

1. Волочко А.Т., Шегидевич А.А., Королев С.П., Галушко А.М. Анализ структурообразования силуминов // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. Серыя Фізіка-Тэхнічных Навук. – 2013. – № 3. – С. 18 – 24.
2. Быков К.П., Шленчик Т.А. Автомобили «Таврия», «Славута» ЗАЗ-1102, ЗАЗ-1103, ЗАЗ-1105 и их модификации. Устройство, эксплуатация, ремонт, пособие по ремонту/ Ред. Т. А. Шленчик. – ПКФ «Ранок», 2006. – 256 с.:ил.
3. Могилатенко В.Г., Євтушенко Н.С., Власюк І.А. Кінетика кристалізації заевтектичного силуміну КС740 при модифікуванні розплаву фторцирконатом калію і нітридами титану // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2010. – № 3 (20). – С. 185 – 188.
4. Краев Б.А., Садоха М.А., Мельников А.П., Бондарик Н.Е., Гутко В.И. Технология и оборудование для литья поршней // Литье и металлургия. – 2001. – № 4. – С. 52 – 54.
5. <https://auto.today>.
6. Цуркин В.Н., Иванов А.В., Федченко Н.А., Череповский С.С., Васянович Н.А., Фещук М.Л. Кондукционная электротоксовая обработка расплава сплава А390 // Процессы литья. – 2014. – № 6. – С. 33 – 41.
7. Марукович Е.И., Стеценко В.Ю., Баранов К.Н. Исследование литья полых заготовок из силумина АК18 методом намораживания на водоохлаждаемом стержне // Литье и металлургия. – 2011. – № 3 (62). – С. 65 – 67.

УДК 621.74:669.715:629.7

**А. М. Недужий, А. Г. Пригунова**

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

[onmlptima@ukr.net](mailto:onmlptima@ukr.net)

### **ВИКОРИСТАННЯ ВИСОКОМІЦНИХ ЛИВАРНИХ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ В ПРОМИСЛОВОСТІ**

В промисловості та, зокрема, в авіабудуванні широко використовуються високоміцні ливарні алюмінієві сплави наступних систем: Al-Cu-Mn-Cd-Ti (АМ4,5Кд (ВАЛ10), ВАЛ14, ВАЛ18), Al-Cu-Mn-Si (ВАЛ15), Al-Si-Cu (ВАЛ8 (АК8МЗч)), Al-Si-Cu-Ni (ВАЛ6), Al-Zn-Mg-Cu (ВАЛ12), Al-Mg (ВАЛ16, ВАЛ19), Al-Cu-Mg (ВАЛ20) та ін. [1-10]. Сплави на

