

УДК 661.74:669.14.046.554

А.А. Кулініч

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРНО-ЧАСОВИХ ПАРАМЕТРІВ ОБРОБКИ РОЗПЛАВУ ТА ШВИДКОСТІ ОХОЛОДЖЕННЯ НА СТРУКТУРУ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВІВ АМg6л ТА АМg11

Task of this work – to explore influencing of temperature and time of self-control in the liquid state and cooling speed during crystallization on a structure and mechanical properties of casting alloys of АМg6л that АМg11. Melting conducted in the stove of resistance in graphite crucible. Used the following materials: aluminium of sort of А99, ligature of Al–Mg, Al–Zr, Al–Be, Al–Ti, Al–Si. Metallic fusions of the explored alloys maintained at different temperatures and time of self-control, whereupon poured out in moulds of different kinds. Speed of cooling of fusion was regulated by the selection of material and thickness of walls of mould. On the got cast standard standards by a diameter 10 мм. determined mechanical properties of the explored alloys. It is set that optimization of temperature and time of self-control in the liquid state allows to promote the level of durability on the break of alloys of АМg6л and АМg11 accordingly on 16 and 21 %. Thus, the values of the relative lengthening of alloys are multiplied in 1,5–3,0 time. It is rotined that increase of cooling speed during crystallization from 0,5 to 4,5 C/c allows to decrease the size of corn of aluminium sosoloid for the alloy of АМg6л in 2 times, and for the alloy of АМg11 in 1,8 times.

Вступ

Ливарні сплави системи Al–Mg характеризуються високим рівнем корозійної стійкості, пластичності, в'язкості, добре зварюються. Вони використовуються в суднобудуванні та інших галузях для отримання деталей, які працюють у вологій атмосфері, прісній і морській воді [1–5].

До промислових сплавів цієї системи належать сплави АМg6л і АМg11, які використовують як після лиття, так і після термічної обробки [1].

Властивості багатокомпонентних сплавів, таких як АМg6л і АМg11, залежать від хімічного та фазового складу, структури і технологічних методів обробки (термічного, хімічного, фізичного, механічного), тому питання легування та розроблення раціональної технології їх обробки мають вирішуватися разом.

Важливими чинниками, які впливають на кінцеву структуру та властивості ливарних сплавів системи Al–Mg, є температура та час витримки розплаву. Ці технологічні параметри можуть впливати на ці сплави таким чином:

1. Підвищення температури та часу витримки розплаву викликає зростання швидкості окислення сплавів системи Al–Mg (швидкість окислення зростає разом із підвищенням температури розплаву) [1, 2]. Також при значному перегріві розплаву вище температури плавлення спостерігається значний угар маг-

нію, який є головним легувальним елементом у цих сплавах.

2. При невеликому перегріві розплаву вище за температуру плавлення зберігаються активовані підкладки, які можуть бути центрами кристалізації при його охолодженні. При збільшенні температури перегріву кількість активованих підкладок зменшується.

3. Деякий перегрів розплаву вище за температуру плавлення потрібен, тому що при цьому швидше проходить рівномірний перерозподіл елементів у рідині та може бути усунено (коли це потрібно) “негативний” зв'язок між структурою шихти та структурою і властивостями отриманого з них сплаву.

Як відомо [1–3, 5], основним чинником, що впливає на структуру металів і сплавів під час кристалізації, є швидкість охолодження, яка регулюється зовнішніми умовами охолодження й основними параметрами кристалізації. Разом із застосуванням оптимальних температурно-часових параметрів обробки сплавів у рідкому стані правильно підібрана швидкість охолодження сплаву може бути додатковим резервом підвищення його фізико-механічних властивостей.

Постановка задачі

Мета роботи – дослідити вплив температурно-часових параметрів обробки в рідкому стані та швидкості охолодження при кристалізації на структуру і механічні властивості ливарних сплавів АМg6л та АМg11.

Методика досліджень

Об'єктами дослідження є ливарні сплави АМг6л і АМг11.

Хімічний склад сплаву АМг6л змінювали в таких межах: Mg = 6–7 %, Zr = 0,15 %, Be = 0,05 %, Ti = 0,1 %. Вміст домішок у сплаві: Mn ≤ 0,05 %, Cu ≤ 0,03 %, Zn ≤ 0,06 %, Fe, Si ≤ 0,1 %.

