



The kinetics of solidification and speed of solidification of 10-tons steel ingots with insertion of grit into smelt is presented.

Л. А. СОКОЛОВСКАЯ, В. П. ОСИПОВ, В. А. МАМИШЕВ,
Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины

УДК 669.18:621.746

ОСОБЕННОСТИ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ СЛИТКОВ С ДРОБЬЮ

Усовершенствование существующих и создание новых технологий разливки стали является важной и сложной задачей получения качественных слитков [1]. Значительное улучшение их качества обеспечивают [2] разработанные технологии разливки стали в слитки с вводом в расплав микрохолодильников (железного порошка, литой дроби и др.).

Прогрессивной технологией получения крупных слитков высокого качества является разливка кипящей и спокойной стали в изложницы с вводом дроби на струю жидкого металла [3]. Подача литой дроби на струю в процессе разливки стали поддается регулированию, так как близкая к сферической гладкая поверхность литых дробин способствует тому, что дробь оптимальной фракции в насыпном виде не подвержена комкованию и обладает хорошей текучестью.

Цель данной работы – количественно оценить влияние разной дозы стальной дроби на скорости затвердевания стального слитка в чугунной изложнице. Расчеты температурных полей слитков, времени и скоростей их затвердевания в изложнице представляют большой интерес для инженерной практики и могут быть использованы при выборе режимов нагрева слитков для последующейковки и прокатки. Однако закономерности затвердевания крупных слитков с введенной в расплав дробью изучены недостаточно, особенно в условиях повышенного газообразования кипящей стали.

Получение слитков нераскисленной (кипящей) стали характеризуется интенсивным образованием газов в начальный период затвердевания расплава. Процесс кипения стали в полости изложницы может быть либо вялым, либо бурным. При слабом кипении стали образуются вогнутый профиль «головы слитка» и повышенное содержание газов в его объеме, что уменьшает выход годного металла. И наоборот, при бурном кипении стали происходит интенсивное газообразование в теле формирующегося слитка.

После химического закупоривания слитка кипящей стали давление газов в его головной части повышается, что способствует образованию выпуклого профиля «головы слитка». При этом возможен выброс газов в атмосферу из-за возникновения свищей в верхней корочке затвердевающего слитка, что может привести к нежелательному окислению боковых стенок усадочной раковины и быть причиной несвариваемости металла головной части слитков при их прокатке на слябы, а затем на рулоны и лист. Так как кипение металла в изложнице происходит лишь в период образования твердой корочки слитка, то последующая кинетика затвердевания слитков кипящей и спокойной стали будет отличаться незначительно.

Чтобы выявить закономерности продвижения фронта затвердевания в слитках, отлитых с дробью, применен метод вычислительного эксперимента. По разработанной методике математического моделирования рассчитаны [4] температурные поля на среднем горизонте 10,2-тонных кузнечных стальных слитков, затвердевающих в чугунной изложнице. Расчетная кинетика затвердевания слитков с вводом в расплав разной дозы дроби в диапазоне 0–12,5% позволяет оценить скорость и время затвердевания слитков, толщину затвердевшего слоя металла от начала разливки стали до конца затвердевания слитка.

Сравнение кривых продвижения фронта солидус для слитков с дробью (рис. 1, кривые 2–5) показывает, что увеличение в жидкой стали дроби значительно ускоряет процесс затвердевания слитка. Кинетика нарастания толщины твердого слоя затвердевшего металла от поверхности слитка к его оси имеет близкий к параболическому характер изменения во времени, который подчиняется закону квадратного корня почти до $2/3$ радиуса слитка.

Дифференцированием кинетических кривых 1–5 на рис. 1 получены кривые (рис. 2) изменения скорости продвижения твердой корки (фрон-

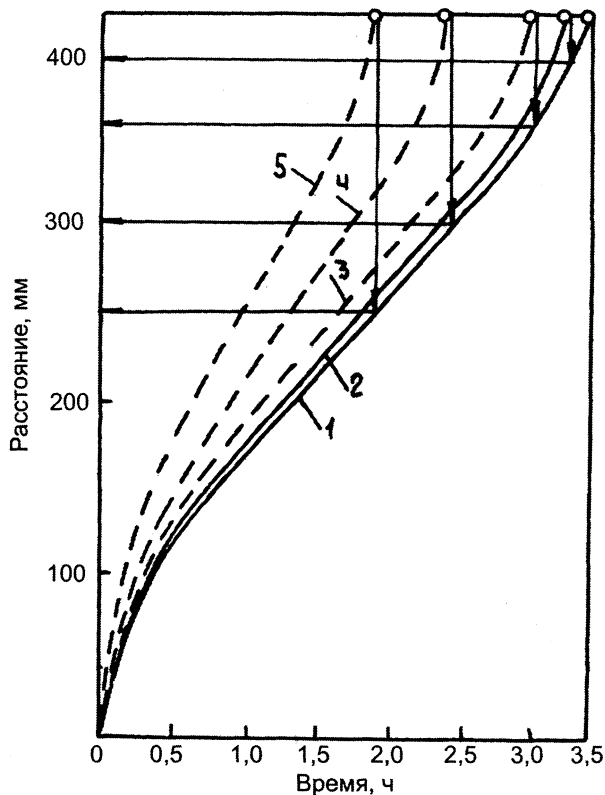


Рис. 1. Влияние дозы дробы диаметром 3 мм на кинетику и время затвердевания кузнечного слитка спокойной стали массой 10,2 т: 1 – без дробы; 2 – 1,4% дробы; 3 – 2,8; 4 – 7; 5 – 12,5%

