



It is established that for the purpose of increase of modifying efficiency of the melt from gray cast iron it is possible to use mechanically alloyed aluminum powder with superdispersed particles of aluminum and graphite oxide.

О. С. КОМАРОВ, Н. И. УРБАНОВИЧ, В. И. ВОЛОСАТИКОВ, Т. Д. КОМАРОВА, БНТУ

УДК 621.74

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИКАТОРОВ ДЛЯ СЕРОГО ЧУГУНА

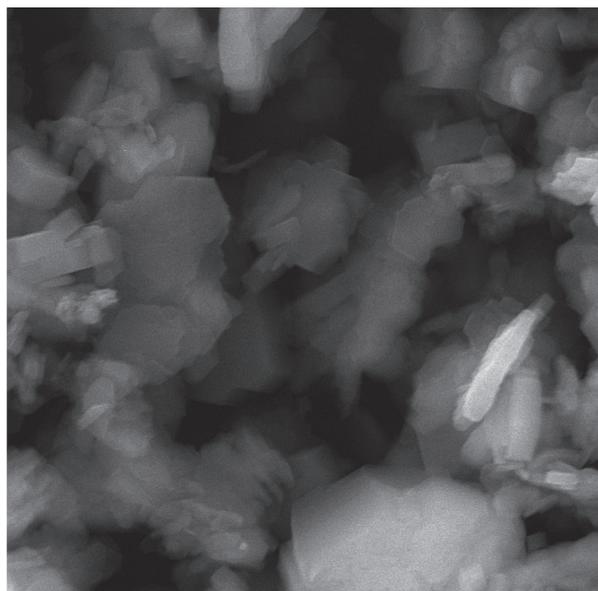
Серый чугун является самым распространенным литейным сплавом. Производителям отливок из него в последние годы приходится решать сложные проблемы, связанные с применением в составе шихты передельных чугунов, лома с неконтролируемым составом и стружки, в результате чего растет брак по отбелу и снижаются прочностные и эксплуатационные характеристики. Снижение свойств обусловлено появлением неблагоприятных форм графита – точечного и мелкого междендритного. Для улучшения формы и расположения графита, а также для борьбы с отбелом применяются различные модификаторы, основой которых чаще всего является ферросилиций с химически активными элементами (Ba, Ca, Al, PЗМ и др.), образующими в результате взаимодействия с серой и кислородом неметаллические включения, которые служат подложками, облегчая зарождение графита.

Возможности широко используемых модификаторов ограничены, в связи с чем в последнее время проведены успешные эксперименты по повышению их эффективности за счет использования в составе модификаторов ультрадисперсных порошков тугоплавких соединений и графита [1]. Нанопорошки нитрида титана и нитрида иттрия существенно улучшают структуру и свойства стали [2,3]. Порошки карбидов, нитридов и силицидов различных металлов, полученные методом плазмохимического синтеза, используемые в качестве модификаторов, измельчают структуру и устраняют отбел в отливках из серого чугуна [4]. При этом их эффективность повышается по мере роста дисперсности. Фулеренсодержащие лигатуры и мелкодисперсный прессованный модификатор применяются для ликвидации отбела и изменения наследственности чугуна [5, 6].

Целью данной работы являлось повышение эффективности модифицирования как средства управ-

ления макро- и микроструктурой литых заготовок из серого чугуна за счет применения в качестве модификаторов дисперсных тугоплавких частиц, а также использования порошка и компактного материала из алюминия, механически легированных тугоплавкими ультрадисперсными частицами и углеродом.

В работе [7] приведены результаты исследований по влиянию ультрадисперсных порошков нитрида бора и титана, внедренных методом механического легирования в порошки алюминия, подтвердившие повышение эффективности модификатора (алюминием). Лучшие результаты получены при вводе дополнительно в состав модификатора графита. Но приведенные результаты не дают ответ на вопрос о степени влияния дисперсности этих частиц и графита на процесс структурообразования. Кроме того, карбиды и нитриды бора и титана относятся к дорогим и дефицитным материалам, поэтому необходимо было проверить возможность применения в составе добавки дешевого и доступного оксида алюминия (Al_2O_3). Были проведены две серии экспериментов, в ходе которых алюминиевый порошок с размером гранул до 2 мкм смешивали с оксидом алюминия и графитом и осуществляли механическое легирование в атриторе в течение 3 ч при скорости вращения мешалки 350 об/мин в среде бензина. Порошок оксида алюминия был двух разновидностей: ультрадисперсный (УДП) с размером частиц до 500 нм, полученный золь-гель-методом из пересыщенного раствора $NaAlO_2$, морфология которого показана на рисунке, и гранулированный (КР) с размером гранул до 100 мкм. Для проверки влияния дисперсности графита на эффективность модификатора использовали две модификации графита: наноразмерную фракцию (наноГр), полученную размолом нанотрубок, и графит обычного помола (Гр).



