

використовується в теплоенергетиці, гірничодобувній промисловості, металургії та інших галузях, виготовляються із спеціальних сплавів, що вмістять в своєму складі значну кількість таких дорогих і дефіцитних елементів як хром, нікель, вольфрам, молібден, титан, мідь, марганець та ін.

Більшість деталей виготовляють з використанням із литих заготовок, тобто виливків, довговічність яких значною мірою визначає надійність машини і її продуктивність. Для високої поверхневої міцності і зносостійкості литих деталей в машинобудуванні використовують різні види термохімічного оброблення, електрохімічні покриття і спеціальні наплавки. Перші методи призводять до утворення зміцненого поверхневого шару з товщиною 0,1...0,5 мм, тому їх використовують тільки після точного механічного оброблення (шліфування) деталі. Наплавленням на поверхні деталі можна отримати шар будь-якої товщини, проте цей процес трудомісткий, крім того на деяких поверхнях деталей наплавлення здійснити практично неможливо. Багато деталей піддаються високим питомим тискам спільно з підвищеним зношуванням, тому товщина зміцненого шару в 0,1...0,5 мм, для них недостатня. У цих випадках литі заготовки для таких деталей виготовляють із легованих сталей шляхом об'ємного їх легування.

Поверхеве легування є широко використовуваним методом в промисловості для поліпшення поверхневих властивостей металів і сплавів. Воно передбачає введення легувальних добавок тільки в верхній шар металу.

Важливою задачею для виготовлення якісних жаростійких покриттів на виливках із сталей є вибір оптимального співвідношення основних компонентів, які сприяли б підвищенню окислостійкості.

Метою роботи є підвищення зносостійкості деталей машин комплексним дифузійним насиченням поверхневого шару деталей у процесі лиття.

Для підвищення жаростійкості використовували алюмінієвий порошок і високовуглецевий ферохром (який має порівняно низьку температуру плавлення) марок ФХ650А і ФХ800, фракцій 04 і 063.

Дослідження процесів зносостійкого поверхневого легування здійснювали з використанням окремих феросплавів, до складу яких входять карбідоутворювальні елементи, та їх сумішей.

В цих досліджах використовували порівняно дрібнодисперсійний (фракція < 0,2 мм) низьковуглецевий ФМн1,5 та високовуглецевий ФМн78А феромарганці приблизно з однаковим вмістом марганцю.

Деякі гірші результати одержано при використанні чистого марганцю Мн965 і найменша товщина легованого шару має місце при використанні низьковуглецевого феромарганцю ФМн1,5.

Виготовлення деталей таким методом призводить до скорочення витрат дорогих і дефіцитних легувальних елементів.

Кулініч А.А., Онопрієнко О.О., Тігаренко А.О., Небога Д. В., Лубський-Бегунов А.О.
(КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ)

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВПЛИВУ РОЗМІРУ ЗЕРНА НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ АМг6л

Для ливарних сплавів системи Al–Mg головною характеристикою макроструктури є середній розмір зерна алюмінієвого твердого розчину.

Існуючі математичні моделі залежності механічних властивостей від параметрів структури для подвійних і деяких промислових сплавів системи Al–Mg мають високу відносну похибку.

Для визначення математичного зв'язку з більш низькою відносною похибкою та більш точного встановлення ступеню впливу основного параметра макроструктури на рі-

вень механічних властивостей промислового сплаву АМгбл, було проведено експериментальні та теоретичні дослідження по встановленню впливу середнього розміру зерна на рівень тимчасового опору розриву, межі плинності та відносного видовження.

Для встановлення наявності або відсутності лінійної залежності між змінними D і σ_B ($\sigma_{0,2}$, δ) розраховували парний коефіцієнт кореляції Пірсона – R (табл. 1).

Ступінь лінійного зв'язку (або значущість коефіцієнта кореляції) оцінювали порівнюючи розрахунковий коефіцієнт кореляції Пірсона (R) з його теоретичним значенням (R_t), яке визначається довірчою ймовірністю та ступенем свободи. При виконанні умови $|R| > |R_t|$ вважається, що коефіцієнт кореляції є значущим і залежність між двома змінними є лінійною, в протилежному випадку лінійна залежність відсутня. Встановлено, що для сплаву АМгбл залежність між розміром зерна та рівнем механічних властивостей не є лінійною. Для встановлення наявності нелінійної залежності типу моделі Холла-Петча

$y = A + \frac{B}{\sqrt{D}}$ між змінними D і σ_B ($\sigma_{0,2}$, δ) розраховували парний коефіцієнт кореляції Пір-

сона (R) після проведення лінеаризувального перетворення ($X = \frac{1}{\sqrt{D}}$). З даних, наведе-

них в табл. 1, видно, що залежність між змінними D і σ_B ($\sigma_{0,2}$, δ) відповідає умові $|R| > |R_t|$, тобто дані залежності можна описати моделлю Холла-Петча.

Використовуючи метод регресійного аналізу (метод найменших квадратів), з використанням ПЕОМ, було побудовано математичні моделі, які описують кількісні залежності між змінними D і σ_B ($\sigma_{0,2}$, δ). Розраховані коефіцієнти математичних моделей A і B наведено в табл. 2.