та солидус) к тепловому центру (оси) слитков, затвердевающих с разной дозой дробы. Из рисунков видно, что независимо от дозы введенной в расплав стальной дробы скорости нарастания твердой корки максимальны в начальный период затвердевания слитков, когда происходит интенсивный теплоотвод от поверхности слитка к изложнице. Затем скорости затвердевания снижаются и к 60-й минуте приближаются к постоянной величине около 2 мм/мин. При затвердевании осевых объемов слитка значения скоростей затвердевания снова возрастают, что объясняется снятием перегрева стали и увеличением отношения поверхности охлаждения жидкой сердцевины слитка к объему затвердевающего металла.

Математическим моделированием на ЭВМ установлено, что, несмотря на значительное ускорение (рис. 2) процесса затвердевания слитков с введенной в расплав дробью, ход кривых затвердевания во времени остается аналогичным затвердеванию слитков без дробы. Следует также отметить, что скорости затвердевания 10,2-тонных слитков согласуются со скоростями затвердевания в горизонтальном сечении 13,1-тонного слитка [5].

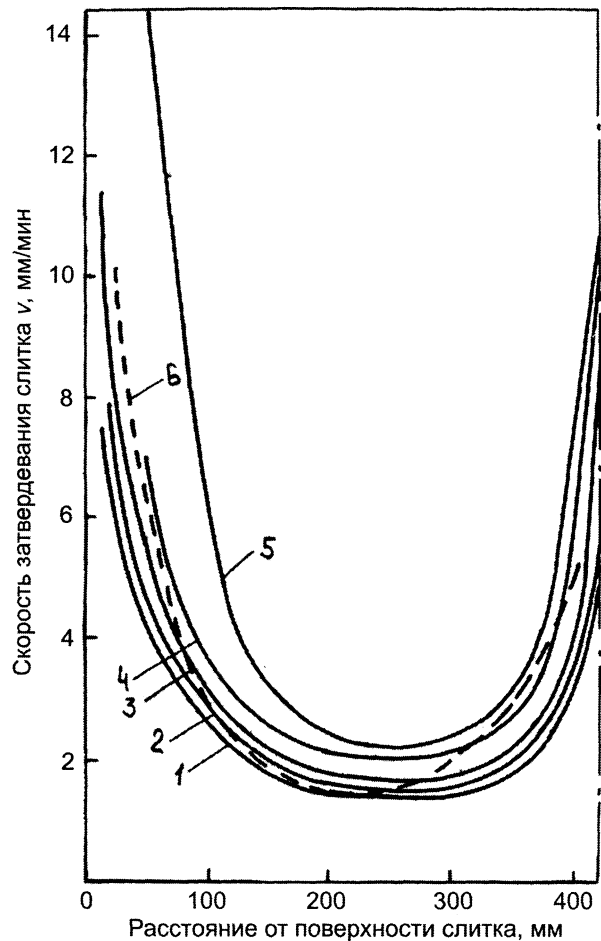


Рис. 2. Изменение скорости затвердевания по сечению слитка массой 10,2 т с разной дозой введенной дробы: 1 – 0; 2 – 1,4%; 3 – 2,8; 4 – 7; 5 – 12,5%; 6 – данные [5] по затвердеванию слитка массой 13,1 т

Таким образом, проведенные исследования подтверждают высокую эффективность теплофизического влияния дробы на интенсификацию процесса затвердевания крупных стальных слитков с целью улучшения качества литого и деформированного металла.

Литература

1. Ефимов В.А. Разливка и кристаллизация стали. М.: Металлургия, 1976.
2. Затуловский С.С. Суспензионная разливка. Киев: Наукова думка, 1981.
3. Разливка кипящей стали с применением металлических микрохолодильников / В.А. Ефимов, В.П. Осипов, В.В. Шепелев и др. // Повышение качества стальных слитков. Киев: ИПЛ АН УССР, 1988.
4. Соколовская Л.А., Мамишев В.А. Численное моделирование на ЭВМ температурных полей в радиально-симметричных ситемах слиток-изложница и микрохолодильник-расплав // Физико-химические воздействия на кристаллизацию стали. Киев: ИПЛ АН УССР, 1982. С. 71–77.
5. Скворцов А.А., Сидоров С.П. Математическое и физическое моделирование макроструктуры непрерывных стальных слитков // Проблемы стального слитка. М.: Металлургия, 1978. Вып. 7. С. 198–201.