основі системи Al-Cu (наприклад, ВАЛ1 та ВАЛ10) мають широкий температурний інтервал кристалізації. В структурі цих сплавів мало евтектичної складової, тому це визначає їх понижені ливарні властивості: низьку рідкоплинність; велику лінійну усадку (1,25 – 1,35 %) і схильність до утворення гарячих тріщин [1]. В кінці 70-х років в ливарних цехах алюмінієвого виробництва широко використовували перші високоміцні сплави ВАЛ1 та ВАЛ5 (АЛ34) [2]. На основі системи Al-Cu-Mn-Cd були розроблені сплави ВАЛ10 (АМ4,5Кд) і ВАЛ14, а на основі системи Al-Mg-Zn – ВАЛ12. При цьому вказується, що сплав ВАЛ12 – найбільш високоміцний серед існуючих ливарних сплавів. Найбільш розповсюдженим в ливарних цехах авіабудівних підприємств є сплав АМ4,5Кд (ВАЛ10). Сплав ВАЛ8 (АК8МЗч) характеризується значеннями  $\sigma_B = 350 - 400$  МПа,  $\delta = 4,0 - 6,0$  % та має високу герметичність [3, 8]. Відзначається, що найбільш перспективними є сплави ВАЛ12, ВАЛ14, ВАЛ16 [4]. Найбільш високоміцний ливарний сплав ВАЛ12 (Al-Zn-Mg-Cu) може успішно конкурувати не тільки з алюмінієвими сплавами, що деформуються, але і з маловуглецевими сталями, бронзами та латунями. Температура експлуатації деталей із сплаву ВАЛ12 може досягати 200 °С (тривалий час) і 250 °С (короткочасно). Високоміцний і жароміцний сплав ВАЛ14 (Al-Cu-Mn) має високі характеристики міцності і пластичності, які необхідні для виливків, що несуть динамічні та вібраційні навантаження. Корозійностійкий сплав ВАЛ16 (Al-Mg), який зварюється, призначений для виробництва виливків, які працюють при тривалих нагріваннях (до 150 °С) і за різних кліматичних умовах експлуатації. Сплав АМ4,5Кд (ВАЛ10) системи Al-Cu-Mn-Cd-Ti найбільш широко застосовується в авіа- та ракетобудуванні [5]. Алюмінієвий сплав ВАЛ14 є універсальним високоміцним і жароміцним (до 350 °С) ливарним сплавом широкого застосування. Заслуговує також уваги розробка ВІАМ оригінального високожароміцного сплаву ВАЛ18, робочі температури якого сягають до 400 – 450 °С.

Висока міцність і пластичність високоміцного алюмінієвого сплаву АМ4,5Кд дозволяє застосовувати його в якості конструкційного матеріалу для силових деталей, які несуть великі навантаження [6]. На механічні властивості, макро- та мікроструктуру сплаву АМ4,5Кд (ВАЛ10) значно впливають температура заливки металу і вологість піщаних форм. Збільшення вмісту заліза вище 0,1 – 0,11 % різко знижує пластичність та міцність сплаву АМ4,5Кд. Мідь, кадмій і титан при вмісті вище 4,6 %, 0,18 %, 0,21 %, відповідно, знижують пластичність сплаву та збільшують його міцність [6]. На основі системи Al-Cu одержані сплави, які об'єднують високу міцність при нормальних і при підвищених температурах. Ці сплави мають у порівнянні з силумінами та магнієвими

сплавами недоліки, які полягають в порівняно низькій корозійній стійкості і низьких ливарних властивостях. Сплав АМ4,5Кд (ВАЛ10) необхідно застосовувати в конструкціях летальних апаратів, в сильно навантажених вузлах. Виливки із сплавів АМ4,5Кд (ВАЛ10) і ВАЛ14 знаходять застосування в аерокосмічному комплексі [7]. В роботі [9] вказується, що високоміцні і жароміцні ливарні алюмінієві сплави системи Al-Cu є затребуваними в промисловості матеріалами, особливо для галузей високотехнологічного машинобудування (авіабудування, енергетика, транспорт), де часто потрібно поєднати можливість одержання крупногабаритної деталі з можливістю її тривалої експлуатації в умовах підвищених статичних і ударних навантажень при температурах до 300 °С. Одним із найбільш широко використовуваних (як за обсягами, так і за різноманітністю сфер застосування) сплавів системи Al-Cu є сплав АМ4,5Кд [9]. З метою покращення експлуатаційних характеристик були розроблені сплави ВАЛ16 і ВАЛ19, які мають стабільні властивості та температуру експлуатації 140 та 125 °С відповідно. Сплав ВАЛ20 системи Al-Cu-Mg – високоміцний технологічний сплав, який призначений для лиття в піщані форми фасонних виливків складної конфігурації [10].