Хімічний склад сплаву АМг11 змінювали в таких межах: Mg = 10,5–13,0 %, Ti = 0,05–0,15 %, Be = 0,03–0,07 %, Si = 0,8–1,2 %. Вміст домішок в сплаві: Zn ≤ 0,1 %, Fe ≤ 0,4 %.

Плавки проводили в лабораторній печі опору в графітошамотному тиглі. Використовували такі шихтові матеріали: алюміній марки А99, лігатури Al–Mg, Al–Zr, Al–Be, Al–Ti, Al–Si. В тиглі розплавляли алюміній і лігатуру Al–Be. Після їх розплавлення вводили лігатури Al–Zr, Al–Ti, Al–Si. Після розплавлення шихтових матеріалів і перемішування розплаву вводили лігатуру Al–Mg. Далі розплав витримували при різних температурах і часі витримки та розливали в різного типу виливниці. Швидкість охолодження розплаву регулювали за допомогою підбору матеріалу та товщини стінок виливниці.

На отриманих литих стандартних зразках діаметром 10 мм визначали механічні властивості досліджуваних сплавів (тимчасовий опір розриву, межу плинності, відносне подовження). Випробування механічних властивостей проводили на розривній машині TIRA–TEST за стандартними методиками. Середні квадратичні відхилення значень механічних властивостей перебували в межах: σ_B – ± 20 МПа, $\sigma_{0,2}$ – ± 10 МПа, δ – ± 15 %.

Мікрорентгеноспектральний аналіз проводили із використанням растрового електронного мікроскопа РЕММА–101А. Хімічний аналіз зразків досліджуваних сплавів здійснювали з використанням методу оптичної спектроскопії випаровуючим розрядом.

Якісний і кількісний металографічний аналіз виконано на мікроскопі NEOFOT–31. Рентгенографічне дослідження проводили в Cu-характеристичному випромінюванні із застосуванням дифрактометра ДРОН–413.

Експериментальна частина

На першому етапі досліджень встановлено вплив температури та часу витримки розплаву на механічні властивості сплавів АМг6л і АМг11. Результати досліджень наведено на рис. 1.

