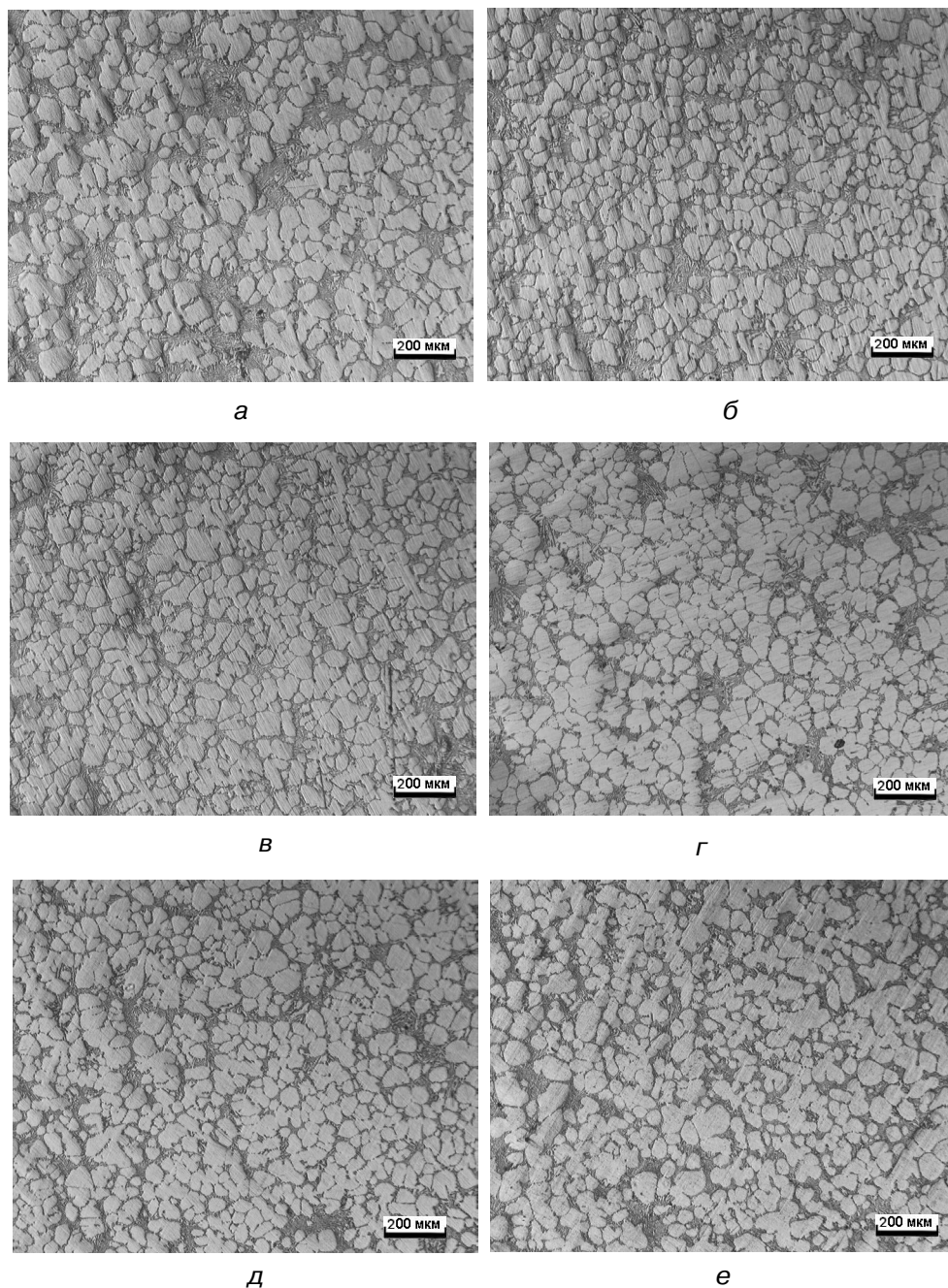


Рис. 3. Мікроструктура виливків із алюмінієвого сплаву АК7ч, одержаних новим технологічним процесом — реолиттям із використанням секційного жолоба при $T_{\text{зал}} = 620^\circ\text{C}$: а — $L = 200$ мм, $\tau = 10 - 12$ с; б — $L = 250$ мм, $\tau = 5$ с; в — $L = 300$ мм, $\tau = 5$ с; г — $L = 350$ мм, $\tau = 5 - 7$ с; д — $L = 200$ мм, $\tau = 5 - 6$ с; е — $L = 250$ мм, $\tau = 5 - 6$ с

