

Д.В. Куис, доц., канд. техн. наук;
Н.А. Свидуневич, проф., д-р техн. наук;
А.С. Раковец, ассист.; О.Ю. Цынкович, инж.;
Д.Д. Гордиенко, асп. (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СЕРОГО ЧУГУНА ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ОТЛИВОК С РАЗЛИЧНОЙ СКОРОСТЬЮ

Степень эффективности модифицирования на число эвтектических зерен в значительной мере определяется скоростью охлаждения отливок, оказывающей действие, аналогичное модифицированию, а именно, чем больше скорость охлаждения, тем мельче эвтектическое зерно. Об эффективности воздействия скорости охлаждения свидетельствует крутой подъем кривых изменения размеров эвтектических зерен. В это же время при увеличении углеродного эквивалента или эвтектичности чугуна эффект измельчения зерна уменьшается независимо от скорости охлаждения.

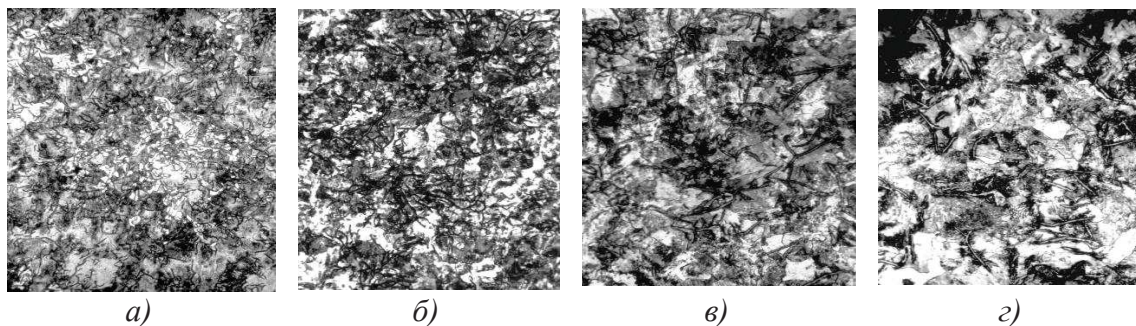
Таким образом модифицирование и скорость охлаждения вносят значительные изменения в процессы первичной кристаллизации чугуна. Об этом свидетельствует кривая охлаждения опытных отливок, построенных по данным термического анализа. Учитывая низкое содержание кремния в исследуемых сплавах, принимаем такой уровень и интервал температур кристаллизации эвтектики по стабильной и метастабильной системе.

Благодаря внесению в расплав большого количества готовых зародышей графита модифицирование сильно уменьшает переохлаждение сплава. Как видно из расположения температур $t_{ст-тмет}$ и температур кристаллизации в сплавах, структура серого чугуна в немодифицированном сплаве образуется лишь в отливках диаметром 80 и 40 мм., которым соответствуют кривые охлаждения V1 и V2. Сравнительно небольшое увеличение скорости охлаждения такого сплава ведет к тому, что эвтектическая кристаллизация в нем идет по метастабильной системе.

При малых скоростях охлаждения ($\varnothing 40$ мм и $\varnothing 80$ мм) с увеличением углеродного эквивалента C_s происходит огрубление графитных включений, увеличение их длины, увеличивается количество феррита.

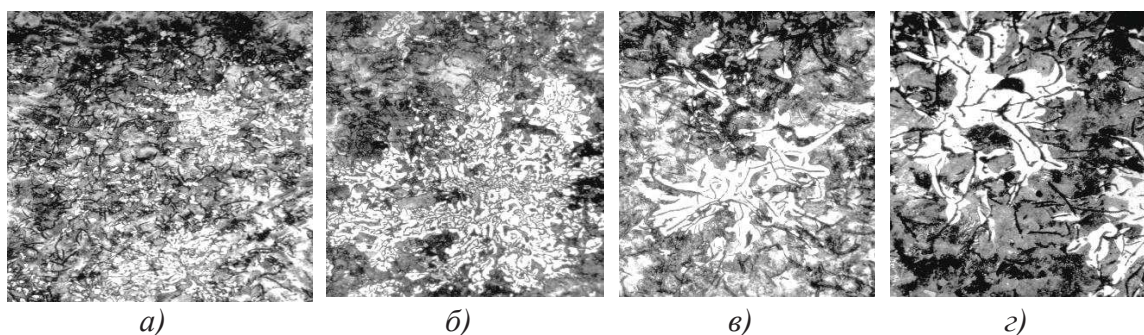
Как известно, непосредственно после расплавления или недостаточно продолжительной выдержке при высоких температурах в жидком чугуне содержатся остатки бывших включений графита. Они вместе с окислами и другими включениями «замутняют» расплав чу-

