

В.А. Гринберг, В.Ф. Соболев,
В.В. Черевань, Г.И. Столярова,
А.Е. Дукач

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ПЛОСКОГО КРИСТАЛЛИЗАТОРА ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ

Формирование отливки происходит вследствие теплообмена между залитым металлом и формой; интенсивность отвода тепла определяет длительность процессов затвердевания. В кристаллизаторах установок непрерывного литья отвод тепла, выделяющегося при кристаллизации слитка, осуществляется через стенку рабочей пластины к охлаждающей воде.

Для выявления закономерности затвердевания отливки в процессе непрерывного литья использован метод экспериментального определения температурного поля кристаллизатора.

Изучение этого поля проводили на пластине (стенке кристаллизатора), рабочая плоскость которой имеет плоскую и ребристую поверхность (рис. 1). В пластину устанавливали

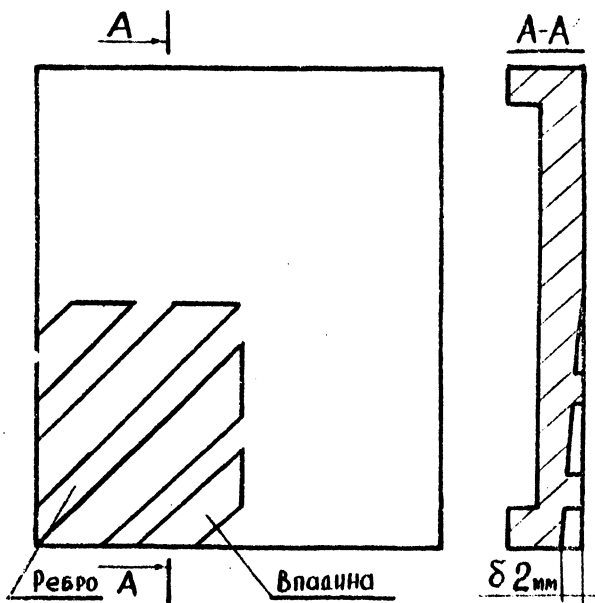


Рис. 1

хромель-алюмелевые термопары диаметром 0,2-0,5 мм. Рас-

пределение термопар (рис. 2) предусматривало измерение температуры в четырех поясах по высоте кристаллизатора. Установку и заделку термопар производили импульсной приваркой по следующей методике.

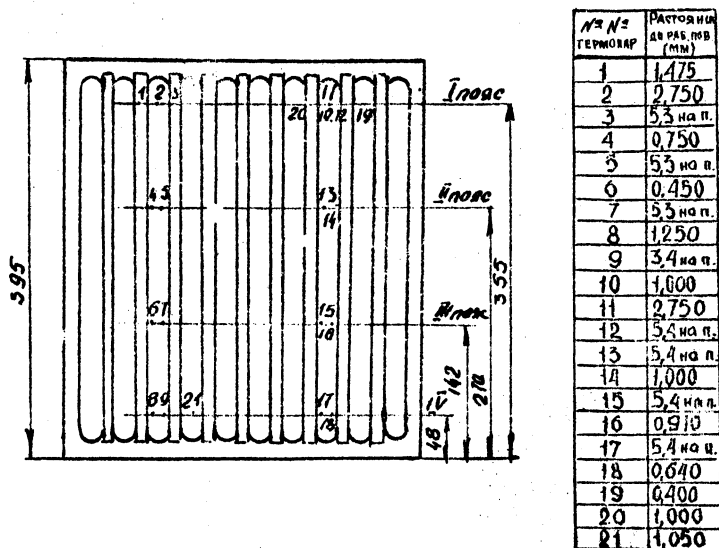


Рис. 2

В рабочей пластине на охлаждаемой стороне сверлили для каждой термопары на одинаковую глубину два глухих отверстия с расстоянием между центрами 3 мм. В отверстия вставляли кварцевую или керамическую трубку и конец термоэлектрода. Термоэлектрод и пластину подсоединяли к установке импульсной приварки. Плотно прижимаемый к пластине конец термоэлектрода электрическим разрядом приваривался в месте контакта. После приварки термоэлектроды со стороны водоохлаждаемой поверхности кристаллизатора заливали эпоксидной смолой. Каждый термоэлектрод изолировали хлорвиниловой трубкой. Такой метод установки термопар обеспечил достаточную прочность крепления и стабильность их показаний. Показания термопар фиксировали на осциллографах Н 100 и Н004, температуру заливаемого металла – платино-платинородиевой термопарой, погружения на приборе ЭПТ-09М.

