

**ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРНЫХ ПОРОШКОВ НА СТРУКТУРУ
И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СЕРОГО ЧУГУНА**

А.П. Зыкова, А.В. Чумаевский, Д.В. Лычагин

Научный руководитель: доцент, д.ф.-м.н. И.А. Курзина

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 36, 634050

Томский государственный архитектурно-строительный университет,

Россия, г.Томск, пл. Соляная, 2, 634003

E-mail: zykovaap@mail.ru

**INFLUENCE OF THE ULTRAFINE POWDERS ON THE STRUCTURE AND PROPERTIES OF CAST
IRON**

A.P. Zyкова, A.V. Chumaevsky, D.V. Lychagin

Scientific Supervisor: Dr. I.A. Kurzina

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, sq. Solyanaya, 2, 634003

E-mail: zykovaap@mail.ru

In this paper we carried out a comparative investigation of influence of the modification by the ultrafine powders of refractory metals and cryolite on the structure and deformation behavior of cast gray iron.

Среди современных методов внепечной обработки конструкционных чугунов особое место занимает модифицирование ультра- и нанодисперсными добавками, которое позволяет в широких пределах регулировать процесс структурообразования при охлаждении отливки и получать высококачественные изделия с высокими эксплуатационными свойствами [1]. Ранее в работах [2, 3] было показано, что при модифицировании высокохромистого чугуна ИЧХ28Н2 модифицирующей смесью на основе ультрадисперсных порошков оксидов тугоплавких металлов и криолита достигается повышение прочности при сжатии на 53%, пластичности на 10,7 %, снижается износостойкость и повышается коррозионная стойкость образцов в 1,5–4 по сравнению с отливками, полученными по обычной заводской технологии. При достижении вышеуказанного эффекта модифицирования целесообразно было проведение исследований влияния ультрадисперсных оксидов тугоплавких металлов и криолита на другую номенклатуру конструкционных чугунов. Поэтому целью работы являлось исследование влияния ультрадисперсных порошков оксидов тугоплавких металлов и криолита на структуру, механические свойства и разрушение серого чугуна марки СЧ25.

Материал и методы исследований. В работе исследовали серый чугун марки СЧ25, отливки которого были получены в производственных условиях ОАО «РМЗ «Енисей» и исследованы в 2-х состояниях: 1) немодифицированные образцы, полученные по обычной заводской технологии; 2) модифицированные образцы, после введения ультрадисперсной модифицирующей смеси.

Модифицирующая смесь (МС) состояла из ультрадисперсных порошков оксидов титана, циркония (с содержанием примесей Nb, Hf, Mg, Fe, Cr, Sr, Al, Cu не более 5 %) и криолита, средний размер которых равен 0,93 мкм. Исследования структуры и характера разрушения, модифицированных и немодифицированных образцов проводили на растровом электронном микроскопе TESCAN VEGA II LMU, совмещенного с системой рентгеновского энергодисперсионного микроанализа (РЭДМА) INCA Energy 350. Механические свойства при активной пластической деформации определяли в испытаниях на одноосное сжатие на установке Instron ElectroPuls E10000 со скоростью деформации 0,3 мм/мин при 20°C. Измерение твердости проводили по методу Бринелля при нагрузке 30000 Н на твердомере ТШ-2М.

Результаты и их обсуждение. Качество отливок серого чугуна оценивали по морфологическим характеристикам и распределению пластинчатого графита, фазовому составу матричной основы, дисперсности пластин перлита. На рис. 1 представлена микроструктура немодифицированного и модифицированного серого чугуна при одинаковом увеличении. Из металлографического анализа поверхности шлифов видно, что для немодифицированного образца (рис. 1 а), согласно ГОСТ 3443-87 характерно равномерное распределение графита пластинчатой формы в металлической матрице, при этом длина (l) пластинчатого графита лежит в диапазоне от ~13 мкм до ~266 мкм, средняя длина составляет $l_{\text{ср}} \approx 41$ мкм.

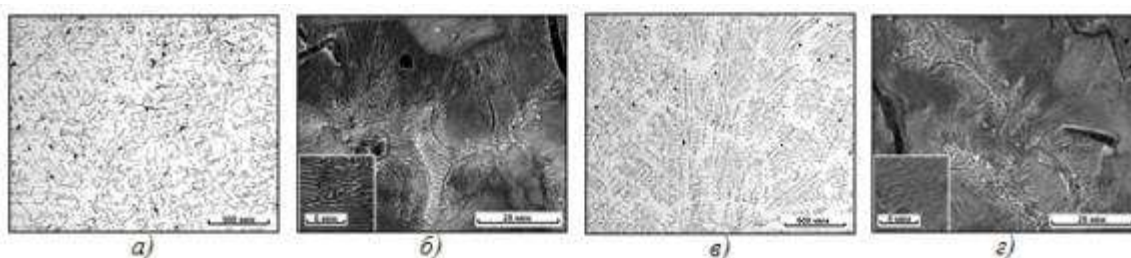


Рис. 1. Микроструктура чугуна СЧ25: а, б) немодифицированный образец; в, з) модифицированный образец; а, в) металлография; б, з) травлено