ходження металевої суспензії утеплений "карман" жолоба забезпечило її повільне охолодження для попередження дендритного зростання. Механічне перемішування в "кармані" жолоба турбінною мішалкою спричинило утворення додаткових центрів кристалізації з одночасним подрібненням кристалів твердої фази, які були в сплаві раніше. Усе це сприяло одержанню виливка з недендритною глобулярною структурою первинної фази. Заливкою сплаву на секційний жолоб довжиною 200 мм від температури заливки 619°C та подальшому перемішуванні металевої суспензії мішалкою

в утепленому "кармані" жолоба протягом 5–6 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою фази α -Al з розміром глобуля 41–89 мкм (рис. 3 г). При литті сплаву на U-подібну нахилену частину секційного жолоба довжиною 250 мм від температури заливки 612– 613 °С та механічному перемішуванні суспензії в "кармані" жолоба впродовж 5–6 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою первинної фази з розміром глобуля 43–101 мкм (рис. 3 д).

Із підвищенням температури заливки досліджуваного сплаву до 630 °С та литті на секційний жолоб довжиною 200 мм з подальшим механічним перемішуванням металевої суспензії турбінною мішалкою в утепленому "кармані" жолоба протягом 5–6 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою фази α -Al з розміром глобулярних кристалів 38–108 мкм (рис. 4 а). Після заливки алюмінієвого сплаву на нахилену частину секційного жолоба довжиною 300 мм при аналогічній температурі заливки та механічному перемішуванні металевої суспензії турбінною мішалкою в утепленому "кармані" жолоба впродовж 2–3 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою твердого розчину алюмінію з розміром глобуля 41–89 мкм (див. рис. 4 б).

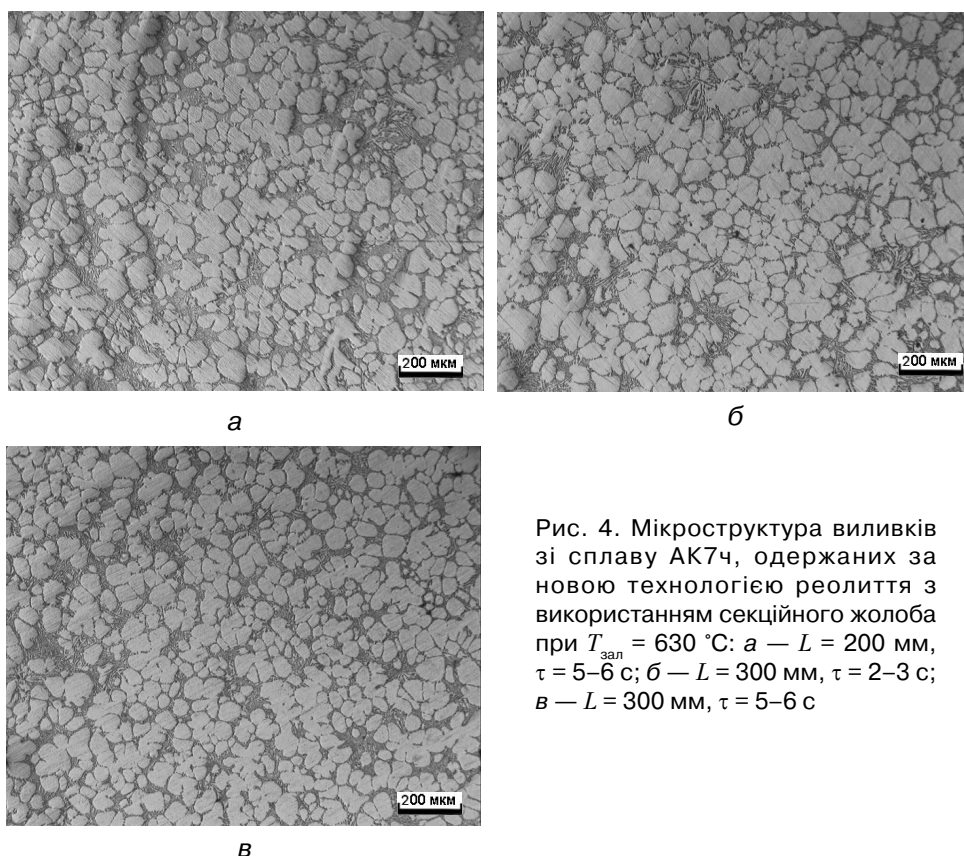


Рис. 4. Мікроструктура виливків зі сплаву АК7ч, одержаних за новою технологією реолиття з використанням секційного жолоба при $T_{\text{зал}} = 630$ °С: а — $L = 200$ мм, $\tau = 5$ –6 с; б — $L = 300$ мм, $\tau = 2$ –3 с; в — $L = 300$ мм, $\tau = 5$ –6 с