Морфология частиц Al_2O_3

Проведены две серии экспериментов (см. таблицу). В первой серии (опыты № 1–7) в качестве исходного использовали чугуны следующего состава: 2,9% С; 1,7% Si; 0,3% Mn; 0,11% Cr; 0,2% Cu; 0,08% S; 0,12% P. Во второй серии (опыты № 8–12) для получения более наглядных результатов использовали чугуны с более низким углеродным эквивалентом: 2,84% С; 1,64% Si; 0,84% Mn; 0,12% Cr; 0,1% S и P. Критерием эффективности модификатора служила глубина отбела стандартной пробы, где полный отбел соответствует чисто литебуритной структуре, а половинчатый, также измеренный от поверхности охлаждения, включает и смешанную (литебурит+ перлитографит) структуру.

Как следует из полученных результатов, ультрадисперсный порошок Al_2O_3 резко повышает

Влияние состава модификатора на глубину отбела

| Номер опыта | Состав и величина добавки, % (0,2% от массы расплава) | Отбел, мм | |
|-------------|---|-----------|--------------|
| | | полный | половинчатый |
| 1 | Без добавки | 9,5 | 17 |
| 2 | 5УДП Al_2O_3 + 95 $Al_{пор}$ | 3,8 | 9 |
| 3 | 5КР Al_2O_3 + 95 $Al_{пор}$ | 11 | 16 |
| 4 | 5УДП Al_2O_3 + 5 наноГр+ 90 $Al_{пор}$ | 3,5 | 7 |
| 5 | 5УДП Al_2O_3 + 5 Гр+ 90 $Al_{пор}$ | 1,3 | 3,4 |
| 6 | 5 наноГр+ 95 $Al_{пор}$ | 6 | 9 |
| 7 | 5 Гр+ 95 $Al_{пор}$ | 5,3 | 8,4 |
| 8 | 5УДП Al_2O_3 + 5 наноГр+ 90 $Al_{пор}$ | 23 | 29 |
| 9 | 5УДП Al_2O_3 + 5 Гр + 90 $Al_{пор}$ | 5 | 7 |
| 10 | 5 наноГр+ 95 $Al_{пор}$ | 18 | 22 |
| 11 | 5 Гр+ 95 $Al_{пор}$ | 8 | 16 |
| 12 | Без добавки | 32 | 40 |

Примечание. УДП – ультрадисперсный порошок; $Al_{пор}$ – порошковый алюминий; КР– крупная фракция (свыше 100 мкм); Гр – графит обычного помола; наноГр–графит размера нанотрубок.

эффективность алюминия как модификатора, в то время как порошок с крупным размером частиц хуже устраняет отбел. Для графита получена обратная зависимость. Ультрадисперсный и наноразмерный порошок графита, имплантированный в порошок алюминия, в меньшей степени повышает эффективность добавки алюминия, чем порошок обычного помола.

Таким образом, эксперименты показали, что для механического легирования алюминиевого порошка с целью повышения модифицирующей способности алюминия можно успешно использовать вместо дорогих нитридов и карбидов ультрадисперсный оксид алюминия. Дополнительное введение графита повышает эффективность модификатора. При этом может быть использован графит обычного помола.

Литература

1. Комшук В. П., Фойгт Д. Б., Черепанов А. П., Амелин А. В. Модифицирование непрерывнолитой стали тугоплавкими соединениями // Сталь. 2009. № 4. С. 65–68.
2. Богуслаев А. В., Клочихин В. В. Модифицирование жаропрочных сплавов ультрадисперсными порошками // Весник двигунобудовання. 2008. № 1. С. 47–51.
3. Голубцова В. А., Лунев В. В. Модифицирование стальных слитков и отливок // Литейщик России. 2010. № 2. С. 38–40.
4. Хрычков В. Е., Калинин В. Г. Ультрадисперсные модификаторы для повышения качества отливок // Литейное производство. 2007. № 7. С. 2–5.
5. Матвеев С. В., Орехова А. И., Черешнева Е. В. Изменение наследственности чугуна с помощью модификатора на основе фуллеренов // Литейное производство. 2009. № 3. С. 2–3.
6. Пикунов М. В., Матвеев С. В., Орехова А. И. Изменение наследственности свойств чугуна с помощью мелкодисперсного прессованного модификатора // Тр. междунар. симпозиума «Наследственность в литейных процессах». Самара, 2008.
7. Ловшенко Г. Ф., Комаров О. С., Урбанович Н. И. и др. Повышение эффективности модифицирования серого чугуна за счет введения в состав модификатора углерода // Литье и металлургия. 2010. № 3. Спецвыпуск. С. 47–50.