материал отливки – СЧ 21-40;

температура заливаемого металла – 1320°С;

скорость литья – 0,4 м/мин;
скорость охлаждающей воды – 5,3 м/сек.

Материал кристаллизатора – сталь 3, толщина стенки без учета ребер жесткости 6 мм.

Анализ результатов полученных измерений даст возможность определить характер изменения интенсивности теплообмена на различных уровнях кристаллизатора. Сравнение температурного поля кристаллизатора (рис. 3 а, б) с ребрами на рабочей поверхности (6, 7, 8, 9) и без ребер (15, 16, 17, 18) показывает,

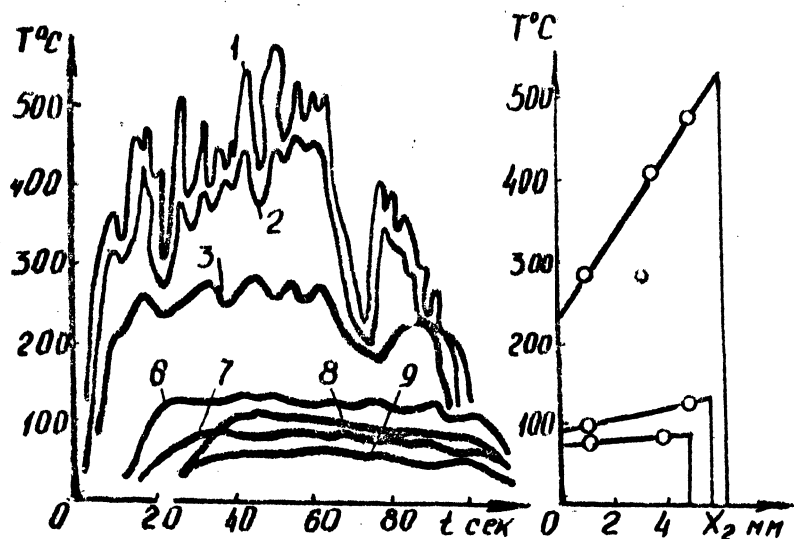


Рис. 3

что при стабильном процессе температуры кристаллизатора близки к постоянным в то время как термопары кристаллизатора с гладкой поверхностью имеют колебания 60–80°C. Выравнивание температуры в ребристой стенке объясняется наличием воздушного зазора, искусственного образованного ребрами и впадинами. Теплопровод от отливки происходит более интенсивно на гладкой части кристаллизатора. Можно отметить заметное отличие температурного поля по поясам. Наблюдается значительное падение температуры при удалении от 1-го пояса к 1У-му. Так, наиболее разогретым оказывается 1-й (верхний) пояс, температура рабочей поверхности которого достигает 520–540°C, в то время как температура рабочей поверхности в

III зоне равна $230-240^{\circ}\text{C}$ и $110-130^{\circ}\text{C}$ в 1У-й. Постепенное снижение температуры рабочей поверхности пластины кристаллизатора объясняется появлением газового зазора между отливкой и стенкой кристаллизатора и снижением теплоемкости отливки в результате увеличивающейся толщины затвердевшей корки.

В каждом поясе наблюдаются колебания температуры во времени: в верхних поясах они более значительны ($80-100^{\circ}\text{C}$), чем в нижних ($20-30^{\circ}\text{C}$). Колебания температуры наружной поверхности кристаллизатора во всех зонах указывает на то, что первоначальная корочка периодически отходит от рабочей поверхности, затем прижимается к ней. Значительное падение температуры рабочей поверхности на 60-65 секундах течения процесса (кривые 1, 2, 3, 10, 11, 12 на рис. 3 а,б) объясняется падением уровня металла в кристаллизаторе ниже уровня установленных термомпар.