При заливці досліджуваного сплаву на U-подібну нахилену частину секційного жолоба довжиною 300 мм від аналогічної температури заливки та подальшому механічному перемішуванні металевої суспензії в утепленому "кармані" жолоба протягом 5–6 с одержали виливок із недендритною глобулярною структурою первинної фази з середнім розміром глобуля 44–81 мкм (рис. 4 в). У виливках, одержаних новим технологічним процесом реолиття з використанням секційного жолоба та подальшим механічним перемішуванням металевої суспензії турбінною мішалкою в утепленому "кармані" жолоба, евтектична складова сплаву, порівняно з гравітаційним литтям в кокіль, є значно дисперснішою і рівномірно розподіленою в структурі сплаву. При цьому розмір евтектичних колоній становив приблизно 100–200 мкм.

Висновки

У роботі розроблено новий технологічний процес реолиття з використанням секційного жолоба, який забезпечує одержання виливків із недендритною глобулярною структурою первинної фази із алюмінієвого сплаву АК7ч з середнім розміром глобулярних кристалів 38–88 мкм. При цьому одержані виливки мають підвищений рівень пластичності в литому стані без проведення додаткової зміцнюючої термічної обробки. Зокрема, відносне видовження досліджуваного сплаву підвищується з 2 до 9 % при відносному звуженні 10–12 %. Наймовірніше, що одержаний результат можна пояснити тим, що на першій секції жолоба в сплаві утворюється велика кількість центрів кристалізації, які повільно зростають в другій секції – утепленому "кармані". Механічне перемішування металевої суспензії турбінною мішалкою в "кармані" жолоба приводить до утворення додаткових центрів кристалізації та подрібнення кристалів твердої фази. Усе це сприяє формуванню недендритної глобулярної структури первинної фази у виливках. Також новий технологічний процес реолиття з використанням секційного жолоба сприяє підвищенню стійкості сталевих кокілів на 13–14 % за рахунок зниження температури заливки сплаву на 90–100 °С, порівняно з гравітаційною заливкою розплаву в кокіль. Нова розроблена технологія реолиття є гнучкою, оскільки вона не потребує додаткового складного спеціального устаткування, великих фінансових витрат на реалізацію, значних виробничих площ у сучасних ливарних цехах на підприємствах та може бути легко впровадженою на них для одержання литої металопродукції із частково закристалізованих алюмінієвих сплавів типу АК7.

Список літератури

- 1 Флемингс М., Мехрабиан Р. Литье полутвердого металла. 40 международный конгресс литейщиков. Ч I. НИИМАШ, Москва. 1975. С. 36–49.
- 2 Browne D.J., Hussey M.J., Carr A.J., Brabazon D. Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure. *International Journal of Cast Metals Research*. 2003. Vol. 16. No. 4. P. 418–426.
- 3 Tajudin M.F.M., Ahmad A.H. and Rashidi M.M. Effects of Direct Thermal Method Processing Parameters on Mechanical Properties of Semisolid A6061 Feedstock. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. 2021. Vol. 18. Issue 1. P. 8585–8591. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.1.2021.17.0652>.
- 4 Юрко Д., Бони Р. Производство отливок высокого качества литьем под давлением по технологии SSR™. *Литейное производство*. 2006. № 8. С. 15–17.
- 5 Борисов Г.П., Дубоделов В.И. Разработка эффективных методов дальнейшего совершенствования процессов рео- и тиксолития алюминиевых сплавов. Материалы II Междунар. науч.-практ. конф. «Литейное производство: технологии, материалы, оборудование, экономика и экология», 19–21 нояб. 2012 г., Киев. С. 46–48.
- 6 Junzhen Gao, Xiaogang Hu, Qiang Zhu, Daquan Li and Yonglin Kang. Cooling Behavior and Microstructure of Semisolid A201 Aluminum Alloy Prepared by the SEED Process. *Metals*. 2019. 9, 922, P. 1–16. doi:10.3390/met9090922.
- 7 Min Luo, Daquan Li, Wenying Qu, Xiaogang Hu, Qiang Zhu and Jianzhong Fan. Mold-Slug Interfacial Heat Transfer Characteristics of Different Coating Thicknesses: Effects on Slug Temperature and Microstructure in Swirled Enthalpy Equilibration Device Process. *Materials*. 2019. 12, 1836, P. 1–12. doi:10.3390/ma12111836.
- 8 Kaufmann H., Uggowitzer P.J. New Rheocasting. *Leichtmetall-Guss für sichere Bauteile in den Automobilen. IT'S T.I.M.E.* 2001. № 1. P. 48–52.
- 9 Torkar M., Breskvar B., Godec M., Giordano P., Chiarmetta G. Microstructure Evaluation of an NRC-Processed Automotive Component. *Materiali in Tehnologije*. 2006. № 2, 40. P. 73–78.