После введения МС распределение пластинчатого графита в металлической матрице имеет существенные изменения. Согласно ГОСТ 3443–87 характер распределения пластинчатого графита приобретает вид колоний дендритного направленного строения, наблюдается значительное уменьшение размера длины пластинчатого графита (рис. 1 в). Согласно гистограмме, размер длины пластинчатого графита после модифицирования лежит в диапазоне от ~6 до ~114 мкм, т.е. в 2 раза ниже по сравнению с немодифицированным образцом, средняя длина составляет $l_{\text{ср}} \approx 30$ мкм. Введение ультрадисперсной МС привело к изменению величины дисперсности пластин перлита (рис. 1 з): дисперсность пластин в немодифицированном чугуне составляет $D \approx 0,57$ мкм, и соответствует характеристике мелкопластинчатый перлит; дисперсность пластин в модифицированном образце увеличилась и составила $D \approx 0,32$ мкм, что соответствует характеристике скрытопластинчатый перлит. Характер кривых деформации не модифицированного и модифицированного чугунов СЧ25 одинаков (рис. 2). Модифицирование серого чугуна привело к небольшому повышению предела текучести на 40 МПа и прочности на 90 МПа. Твердость чугунов марки СЧ25 не изменилась и составила 207 НВ $\pm 5\%$. Измерение плотности отливок также не показало значительных изменений: для немодифицированного образца плотность составила 7100 ± 100 кг/м³, для модифицированного – 7250 ± 100 кг/м³. Таким образом, модифицирование оказывает небольшое положительное влияние на прочностные свойства и плотность

отливок, не изменяя пластичность и твердость.

Небольшое увеличение прочности в модифицированном образце, по-видимому, связано и с образованием фосфидной эвтектики (рис. 1 б, г). В работе [4] показано, что практически во всех серых

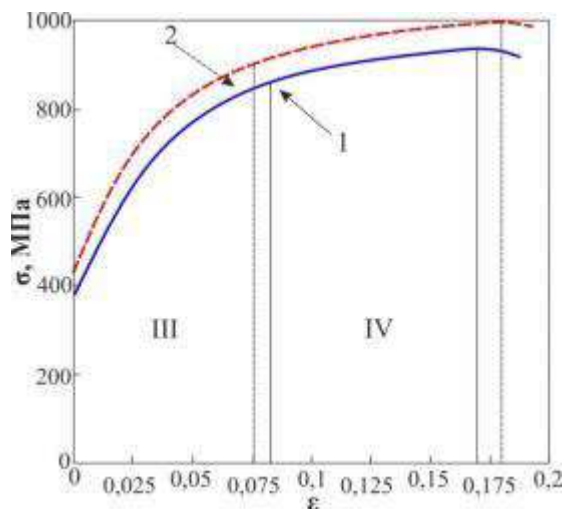


Рис. 2. Кривые «напряжение (σ) – деформация (ϵ)» не модифицированного (1) и модифицированного (2) чугунов СЧ25

промышленных чугунах, даже при небольшом содержании фосфора (иногда при 0,05%) образуется фосфидная эвтектика большей протяженностью, что видимо связано с введением в расплав частиц МС, блокирующих диффузию соответствующих атомов к зарождающимся и растущим кристаллам, что, в конечном счете, способствует сильной микроликвации фосфора, концентрирующегося при затвердевании в последних участках расплава.

Модифицирование чугуна СЧ25 ультрадисперсными порошками оксидов тугоплавких металлов и криолита приводит к существенному изменению характера

распределения и размеров пластинчатого графита, а также повышению дисперсности перлита, плотности отливок и предела прочности. Кроме того, при производстве отливок серого чугуна на производственных площадках ОАО «РМЗ «Енисей», металлургами было отмечено существенное уменьшение количества литейного брака.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ №13-02-98034 р_сибирь_a.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сабуров В. П., Черепанов А. Н., Жуков М. Ф., Галевский Г. В., Крушко Г. Р., Борисов В. Т. Плазмохимический синтез ультрадисперсных порошков и их применение для модифицирования металлов и сплавов. Новосибирск: Сиб. изд. фирма РАН, 1995. . – 344 с.
2. А.П. Зыкова, А.В. Чумаевский, Д.В. Лычагин, И.А. Курзина, Ю.А. Абзаев, Т.В. Демент. Влияние модифицирования на механические свойства чугунов // Известия ВУЗов. Физика. – 2013. – Т. 56. – №12/2. – С. 110–115.
3. А.П. Зыкова, А.В. Чумаевский, Д.В. Лычагин, И.А. Курзина, С.Ю. Тарасов, Т.В. Демент. Исследование износостойкости доэвтектического чугуна при комплексном модифицировании // Известия ВУЗов. Физика. – 2013. – Т. 56. – №12/2. – С. 116–120.
4. В.П. Мельников, К.В. Митюхина. Микростроение фосфидной эвтектики в чугуне крупных отливок // Вестник Брянского государственного технического университета. . – 2008. . – № 1. . – С. 10–13.