Високоміцні ливарні алюмінієві сплави, зокрема, сплав АМ4,5Кд (ВАЛ10), широко використовується в авіабудуванні, енергетиці, транспорті, для виготовлення силових деталей, що несуть великі навантаження. При цьому в ливарному виробництві набули також широкого використання високоміцні ливарні алюмінієві сплави: ВАЛ11; ВАЛ12; ВАЛ14; ВАЛ15; ВАЛ16; ВАЛ18; ВАЛ19 та ВАЛ20. Вказані алюмінієві сплави зазвичай використовують в аерокосмічному комплексі. Високоміцні ливарні алюмінієві сплави зазвичай мають низькі ливарні властивості та низьку корозійну стійкість, а також мають підвищену схильність до утворення гарячих тріщин.

### Список літератури

1. Высокопрочные литейные алюминиевые сплавы. Строганов Г.Б. М.: «Металлургия», 1985. 216 с.
2. Михаленков К.В. Некоторые технологические особенности получения отливок из сплава АМ4,5Кд / К.В. Михаленков, В.Г. Могилатенко, Д.Ф. Чернега, А.А. Жаркая // Процессы литья. – 1999. – № 1. – С. 49-56.
3. Рогов В.А., Соловьев В.В., Копылов В.В. Новые материалы в машиностроении: Учеб. пособие. – М.: РУДН, 2008. – 324 с.
4. Черкасов В.В., Заварзин И.А. Литейные алюминиевые и магниевые сплавы для авиационного машиностроения. 1993, ВИАМ/1993-201268, 9 с.

5. Лебедев В.М., Корнышева И.С. Перспективы производства и расширение применения алюминиевых отливок в авиационно-космической технике. 2001, ВИАМ/2001-203480, 9 с.
6. Муравьев В.И. Особенности получения качественных отливок из высокопрочного алюминиевого сплава АМ4,5Кд (ВАЛ10) / В.И. Муравьев, В.И. Якимов, М.А. Заплетин, А.И. Евстигнеев, Ри Хосен // Литейщик России. – 2003. – № 1. – С. 9-14.
7. Шеметев Г.Ф. Алюминиевые сплавы: составы, свойства, применение. Учебн. пособ. по курсу «Производство отливок из сплавов цветных металлов». Часть I (Электронный ресурс). Санкт-Петербург, 2012. 150 с.
8. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: Навч. посібник / А.М. Верховлюк, А.В. Нарівський, В.Г. Могилатенко / За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 224 с.
9. Дубоделов В.И. Роль электромагнитных воздействий в процессах получения сплава типа ВАЛ10, не содержащего кадмий. Сообщение 1 / В.И. Дубоделов, В.Н. Фиксен, А.В. Яценко, Н.А. Слажнев, Ю.П. Скоробагатько, М.С. Горюк // Процессы литья. – 2013. – № 6. – С. 48-55.
10. Огородов Д.В., Трапезников А.В., Попов Д.А., Пентюхин С.И. Развитие литейных алюминиевых сплавов в ВИАМ // Труды ВИАМ. – 2017. – № 2 (50). – С. 107 – 114.

УДК 669.141.246:620.178.16

**В. Г. Новицький<sup>1</sup>, В. А. Локтіонов-Ремізовський<sup>1</sup>, В. Л. Лахненко<sup>1</sup>,  
В. В. Тихонович<sup>2</sup>, І. В. Олексенко<sup>1</sup>, Н. В. Кир'якова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

<sup>2</sup>Інститут металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України, Київ

*e-mail: [v\\_novytskyy@ukr.net](mailto:v_novytskyy@ukr.net)*

### **ЗНОШУВАННЯ ЛИТИХ ЗАЕВТЕКТОЇДНИХ СТАЛЕЙ З МАТРИЧНИМ МАСТИЛОМ В УМОВАХ СУХОГО ТЕРТЯ**

Підвищення надійності та довговічності машин та механізмів безпосередньо пов'язане з підвищенням трибологічних характеристик вузлів тертя. Це можна досягти за рахунок підвищення зносостійкості матеріалів пари тертя та застосування більш досконалих композицій мастильних матеріалів. Для поліпшення службових характеристик рідких та пластичних мастил часто застосовують графіт та/або мідь, які у вигляді