- 10 Budiman H., Omar M.Z., Jalar A., Jaharah A.G. Effect of Water Cooling on the Production of Al-Si Thixotropic Feedstock by Cooling Slope Casting. *European Journal of Scientific Research*. 2009. Vol. 32. No. 2. P. 158–166.
- 11 Mabrouk, W.M., Moussa, M.E., Abdelwahab, S.A. and Ali, A.I. Effect of the pouring temperature on microstructure and tensile properties of A356 aluminum alloy via semisolid casting using slope cooling plate. *The Bulletin Tabbin Institute for Metallurgical Studies (TIMS)*. 2021. Vol. 109, P. 12–24. DOI: 10.21608/TIMS.2021.191363.
- 12 Cardoso Legoretta E., Atkinson H.V., Jones H. Cooling slope casting to obtain thixotropic feedstock. Solidification Processing 07 Proceedings of the 5th Decennial International Conference on Solidification Processing, Sheffield, UK, 23–25 July, 2007. P. 582–586.
- 13 Anders E. W. Jarfors. A Comparison Between Semisolid Casting Methods for Aluminium Alloys. *Metals*. 2020. 10, 1368. P. 1–14. doi:10.3390/met10101368.
- 14 Soumya Sobhan Dash and Daolun Chen. A Review on Processing–Microstructure–Property Relationships of Al-Si Alloys: Recent Advances in Deformation Behavior. *Metals*. 2023. 13, 609, P. 1–64. <https://doi.org/10.3390/met13030609>.

References

- 1 Flemings M., Mehrabian R. (1975). Semi-solid metal casting. 40th International Foundry Congress. Part I. NIIMASH, Moscow. P. 36–49 [in Russian].
- 2 Browne D.J., Hussey M.J., Carr A.J., Brabazon D. (2003). Direct thermal method: new process for development of globular alloy microstructure. *International Journal of Cast Metals Research*. Vol. 16. No. 4. P. 418 – 426.
- 3 Tajudin M.F.M., Ahmad A.H. and Rashidi M.M. (2021). Effects of Direct Thermal Method Processing Parameters on Mechanical Properties of Semisolid A6061 Feedstock. *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*. Vol. 18. Issue 1. P. 8585–8591. <https://doi.org/10.15282/ijame.18.1.2021.17.0652>.
- 4 Yurko J., Boni R. (2006). Production of high-quality castings by die casting using SSR™ technology. *Foundry production*. № 8. P. 15–17 [in Russian].
- 5 Borisov G.P., Dubodelov V.I. (2012). Development of effective methods for further improvement of the processes of rheo- and thixocasting of aluminum alloys. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference «Foundry production: Technologies, Materials, Equipment, Economics and Ecology», November 19–21, 2012, Kyiv. P. 46–48. [in Russian].
- 6 Junzhen Gao, Xiaogang Hu, Qiang Zhu, Daquan Li and Yonglin Kang. (2019). Cooling Behavior and Microstructure of Semisolid A201 Aluminum Alloy Prepared by the SEED Process. *Metals*. 9, 922, P. 1–16 doi:10.3390/met9090922.
- 7 Min Luo, Daquan Li, Wenying Qu, Xiaogang Hu, Qiang Zhu and Jianzhong Fan. (2019). Mold-Slug Interfacial Heat Transfer Characteristics of Different Coating Thicknesses: Effects on Slug Temperature and Microstructure in Swirled Enthalpy Equilibration Device Process. *Materials*. 12, 1836, P. 1–12. doi:10.3390/ma12111836.
- 8 Kaufmann H., Uggowitzer P.J. (2001). New Rheocasting. *Leichtmetall-Guss für sichere Bauteile in den Automobilen. IT'S T.I.M.E.* № 1. P. 48–52 [in German].
- 9 Torkar M., Breskvar B., Godec M., Giordano P., Chiarmetta G. (2006). Microstructure Evaluation of an NRC-Processed Automotive Component. *Materiali in Tehnologije*. № 2, 40. P. 73–78.
- 10 Budiman H., Omar M.Z., Jalar A., Jaharah A.G. (2009). Effect of Water Cooling on the Production of Al-Si Thixotropic Feedstock by Cooling Slope Casting. *European Journal of Scientific Research*. Vol. 32. No. 2. P. 158–166.
- 11 Mabrouk, W.M., Moussa, M.E., Abdelwahab, S.A. and Ali, A.I. (2021). Effect of the pouring temperature on microstructure and tensile properties of A356 aluminum alloy via semisolid casting using slope cooling plate. *The Bulletin Tabbin Institute for Metallurgical Studies (TIMS)*. Volume 109, P. 12–24. DOI: 10.21608/TIMS.2021.191363.

