

The investigation of such foundry characteristics as fluidity, firmness, and also influence of composition on conditions of cast feeding is carried out. Analysis of the received results allowed to determine optimal proportion of boron components in alloy, corresponding to the complex of the required casting characteristics to a great extent and influencing on casting quality positively.

Н. Ф. НЕВАР, Ю. Н. ФАСЕВИЧ, БНТУ

УДК 621.141.25

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИТЕЙНЫХ СВОЙСТВ БОРСОДЕРЖАЩИХ СПЛАВОВ

Технический прогресс металлургических и машиностроительных отраслей промышленности в Республике Беларусь неразрывно связан с развитием и совершенствованием технологий литейного производства. В связи с широким применением новых материалов последние должны обладать свойствами, обеспечивающими повышение долговечности литых изделий.

На этом фоне несомненный интерес представляет разработка новых технологических процессов получения литых изделий на основе системы Fe—C, легированных бором, используя в качестве упрочняющих фаз не традиционные карбидные и интерметаллидные фазы, а характеризующиеся высокой твердостью и износостойкостью бориды.

Обеспечить качество литых изделий, в которых требуется достичь высоких физико-механических характеристик и эксплуатационных свойств, можно за счет формирования оптимальной структуры на стадии кристаллизации.

Исследования таких свойств как жидкотекучесть, плотность, а также влияние состава на условия питания отливки проводили на сплавах со следующим химическим составом, %: С — 0,2, В — 1,0–6,0, Si — 0,12–0,5, Mn — 1,5–3,4, Mo — 0,2–0,6, Al — 0,6–1,0, S, P — до 0,06. Выплавку экспериментальных сплавов необходимого химического состава проводили методом переплава шихты в высокотемпературной установке (печь Таммана). В качестве исходных компонентов применяли сталь с содержанием углерода 0,1–0,3%. В качестве борсодержащей составляющей шихты использовали мелкоизмельченный ферробор ФБ 17 из расчета 1–6% от содержания бора в сплаве. Дополнительное легирование и модифицирование проводили с использованием алюминия, марганца, кремния, кальция, молибдена. Для защиты от угара и окисления использовали покровный шлак.

Одним из факторов, наиболее существенно изменяющих такие литейные свойства сплава, как условия питания, является жидкотекучесть. В работе использовали методику, которая оценивает жидкотекучесть по длине части измерительного спирального канала, заполненного расплавом. Каждая точка на диаграмме соответствует среднему значению из семи определений. Сопоставление жидкотекучести и заполняемости формы показало, что химический состав сплава влияет на заполняемость в меньшей степени, чем на жидкотекучесть [1].

При изменении содержания бора от 0,2 до 3,0% кривая жидкотекучести носит немонотонный характер (рис. 1). Такое поведение объясняется влиянием температурного интервала кристаллизации, расположенного между линией ликвидуса и линией нулевой жидкотекучести на равновесной диаграмме состояния Fe—В [2, 3], называемого эффективным интервалом кристаллизации (рис. 2). Низкие значения жидкотекучести для сплавов с содержанием бора до 0,8% объясняются узким интервалом кристаллизации (расположенного между линией ликвидуса и линией нулевой жидкотекучести на равновесной диаграмме состояния Fe—В), возможно также влияние перетектической реакции. При увеличении концентрации бора до 2,2% возрастает склонность к последовательной кристаллизации и жидкотекучесть увеличивается. При смещении концентрации сплава к точке C_3 (3,8% В) жидкотекучесть резко возрастает вследствие кристаллизации значительного количества боридной эвтектики на завершающей стадии затвердевания сплава.

Экспериментальные данные по жидкотекучести сплавов в зависимости от температуры заливки (см. рис. 1) свидетельствуют о том, что при содержании в сплаве углерода 0,2% и бора в пределах 2,2–4,0% исследуемые сплавы обладают высокой жидкотекучестью (780–800 мм,