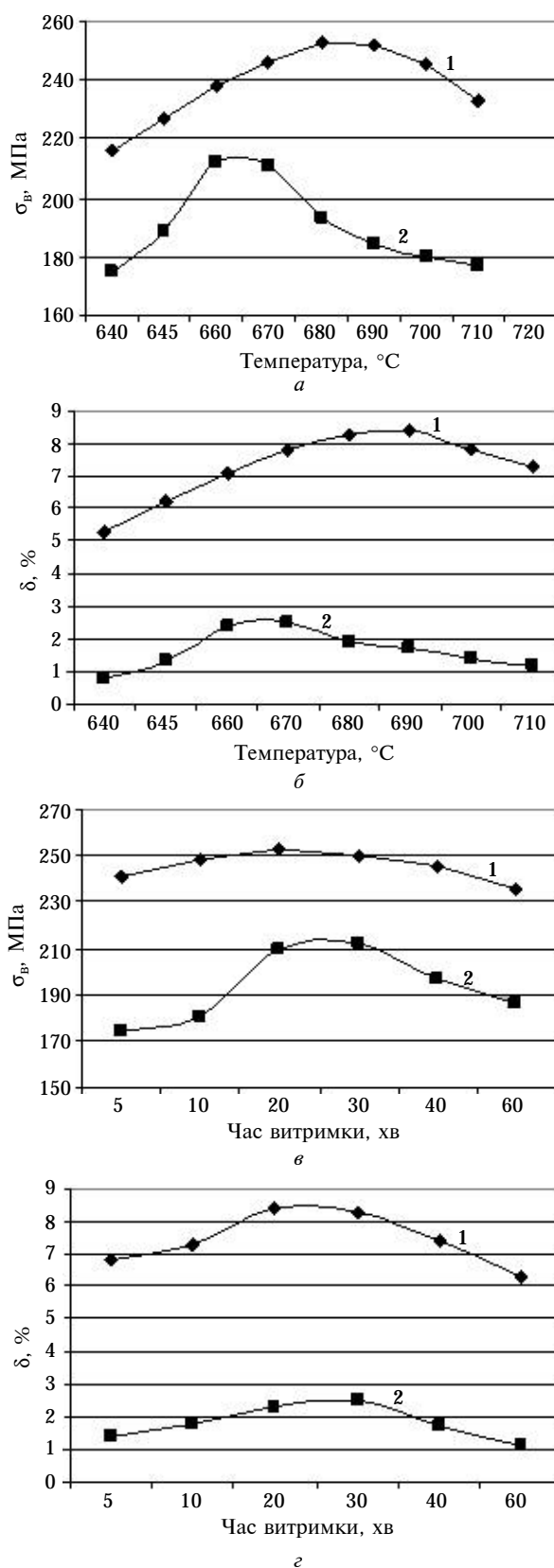


Рис. 1. Вплив температури (а, б) та часу (в, г) витримки розплаву на механічні властивості сплавів АМг6л (1) та АМг11 (2)

З рис. 1 видно, що для сплаву АМг6л підвищення температури витримки розплаву з 640 до 690 °С (час витримки – 30 хв) впливає на зростання значень тимчасового опору розриву з 216 до 252 МПа і значень відносного видовження з 5,3 до 8,4 %. Подальше підвищення температури витримки розплаву цього сплаву до 710 °С призводить до зниження значень тимчасового опору розриву з 252 до 233 МПа. При цьому значення відносного видовження сплаву АМг6л знижуються з 8,4 до 7,3 %. Оптимальна температура витримки розплаву цього сплаву перебуває в межах 680–690 °С, оптимальний час витримки розплаву в цьому температурному інтервалі становить 20–30 хв. Підвищення часу витримки розплаву з 30 до 60 хв знижує рівень механічних властивостей досліджуваного сплаву.

Для сплаву АМг11 підвищення температури витримки розплаву з 640 до 670 °С (час витримки – 30 хв) впливає на підвищення значень тимчасового опору розриву з 175 до 212 МПа і значень відносного видовження з 0,8 до 2,5 %. Подальше підвищення температури витримки розплаву цього сплаву до 710 °С призводить до зниження значень тимчасового опору розриву з 212 до 177 МПа. При цьому значення відносного видовження сплаву АМг11 зменшуються з 2,5 до 1,2 %.

Оптимальна температура витримки розплаву цього сплаву перебуває в межах 660–670 °С, оптимальний час витримки розплаву в цьому температурному інтервалі становить 20–30 хв. Підвищення часу витримки розплаву з 30 до 60 хв знижує рівень механічних властивостей досліджуваного сплаву.

Пояснити отримані експериментальні дані можна так: з підвищенням температури та часу витримки розплаву зазначених вище оптимальних інтервалів зменшується кількість активованих підкладок, які можуть слугувати центрами кристалізації алюмінієвого твердого розчину. Це веде до зростання розміру зерна α -твердого розчину та відповідного зниження комплексу механічних властивостей досліджуваних сплавів. Також підвищення температури витримки розплаву сприяє вигоранню магнію та окисленню сплавів, що також знижує рівень механічних властивостей досліджуваних сплавів.

На другому етапі досліджень встановлено вплив швидкості охолодження на структуру (розмір зерна та об'ємну частку нерівноважної

евтектики) сплавів АМг6л і АМг11. Інтервал швидкостей охолодження вибирали в таких межах: $V_{\text{охол}} = 0,5\text{--}4,5$ °С/с. Результати досліджень наведено на рис. 2.