- 12 Cardoso Legoretta E., Atkinson H.V., Jones H. (2007). Cooling slope casting to obtain thixotropic feedstock. *Solidification Processing 07 Proceedings of the 5th Decennial International Conference on Solidification Processing*, Sheffield, UK, 23–25 July, 2007. P. 582–586.
- 13 Anders E. W. Jarfors. (2020). A Comparison Between Semisolid Casting Methods for Aluminium Alloys. *Metals*. 10, 1368. P. 1 – 14. doi:10.3390/met10101368.
- 14 Soumya Sobhan Dash and Daolun Chen. (2023). A Review on Processing–Microstructure–Property Relationships of Al-Si Alloys: Recent Advances in Deformation Behavior. *Metals*. 13, 609, P. 1–64. <https://doi.org/10.3390/met13030609>.

Одержано / Received 05.08.2026

Прийнято / Accepted 27.08.2026

Опубліковано / Published 07.09.2026

A.M. Neduzhyi, PhD (Engin.), Senior Research Scientist;

e-mail: onmlptima@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-6259-0312>

Physico-Technological Institute of Metals and Alloys of the National Academy of Sciences of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

A NEW TECHNOLOGICAL PROCESS OF RHEOCASTING ALUMINUM ALLOY AK7ч USING A SECTIONAL COOLING SLOPE

This article describes a new technological process of rheocasting AK7ч aluminum alloy using a sectional cooling slope. It is noted that the sectional cooling slope consists of two sections. The first section, with a U-shaped cross-section, is designed for the mass nucleation of a large number of crystallization centers and is inclined at an angle of 60 ° to the horizontal. This section of the cooling slope was made of thin metal and coated with non-stick paint. The second section of the cooling slope an warmed «pocket» was a thin-walled steel «cup» warmed with thin asbestos sheets pre-baked in a resistance furnace to remove moisture. The specified section of the cooling slope was designed to slow the cooling rate of solid phase crystals that formed in the first section of the cooling slope and to create favorable conditions for their globularization. It is noted that the new rheocasting process involves pouring low-superheated ($T_{\text{pour}} = 620\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $T_{\text{pour}} = 630\text{ }^{\circ}\text{C}$) alloy onto the inclined first section of the cooling slope, followed by the metal slurry entering the second section of the cooling slope an warmed «pocket». It is also noted that a turbine mixer was then inserted into the «pocket» of the sectional cooling slope, and the metal slurry was mechanically stirred for 2 to 12 seconds, depending on the process conditions. To monitor the alloy temperature in the sectional cooling slope, thermocouples were pre-installed and secured at the melt stream's inlet and outlet on the inclined first section of the cooling slope, before the metal slurry entered the warmed «pocket» of the cooling slope. The article notes that the newly developed rheocasting process enables the production of castings with a non-dendritic globular primary phase structure from AK7ч aluminum alloy with an average globular crystal size of 38–88 μm . The resulting castings are noted to have increased ductility in the as-cast condition without additional strengthening heat treatment. The relative elongation of the studied alloy is reported to increase from 2 to 9 %, with a relative reduction of 10–12 %. It was also noted that the new rheocasting process increases the durability of steel molds for melt casting by 13–14 % by reducing the alloy pouring temperature by 90–100 $^{\circ}\text{C}$ compared to traditional mold casting. It is also noted that the newly developed rheocasting process does not require additional complex technological equipment for its implementation and does not require significant financial costs for implementation in modern foundries at enterprises.

Keywords: new technological process of rheocasting, sectional cooling slope, aluminum alloy, mechanical stirring, metal suspension, casting, non-dendritic globular structure, primary phase.