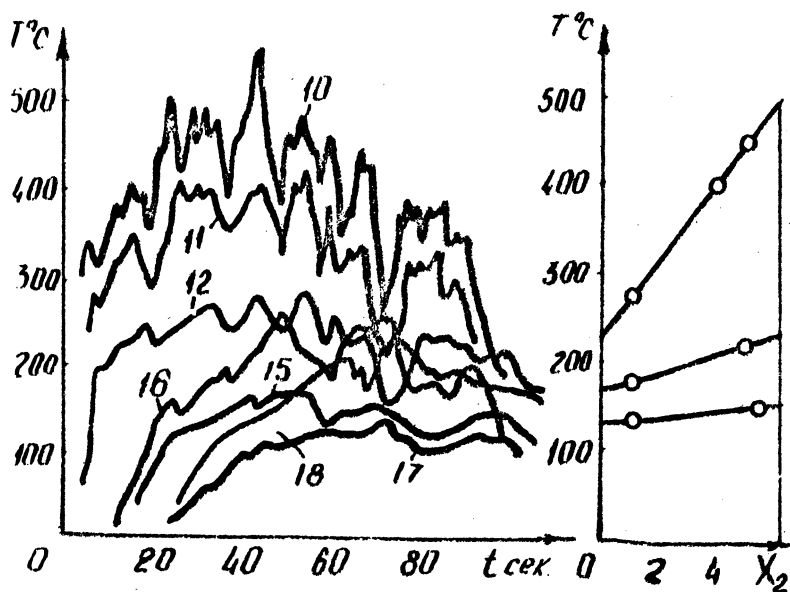


Рис. 4.

Исследования температурного поля кристаллизатора при непрерывном литье показали, что кристаллизатор испытывает циклические тепловые нагрузки, уменьшающиеся от зоны за-

ливки металла к зоне выхода отливки из кристаллизатора. Верхняя часть кристаллизатора находится в наиболее жестких тепловых условиях, так как подвержена постоянному действию высоких температур. Даже при установившемся стабильном процессе существует значительная разность тепловых нагрузок верхней и нижней части кристаллизатора и соответственно, значительно отличающийся перепад температур по толщине стенки кристаллизатора, поэтому неизбежно коробление и в продольном и в поперечном сечениях. Наличие пазов переменного сечения на рабочей поверхности кристаллизатора, создающих искусственный газовый зазор, снижает интенсивность охлаждения и способствует выравниванию тепловых нагрузок. Неравномерность и значительное различие тепловых нагрузок в кристаллизаторе предопределяют использование сборной конструкции кристаллизатора с автономным охлаждением различных его участков. Эффект, полученный в зонах с показаниями на рабочей поверхности кристаллизатора, может быть использован для создания в кристаллизаторе зон с различной интенсивностью теплоотвода. Комбинация этого приема и модифицирования при непрерывном литье чугуновых отливок позволит получить перлитную структуру, предупредить или снизить до минимума отбел.

Результаты лабораторных исследований были использованы при проектировании кристаллизатора для отливки "рейка строгального станка" станкостроительного завода им. Октябрьской революции и выбора параметров технологического процесса.

А.С. Калиниченко, А.В. Никитин

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МЕДНОЙ ПЛОСКОЙ ЗАГОТОВКИ НА ВРАЩАЮЩЕМСЯ КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ

Как сообщалось ранее [1], опыты по получению плоской заготовки из меди методом литья намораживанием на вращающийся кристаллизатор вначале проводились на валке из алюминиевого сплава. Тонкостенный кристаллизатор не позволяет создать равномерный отвод тепла от намораживаемой корки вследствие неустойчивого теплообмена на водоохлаждаемой поверхности, что приводит к образованию ленты с неравномерной толщиной по сечению. Поэтому толщина стенки кристаллизатора выбиралась из условия, что за время намораживания стенка валка-кристаллизатора работает как полубесконечное тело. До тех пор, пока время процесса невелико, теплоаккумулирующая