

УДК 661.74:669.14.046.554

Кулініч А. А., Котляр С. М.

СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ АМg11 ПРИ РІЗНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРАХ ОБРОБКИ

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

Типовий сплав даної системи – АМg11 відноситься до сплавів з високим вмістом магнію, його використовують як після лиття, так і після термічної обробки.

Властивості багатокомпонентних сплавів, таких як сплав АМg11, залежать від хімічного та фазового складу, структури та технологічних методів їх обробки (термічного, хімічного, фізичного, механічного). Тому питання легування сплавів та розробки раціональної технології їх обробки повинні вирішуватися разом.

Одним з важливих чинників, що впливає на кінцеву структуру та властивості ливарних сплавів системи Al–Mg, є температура та час витримки розплаву. Ці технологічні параметри можуть впливати на дані сплави наступним чином:

1. Підвищення температури та часу витримки розплаву викликає підвищення швидкості окислення сплавів системи Al–Mg (швидкість окислення підвищується разом з підвищенням температури розплаву) [1, 2]. Також, при значному перегріві розплаву вище температури плавлення спостерігається значний угар магнію, який є головним легуючим елементом в даних сплавах.

2. При невеликому перегріві розплаву вище температури плавлення зберігаються активовані підложки, які можуть бути центрами кристалізації при охолодженні розплаву. При збільшенні температури перегріву кількість активованих підложек зменшується.

3. Деякий перегрів розплаву вище температури плавлення потрібен, бо при підвищенні температури розплаву швидше проходить рівномірний перерозподіл елементів в 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 та основними параметрами кристалізації. Разом з застосуванням оптимальних температурно-часових параметрів обробки сплавів в рідкому стані, правильно підібрана швидкість охолодження сплаву може бути додатковим резервом підвищення його фізико-механічних властивостей.

Метою даної роботи є дослідження впливу температурно-часових параметрів обробки в рідкому стані та швидкості охолодження при кристалізації на структуру та механічні властивості ливарного сплаву АМg11.

Об'єкт дослідження в даній роботі – ливарний сплав АМg11. Хімічний склад даного сплаву змінювали в наступних 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 наступні шихтові матеріали: алюміній марки А99, лігатури Al–Mg, Al–Si, Al–Be, Al–Ti. В тиглі розплавляли алюміній та лігатуру Al–Be. Після їх розплавлення вводили лігатури Al–Si, Al–Ti. Після розплавлення шихтових матеріалів та перемішування розплаву вводили лігатуру Al–Mg. Далі розплав витримували при різних температурах і при різному часі витримки та розливали в різного типу виливниці. Швидкість охолодження розплаву регулювали за допомогою підбору матеріалу та товщини стінок виливниці.

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

Мікрорентгеноспектральний аналіз проводили з використанням растрового електронного мікроскопу РЕММА – 101А. Хімічний аналіз зразків досліджуваних сплавів проводили використовуючи метод оптичної спектроскопії випаровуючим розрядом.

Якісний та кількісний металографічний аналіз виконано на мікроскопі NEOFOT – 31. Рентгенографічне дослідження проводили в Cu – характеристичному випромінюванні з застосуванням дифрактометру ДРОН – 413.

На першому етапі досліджень встановлено вплив температури та часу витримки розплаву на механічні властивості сплаву АМг11. Результати досліджень наведено на рис. 1. З даного рисунку видно, що для сплаву АМг11 підвищення температури витримки розплаву з 640 °С 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 даного сплаву до 710 °С призведе до зниження значень тимчасового опору розриву з 212 МПа до 177 МПа. При цьому значення відносного видовження сплаву АМг11 знижуються з 2,5 % до 1,2 %.