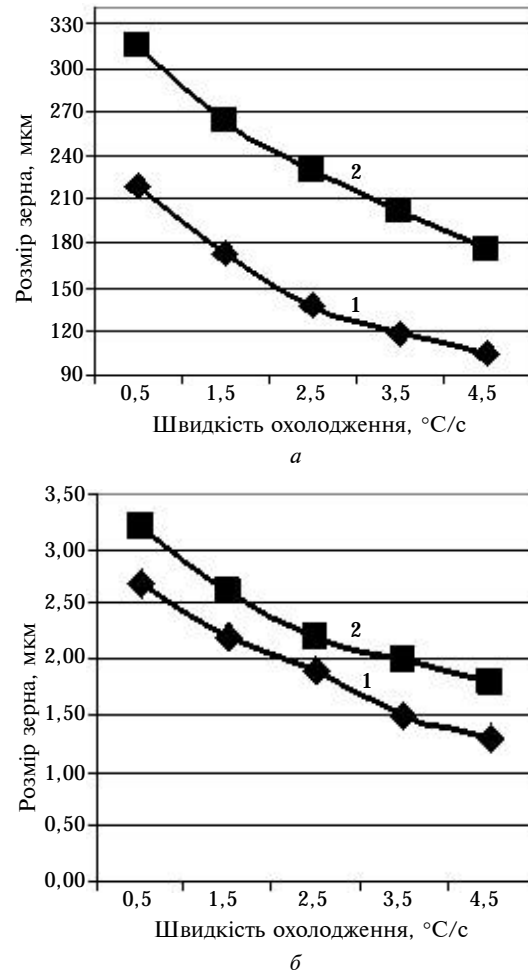


Рис. 2. Вплив швидкості охолодження на розмір зерна алюмінієвого розчину (а) та на об'ємну частку нерівноважної евтектики (б) сплавів АМг6л (1) та АМг11 (2)

При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 °С/с розмір зерна алюмінієвого твердого розчину сплаву АМг6л зменшується з 219 до 106 мкм (рис. 2, а).

Вплив швидкості охолодження на об'ємну частку нерівноважної евтектики цього сплаву наведено на рис. 2, б. При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 °С/с спостерігається зменшення кількості нерівноважної евтектики в сплаві АМг6л з 2,7 до 1,3 %.

При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 °С/с розмір зерна алюмінієвого твердого розчину сплаву АМг11 зменшується з 315 до 176 мкм (рис. 2, а).

Вплив швидкості охолодження на об'ємну частку нерівноважної евтектики досліджуваного сплаву показано на рис. 2, б. При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 °С/с спостерігається зменшення кількості нерівноважної евтектики в сплаві АМг11 з 3,2 до 1,8 %.

Висновки

У результаті проведених експериментальних досліджень встановлено вплив температури і часу витримки розплаву та швидкості охолодження при кристалізації на структуру й механічні властивості сплавів АМг6л і АМг11.

Для сплаву АМг6л підвищення температури витримки розплаву з 640 до 690 °С (час витримки – 30 хв) впливає на підвищення значень тимчасового опору розриву на 16 % і значень відносного видовження на 58 %. Підвищення

температури витримки розплаву сплаву АМг11 з 640 до 670 °С (час витримки – 30 хв) впливає на підвищення значень тимчасового опору розриву на 21 % і значень відносного видовження в 3,1 разу. Подальше підвищення температури витримки розплаву цих сплавів до 710 °С призводить до зниження значень тимчасового опору розриву та відносного видовження.

Збільшення швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 °С/с впливає на зменшення розміру зерна алюмінієвого твердого розчину та кількості нерівноважної евтектики для сплаву АМг6л у 2 рази, а для сплаву АМг11 у 1,8 разу.

Перспективність подальших досліджень у цьому напрямі полягає в пошуку оптимальних технологічних параметрів обробки для інших промислових ливарних сплавів системи Al–Mg для забезпечення додаткового підвищення комплексу їх механічних властивостей без зміни хімічного складу.

1. *Золотаревский В.С., Белов Н.А.* Металловедение литейных алюминиевых сплавов. – М.: МИСИС, 2005. – 376 с.
2. *Машиностроение.* Энциклопедия. Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. Т. II / Под общ. ред. И.Н. Фридляндера. – М.: Металлургия, 2001. – 880 с.
3. *Постников Н.С.* Коррозионностойкие алюминиевые сплавы. – М.: Металлургия, 1976. – 304 с.
4. *Колобнев И.Ф.* Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1973. – 320 с.
5. *Мондольфо Л.Ф.* Структура и свойства алюминиевых сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 640 с.

Рекомендована Радою
інженерно-фізичного факультету
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції
17 січня 2012 року