

Верховлюк А.М., Щерецький О.А., Сергієнко Р.А., Каніболоцький Д.С., Афанасьєв М.В.

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України, Київ

e-mail: anatoliiverkhovliuk@gmail.com, vam@ptima.kiev.ua

ОСОБЛИВОСТІ ВЗАЄМОДІЇ НАНОПОРОШКІВ З МЕТАЛІЧНИМИ РОЗПЛАВАМИ

Ультрадисперсні матеріали мають активну поверхню, що приводить до зміни макроструктури самих порошків: агломерації, злежування та інш. В зв'язку з цим при виробництві ультрадисперсних порошків постійно розробляють та впроваджують нові технології їх одержання та обробки, які засновані на останніх досягненнях науки та техніки. Відомо, що нано- або ультрадисперсна структура формується в результаті таких процесів, як кристалізація, рекристалізація, фазові перетворення, високі навантаження, інтенсивна пластична деформація, повна або часткова кристалізація аморфних матеріалів.

Добавки наночастинок у рідкий метал будуть давати максимальний модифікуючий ефект тільки в тому випадку, коли вони будуть змочуватися розплавом, не коагулювати і не розчинятися в ньому. Введення наночастинок у розплав і їх рівномірний розподіл в об'ємі вирішується переважно за рахунок застосування механічного і магнітогідродинамічного замішування частинок [1,2]. При цьому нанопорошки можуть вводитися інжекцією в струмінь нейтрального газу, у вигляді таблеток та витягнутих пресованих композицій (брикетів, порошкового дроту, прутків) [3,4]. Ефективним також є спосіб введення наночастинок у розплав у вигляді нанорозмірних порошкових композиційних матеріалів, які одержуються методом механолегування [5].

Для досліджень були підготовлені лігатури-модифікатори – механічна порошкова суміш із наночастинок (SiC, TiC, MoC, WC, ZrC, SiO₂, TiO₂, TiN, TiB₂) та мікрочастинок металу (алюміній, мідь, заліза). Ця суміш потім вводилася в розплав (на основі алюмінію, міді та чавуну) у вигляді пресованих таблеток, стовпчиків, екструдованих прутків, а також суміш завертали в тонку алюмінієву фольгу або робили конверти із алюмінієвого листа.

В результаті проведених робіт встановлено, що усі досліджені наночастинок незалежно від їх хімічного складу та кристалічної будови мають близький модифікуючий ефект.

На нашу думку це пов'язано з поверхневими властивостями рідкого сплаву та наночастинок. В свою чергу, на поверхневі властивості наночастинок впливає їх електричний заряд. В результаті контакту наночастинок з розплавом виникає різниця потенціалів. При цьому формуються два шари електричних зарядів протилежного знаку, які розміщені з різних сторін міжфазної границі. Електроконтактна взаємодія наночастинок з розплавом приводить до їх змочування. Тіллер [6] оцінив електростатичний внесок в параметри змочування твердої частинки розплавом і показав, що границя розділу розміщується в деякому ефективному конденсаторі. Питому енергію цього конденсатора він розглядав як негативний внесок у поверхневу енергію. Коли радіус частинки стає менше дебаївського радіусу її матеріалу, тоді різниця потенціалів між розплавом та частинкою переважно визначатиметься властивістю розплаву. При цьому поверхнева густина заряду та електростатична складова поверхневої енергії наночастинок за абсолютною величиною збільшуються відносно твердої частинки великого розміру. Таким чином адгезія між нанорозмірною частинкою та розплавом буде кращою, ніж для макрочастинки, і переважно визначатиметься властивостями розплаву та не залежатиме від властивостей матеріалу наночастинок.

Даний ефект може і привести до змочування наночастинок розплавами та їх рівномірного розподілу в об'ємі.

Література

1. Калиниченко А. С., Слуцкий А. Г., Шейнерт В. А., Зык Н. В., Бородуля В. А., Рабинович О. С. Перспективы использования наноразмерных порошков для получения модифицирующих лигатур // *Литье и металлургия* . – 2015. – № 1 (78). – С. 65-73.
2. Калиниченко А. С., Слуцкий А. Г., Шейнерт В. А. Использование модифицирующей лигатуры, содержащей нанодисперсные порошки активных элементов при получении высокопрочного чугуна с шаровидным графитом // *Литье и металлургия* . – 2015. – № 3 (80). – С. 101–106.
3. Kaldre I., Bojarevičs A., Grants I., Beinerts T., Kalvāns M., Milgrāvis M., Gerbeth G. Nanoparticle dispersion in liquid metals by electromagnetically induced acoustic cavitation // *Acta Materialia*. – 2016. – V. 118. – P. 253-259.
4. Косников Г. А. Жидкофазные технологии получения заготовок из алюмоматричных нанокомпозитов (обзор) // *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*. – 2014. –Т. 7, № 4. – С. 409-415.

5. Косников Г. А., Баранов В. А., Петрович С. Ю., Калмыков А. В. Литейные наноструктурные композиционные алюмоматричные сплавы // Литейное производство. – 2012. – № 2. – С. 4 – 9.

6. Tiller W.A., Takanashi T.R. The electrostatic contribution in heterogeneous nucleation theory: pure liquids // Acta Metallurgica. – 1969. – V. 17, № 4. – P. 483-496.

УДК 621.74.

О. И. Воронова, Т. В. Лысенко, И. В. Прокопович, В. В. Ясюков

Одесский Национальный Политехнический Университет, Одесса

ПРОБЛЕМЫ СТОЙКОСТИ ОСНАСТКИ ЛПД

Пресс-формы литья под давлением (ЛПД) выходят из строя из-за термической усталости, необратимого формоизменения и износа. Сопротивление формообразующих материалов этим явлениям в значительной степени определяется уровнем механических свойств при рабочей температуре. Повышение механических свойств приводит к снижению температурных напряжений и, как следствие, увеличению стойкости оснастки. С повышением температуры плавления материалов отливок растет температура контакта, снижаются запасы прочности и пластичности, термостойкость пресс-форм, выраженная в циклах теплосмен (ц.т.), падает.

Для формообразующих деталей пресс-форм используют, как правило, хромовольфрамованадиевые и хромомолибденованадиевые стали. Сталь марки 30X2B8Ф применяется для вставок при литье латуни и бронзы; для алюминиевых и магниевых сплавов – стали типа 40X5MФС либо 30X2B8Ф. При этом основным критерием является стойкость пресс-форм.

Между тем, для литья крупных отливок из медных и алюминиевых сплавов необходимо использование новых более стойких материалов. Это особенно актуально для получения отливок из высокотемпературных сплавов на основе меди и железа. Следует отметить использование сплавов на основе тугоплавких металлов молибдена, вольфрама, ниобия, сталей мартенситного и аустенитного класса и др. Для примера: стержни из стали 30X2B8Ф при литье алюминия после 500 ц.т. требуют ремонта, а стержни из молибдена после 8000 ц.т. пригодны для дальнейшей работы [1]. Объясняется это отсутствием растворимости алюминия в молибдене, по-