Таблиця 1 – Коефіцієнти парної кореляції між механічними властивостями і розміром зерна сплаву АМгбл після лиття для лінеаризованої моделі Холла-Петча

Властивість	Коефіцієнт кореляції при характеристиці структури	
	D	
	розрахунковий R	табличний R_t
σ_b	0,912	0,798
$\sigma_{0,2}$	0,886	
δ	0,839	

Примітка: Довірча ймовірність $P = 0,99$.

Точність розрахунків (адекватність) побудованих математичних моделей залежності механічних властивостей від розміру зерна сплаву АМгбл після лиття встановлювали аналізуючи різницю залишків, які є функцією різниці експериментальних і розрахункових значень властивостей даного сплаву:

$$\frac{(\sigma_{Bекс} - \sigma_{Bроз})}{\sigma_{Bекс}} \times 100\%$$

Таблиця 2 – Коефіцієнти нелінійної моделі залежності механічних властивостей від розміру зерна сплаву АМгбл після лиття для лінеаризованої моделі Холла-Петча

Властивість	Коефіцієнти моделі	
	A	B
y		
σ_B	174,24	894,95
$\sigma_{0,2}$	100,40	348,16
δ	3,60	41,33

Максимальна різниця залишків для моделі $D-\sigma_B$ становить 6%. Для моделі $D-\sigma_{0,2}$ максимальна різниця залишків становить 5%, а для моделі $D-\delta$ – 14%.

Аналіз побудованих моделей $D-\sigma_B$ ($\sigma_{0,2}$, δ) дозволяє зробити висновки, що при подрібненні розміру зерна з 620...500 до 150...100 мкм. рівень σ_B зростає на 40...60 МПа (на 20...25%), рівень $\sigma_{0,2}$ зростає на 15...22 МПа (на 15...20%), а рівень δ зростає на 1,5...3,0 одиниці (на 30...50%).

Таким чином, на основі аналізу побудованих математичних моделей встановлено ступінь впливу середнього розміру зерна на рівень механічних властивостей промислового сплаву АМгбл. Зменшення середнього розміру зерна даного сплаву особливо суттєво впливає на підвищення рівня відносного видовження.

Кустов В.В., Богаченко О.М., Присяжнюк П.М.
(Івано-Франківський НТУ нафти і газу, м. Івано-Франківськ)
РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІБРОЕЛЕКТРОІСКРОВОГО
ЛЕГУВАННЯ НІКЕЛЕМ ГРАНУЛ РЕЛІТУ
v.v.kustov@ukr.net

У різних галузях видобувної промисловості для буріння різноманітних свердловин досить широко використовують шарошкові долота. Внаслідок інтенсивного контакту породоруйнівних елементів (наприклад, зубців), якими оснащено долото, проходить їх абразивне зношування, що призводить до втрати швидкості та, відповідно, до зниження продуктивності процесу буріння.

З метою збільшення стійкості породоруйнівного озброєння проти абразивного зношування застосовують його об'ємне відцентрове армування або поверхневе наплавлення гранулами реліту (карбіду вольфраму) [1]. В ході таких процесів гранули реліту переміщуються в рідкій сталі, при цьому проходить їх змочування і часткове розчинення. Внаслідок цього утворюється перехідна зона – металозв'язка, яка насичена хімічними сполуками складних карбідів Fe_3WC і Fe_4W_2C , які зменшують міцність зчеплення гранул реліту з основою. Крім того металозв'язка характеризується підвищеним вмістом вуглецю, що дифундує в неї з карбіду вольфраму (реліту), а при охолодженні переходить у графіт, що має підвищену крихкість. Також треба враховувати і той фактор, що при введенні реліту в розтоплений метал в гранулах реліту утворюються тріщини, внаслідок різкої зміни температури. Дана обставина сприяє викришуванню гранул.

Для уникнення вказаних негативних явищ, що відбуваються із гранулами реліту, використовують легування їх поверхні нікелем. Матеріал цього захисно-легувального покриття підібраний таким чином, що по відношенню до твердого сплаву він є нейтральним і не утворює з ним складних карбідів, а також перешкоджає виділенню вільного вуглецю. Нами запропоновано метод захисту гранул реліту від розчинення, який базується на віброелектроіскровому легуванні (ВЕІЛ) нікелем, що захищений патентом [2]. Для впровадження даного методу у виробництво розроблено технологічний процес, який містить такі основні операції:

- 1) термічну – просушування гранул карбіду вольфраму в муфельній печі за температури 200...250 °С протягом 1,5...2 годин;
- 2) віброелектроіскрову – легування нікелем гранул карбіду вольфраму на модернізованій установці для віброелектроіскрового легування (ВЕІЛ) (товщина легованого шару 0,05...0,1 мм);
- 3) контрольну – контроль товщини та якості нікелевого покриття на гранулах карбіду вольфраму.

Для нанесення нікелевого шару на поверхню гранул реліту ВЕІЛ їх завантажували в контейнер, футерований нікелем. В середовище гранул занурювали циліндричний нікелевий електрод. Від джерела живлення на контейнер та електрод подавали напругу по-