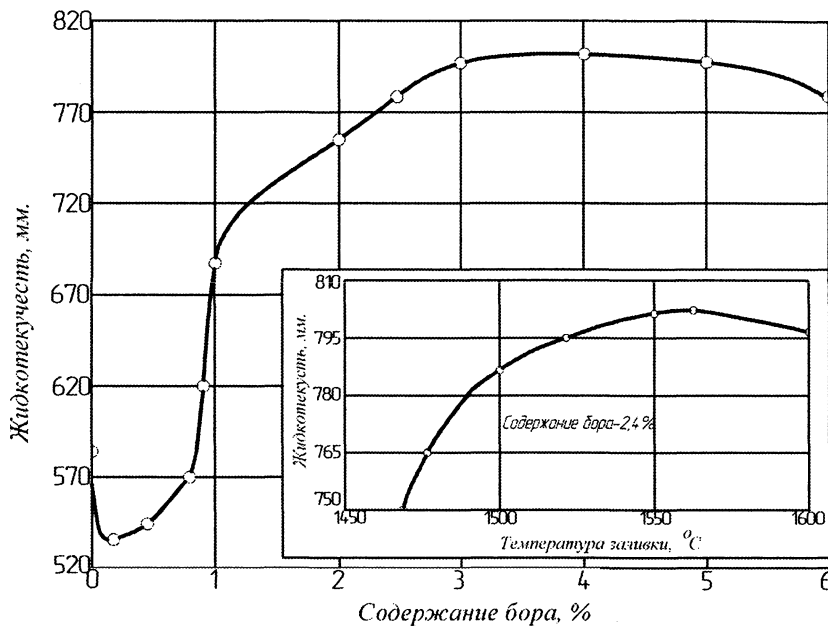


Рис. 1. Изменение жидкотекучести сплава

ГОСТ 9864-74). Максимальная жидкотекучесть отмечается у сплавов с содержанием бора 2,3–2,5%.

Об условиях питания отливки судят по изменению плотности сплава. Как видно из рис. 3, при повышении концентрации бора происходит увеличение значений плотности. При этом действие бора проявляется в выравнивании плотности на периферии и в центре отливки, также уменьшается склонность сплава к гравитационной ликвации.

Для характеристики усадки на различных этапах формирования отливки использовали способ определения относительного объема концентрированной усадочной раковины. В целом картина аналогична изменению положения минимума жидкотекучести. Минимум объема усадочной раковины (2,8–3,0%) фиксируется при концентрациях вблизи точек C_p и C_p' , что соответствует содержанию 0,8–1,0% бора (рис. 4). Это объясняется образованием дендритов α -твердого раствора, между которыми находятся смыкаемые между собой участки эвтектики с размерами зерен α -твердого раствора в сечении шлифа от 5 до 20 мкм. Увеличение концентрации бора до 3% приводит к возрастанию объема усадки до 4,3%. Объясняется это смещением сплава к точке C_3 (рис. 5). В результате происходит сужение интервала кристаллизации и образование значительного количества первичных выделений фазы $Fe_3(C, B)$. Структура состоит из бороцементитной фазы $Fe_3(C, B)$ и разветвленной мелкопластинча-

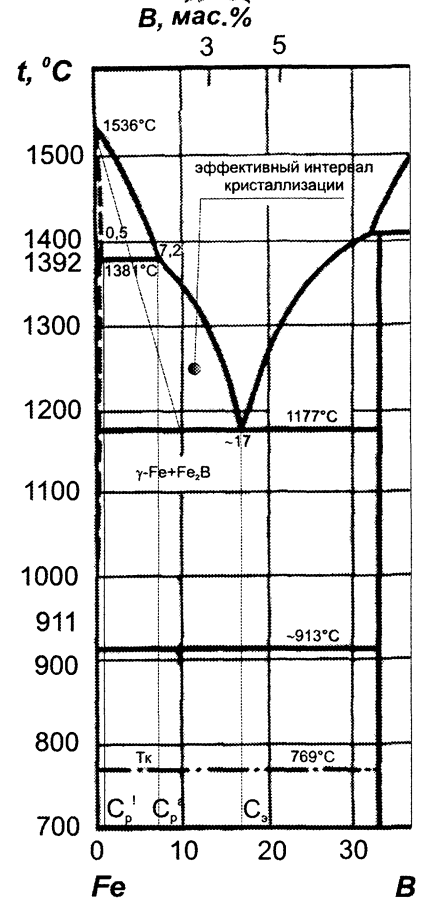


Рис. 2. Часть диаграммы состояния Fe–B для жидкотекучести сплава

той тройной эвтектики (α -Fe + Fe_3C + Fe_2B) [4], состоящей из скелетных дендритных образований с осями первого и второго порядка размером 30–70 мкм.