гуна и играют весьма существенную роль в процессе его кристаллизации. Наличие в расплаве активных зародышей графита обуславливает ход последующей кристаллизации отливки по стабильной или метастабильной системе, определяет число эвтектических зерен и других особенностей структуры чугуна.



a – толщина стенки отливки 10 мм (x150); *б* – толщина стенки отливки 20 мм (x150); *в* – толщина стенки отливки 40 мм (x150); *з* – толщина стенки отливки 80 мм (x150)

Рисунок 1 – Влияние скорости охлаждения на структуру выплавляемого чугуна ($C_3=3,57$)



a – толщина стенки отливки 10 мм (x150); *б* – толщина стенки отливки 20 мм (x150); *в* – толщина стенки отливки 40 мм (x150); *з* – толщина стенки отливки 80 мм (x150)

Рисунок 2 – Влияние скорости охлаждения на структуру выплавляемого чугуна ($C_3=4,19$)

Для получения наибольшего модифицирующего эффекта в чугуне необходимо перегревом уничтожить крупные зародыши графита, которые вызывают эвтектическую кристаллизацию при малом переохлаждении с образованием небольшого числа эвтектических зерен. Получение мелкого эвтектического зерна в отливке может быть обеспечено лишь в результате кристаллизации сплава при таком переохлаждении, когда используется большое число мелких зародышей графита.

Если расплав, богатый включениями, был недостаточно перегрет через модифицирование, в нем может быть достаточно много крупных зародышей графита. Они будут расти при очень малых степенях переохлаждения сплава, а мелкие потенциальные зародыши,

внесенные в расплав в результате модифицирования, не могут быть эффективными.

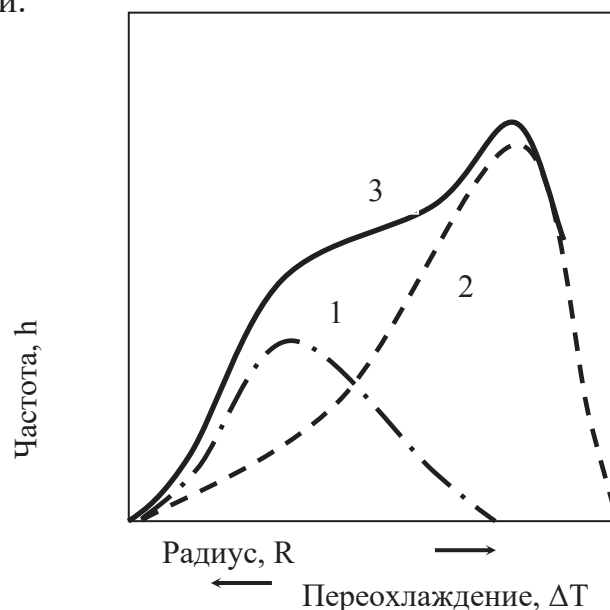


Рисунок 3 – Частотные кривые распределения зародышей графита n в немодифицированном 1 и модифицированном 2 чугуна в зависимости от степени переохлаждения сплава ΔT , °C

В подобном случае для получения высокого эффекта модифицирования необходимо удалить из расплава готовые крупные зародыши графита или обеспечить переохлаждение до температур, при которых возникает большое число эвтектических зерен. Это может быть достигнуто, в частности, за счет увеличения скорости охлаждения и др. В любом случае, обеспечение надлежащего переохлаждения в процессе эвтектической кристаллизации является одним из важнейших факторов получения оптимального эффекта модифицирования.

Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о том, что эффект модифицирования в значительной мере зависит от скорости охлаждения и эвтектичности чугунов.