

УДК 621.763: 621.74.047

*Е.С. Титова, Н.И. Тарасевич\*, Т.М. Титова, И.Н. Тарасевич\**

*\*Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины,  
Киев  
Днепродзержинский государственный технический университет,  
Днепродзержинск*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ, СОПРОВОЖДАЮЩИХ ФОРМИРОВАНИЕ МАЛОМЕРНЫХ НЕПРЕРЫВНОЛИТЫХ СТАЛЕМЕДНЫХ ЗАГОТОВОК**

Представлены результаты работы, касающиеся проблемы получения высококачественных биметаллических заготовок – важнейшего класса композитных материалов, сочетающих комплекс физико-механических свойств принципиально отличающийся или превосходящий свойства их составляющих компонентов. По мнению авторов, актуальность указанной проблемы обусловлена неуклонно растущим рынком биметаллической металлопродукции и ужесточением требований к ее качеству. Одним из возможных вариантов решения задачи увеличения объема производства слоистых биметаллов является создание технологий широкомасштабного производства такой продукции, например, с использованием непрерывного и полунепрерывного литья заготовок.

Цель работы состояла в оптимизации параметров технологии получения маломерных сталемедных полунепрерывнолитых заготовок. Объектом исследования являлся процесс твердожидкого взаимодействия фаз, осуществляемый в цилиндрической графитовой форме, расположенной в водоохлаждаемом кристаллизаторе.

Реализация поставленной цели достигнута посредством привлечения метода математического моделирования, что позволило избежать энергетических, материальных, финансовых расходов, имеющих место при проведении натурных экспериментов. При этом задача математического моделирования состояла в определении скорости затвердевания, интенсивности теплоотвода, характера теплообмена между различными составляющими системы. В качестве математической модели процессов теплообмена решена двухмерная задача нестационарной теплопроводности в осесимметричной постановке.

Рассмотрены теплофизические процессы, сопровождающие затвердевание биметаллической заготовки в кристаллизаторе. В результате проведенного вычислительного эксперимента установлено, что ход затвердевания биметалла на начальном этапе времени определяется воздействием двух противонаправленных тепловых потоков: к стальной проволоке и графито-

вой формообразующей вставке, которые обусловлены разностью температур между последними и медным расплавом. По мере прогрева стальной проволоки и перемещения формирующейся сталемедной заготовки ход затвердевание ее в значительной мере определяется объемом, занимаемым стальной проволокой. При этом возможны варианты, когда стальная проволока является макрохолодильником и тогда фронт кристаллизации продвигается в двух направлениях или когда проволока превращается в аккумулятор тепла и наращивание слоя меди осуществляется только в одном направлении – противоположном направлению теплоотвода к поверхности кристаллизатора.

Обнаружено, что во всех случаях скорость затвердевания медного расплава достигает максимального значения непосредственно в момент контакта его со стальной проволокой и с поверхностью графитовой формы. При этом первоначально, независимо от размера, стальная проволока является макрохолодильником, а ее последующее возможное превращение в место теплостока определяется соотношением слоев стали и меди в биметаллической заготовке. Рассмотрены особенности теплообмена между различными составляющими системы. Выполнен расчет температурно-скоростных параметров затвердевания в зависимости от соотношения слоев биметалла (25-75% стали). На основании обработки результатов вычислительного эксперимента, получено уравнение, представляющее аналитическую зависимость времени затвердевания медного расплава от толщины затвердевающего слоя при различной высоте жидкой металлической ванны (5 см, 10 см, и 12 см). Обнаружено хорошее совпадение результатов, полученных в результате вычислительного эксперимента и рассчитанных по уравнению регрессии.