Анализ полученных результатов позволил определить оптимальное соотношение компонентов бора в сплаве, наиболее полно отвечающее комплексу требуемых литейных свойств и положительно влияющее на качество литья. Эксперименты показали, что рекомендуемый температурный режим заливки 1480–1520 °С, при котором обеспечивается необходимый тепловой режим в форме, а также предотвращается размывание

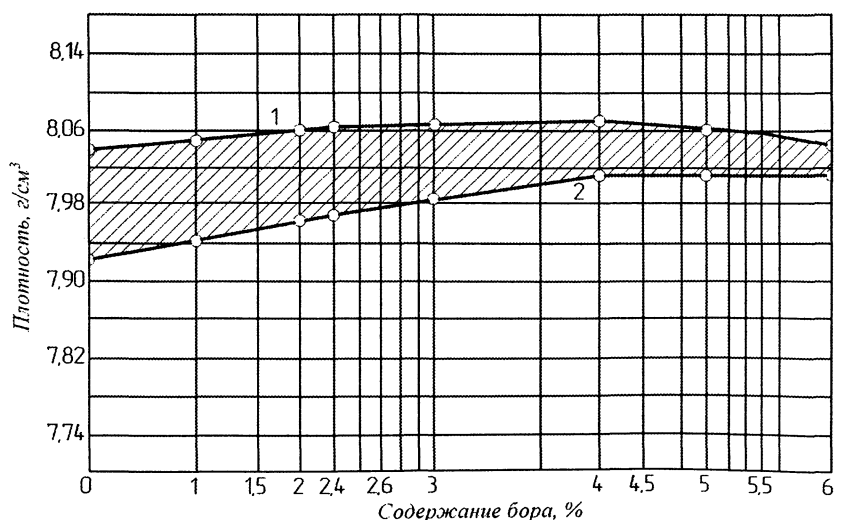


Рис. 3. Влияние содержания бора на плотность: 1 – наибольшая плотность; 2 – наименьшая плотность

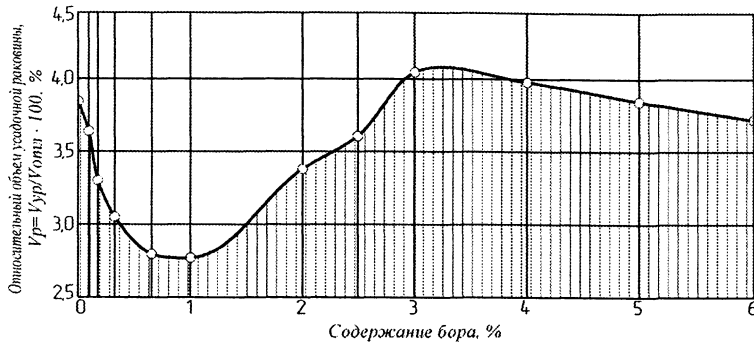


Рис. 4. Влияние содержания бора на относительный объем усадочной раковины

стыков формы жидким металлом, что имеет место в случае осуществления процесса заливки при более высоких температурах.

Установлено, что наиболее заметное увеличение жидкотекучести отмечается у сплавов с содержанием бора 2,3–2,5%. По факту изменения плотности и объема усадочной концентрированной раковины данные характеристики имеют разброс значений, связанных с особенностями бора как легирующего элемента, способного адекватно влиять на микроструктуру стали, а также с технологическими факторами, такими, как перегрев металла и условия питания отливки.

Литература

1. Воздвиженский В.М., Грачев В.А., Спаский В.В. Литейные сплавы и технология их плавки в машиностроении. М.: Машиностроение, 1984. С. 55–70.
2. Корольков А. М. Литейные свойства металлов и сплавов. М.: Наука, 1967.
3. Гуляев Б. Б. Литейные процессы. М.: Машгиз, 1960.
4. Vogel R., Tammann G. Zeitschrift fur anorganische und allgemeine Chemi. 1922. N. 4. V. 123. S. 225–275.

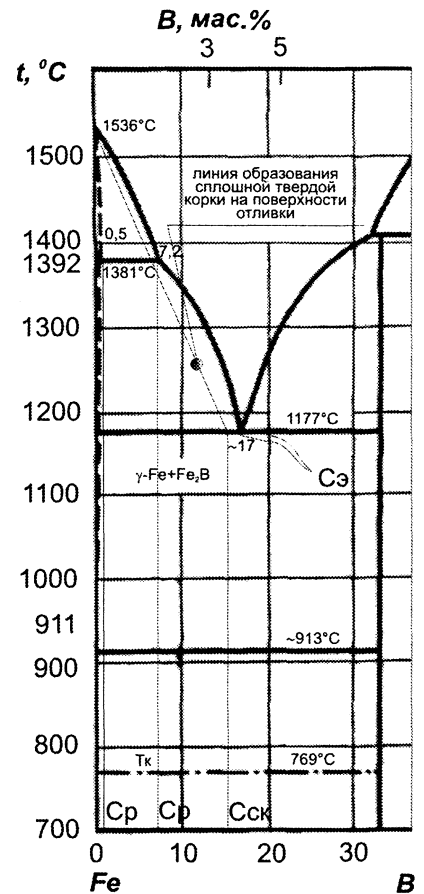


Рис. 5. Часть диаграммы состояния Fe–B для относительного объема усадочной раковины