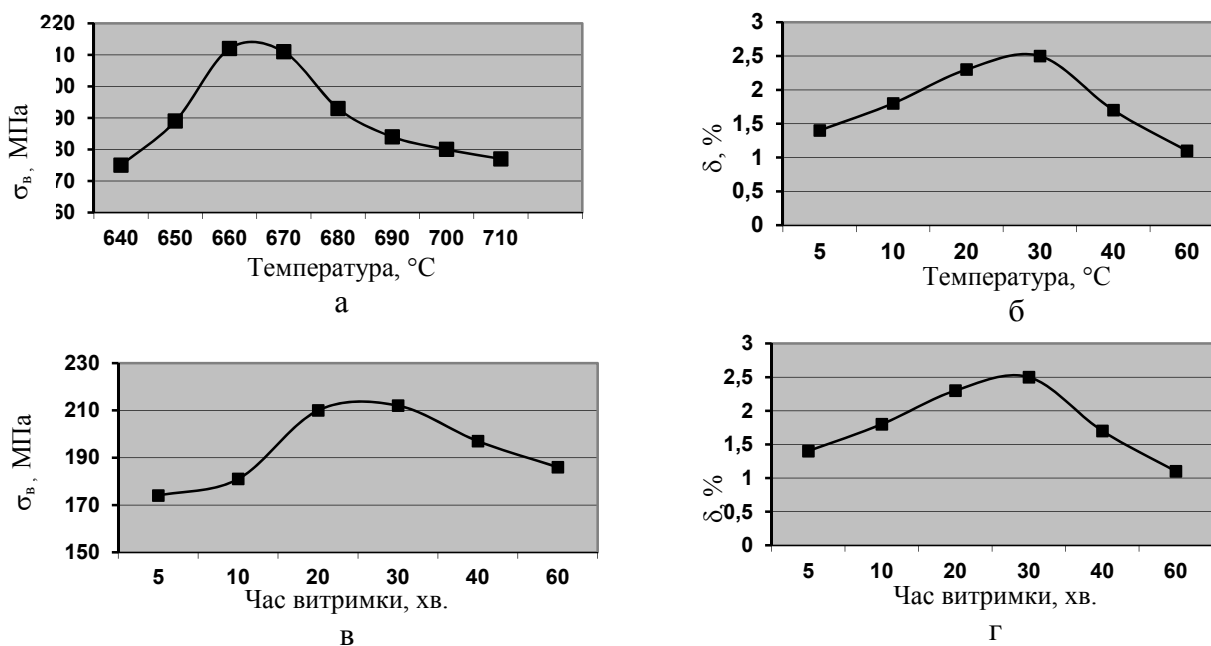


Рис. 1. Вплив температури (а, б) та часу (в, г) витримки розплаву на механічні властивості сплаву АМг11

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

Пояснити отримані експериментальні дані можливо наступним чином: з підвищенням температури та часу витримки розплаву вище зазначених оптимальних інтервалів зменшується кількість активованих підложок, які можуть слугувати центрами кристалізації алюмінієвого твердого розчину. Це призводить 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.

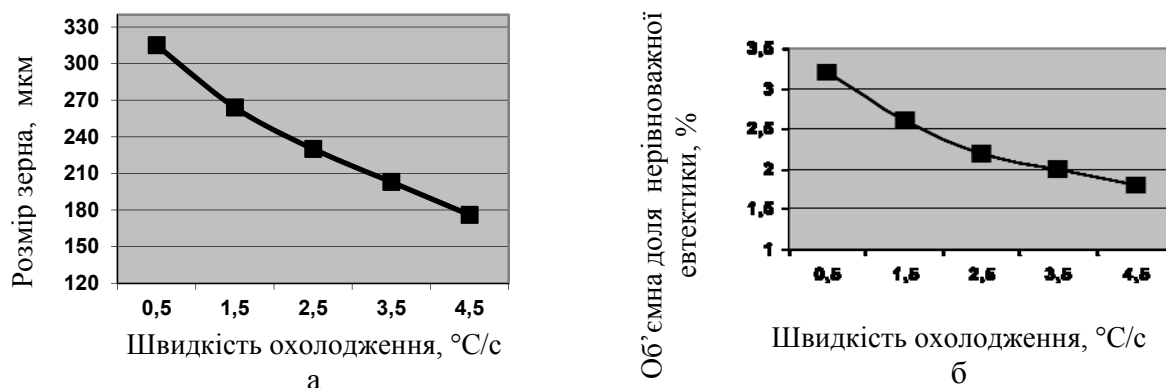


Рис. 2. Вплив швидкості охолодження на розмір зерна алюмінієвого розчину (а) та на об'ємну долю нерівноважної евтектики (б) сплаву АМг11

На другому етапі досліджень встановлено вплив швидкості охолодження на структуру (розмір зерна та об'ємну долю нерівноважної евтектики) сплаву АМг11. Інтервал швидкостей охолодження обирали в наступних межах: $V_{охол} = 0,5 - 4,5 \text{ } ^\circ\text{C/c}$. Результати досліджень представлено на рис. 2.

При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 $^\circ\text{C/c}$ розмір зерна алюмінієвого твердого розчину сплаву АМг11 зменшується з 315 до 176 мкм (рис. 2, а).

Вплив швидкості охолодження на об'ємну долю нерівноважної евтектики досліджуваного сплаву представлено на рис. 2, б. При збільшенні швидкості охолодження з 0,5 $^\circ\text{C/c}$ до 4,5 $^\circ\text{C/c}$ спостерігається зменшення кількості нерівноважної евтектики в сплаві АМг11 з 3,2 % до 1,8 %.

ВИСНОВКИ

В результаті проведених експериментальних досліджень встановлено вплив температури та часу витримки розплаву та швидкості охолодження при кристалізації на структуру та механічні властивості сплаву АМг11.

Для досліджуваного сплаву підвищення температури витримки розплаву з 640 $^\circ\text{C}$ до 670 $^\circ\text{C}$ (час витримки – 30 хв.) впливає на підвищення значень тимчасового опору розриву на 21 % і значень відносного видовження в 3,1 рази. Подальше підвищення температури витримки розплаву даного сплаву до 710 $^\circ\text{C}$ призведе до зниження значень тимчасового опору розриву та відносного видовження. Для сплаву АМг11 збільшення швидкості охолодження з 0,5 до 4,5 $^\circ\text{C/c}$ впливає на зменшення розміру зерна алюмінієвого твердого розчину та кількості нерівноважної евтектики в 1,8 рази.

Таким чином, перспективність подальших досліджень у даному напрямку 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.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Золотаревский В. С. *Металловедение литейных алюминиевых сплавов* / В. С. Золотаревский, Н. А. Белов. – М. : МИСИС, 2005. – 375 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* / Н. С. Постников. – М. : Металлургия, 1976. – 303 с.
4. Колобнев И. Ф. *Жаропрочность литейных алюминиевых сплавов* / И. Ф. Колобнев. – М. : Металлургия, 1973. – 320 с.
5. Мондольфо Л. Ф. *Структура и свойства алюминиевых сплавов* / Л. Ф. Мондольфо. – М. : Металлургия, 1979. – 640 с.