



*There is presented the method of non-contact of the hardening processes of thin-walled cast iron wares.*

Д. Э. КРИЦКИЙ, ЛГРЭС,  
В. Т. МИНЧЕНА, А. Д. КРИЦКИЙ, А. Н. КРУТИЛИН, А. И. СТАНЮК, БНТУ

УДК 621.740.04

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ЗАГОТОВОК

Для регистрации процессов кристаллизации используется большое количество различных способов, среди которых наибольшее распространение получил способ измерения с помощью термопар. Для тонкостенных заготовок использование термопар приводит к значительной погрешности измерений, так как они оказывают влияние на процесс кристаллизации и обладают достаточно большой инерционностью.

Для исследования процессов кристаллизации заготовок разработана методика бесконтактного измерения, в основу которой положен принцип 4-плечного трансформаторного измерительного моста. Его отличительной особенностью является наличие индуктивно связанных плеч в диагонали источника питания высокой частоты. Для того чтобы мост был уравновешенным, параметры катушек 1–4 (плеч моста) подбирали таким образом, чтобы напряжения во вторичных обмотках трансформатора были равны по величине и фазе падениям напряжения в плечах моста.

Разработанный трансформаторный измерительный мост обеспечивает практически постоянную чувствительность при измерении в широком диапазоне частот с погрешностью до 1%.

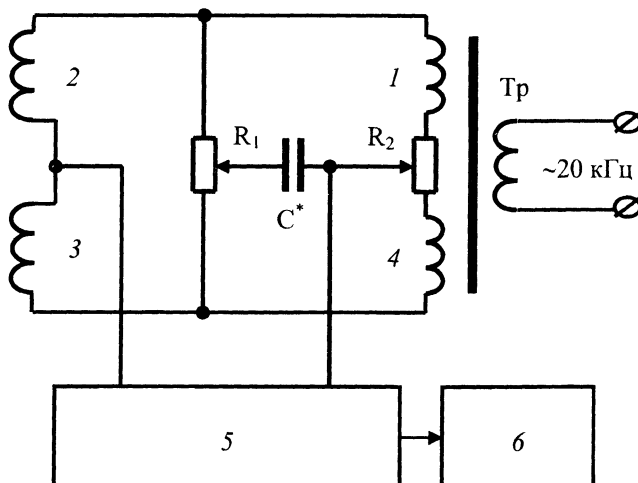
Расплавленный металл заливали в шамотографитовый тигель ТГ5, в боковой поверхности которого был помещен полый песчаный стержень, изготовленный из смеси на основе жидкого стекла. Стержень помещали в одну из катушек, а в другую, для согласования плеч моста и повышения чувствительности схемы, — аналогичный по размерам пруток чугуна. Катушки высотой 5 мм намотаны на асбоцементный каркас медным проводом диаметром 0,45 мм, количество витков — 150. Чтобы исключить влияние магнитных полей, катушки помещали в алюминиевый кожух, а соединительные провода — в экранирующую оплетку.

Электрическая схема, показанная на рисунке, включает в себя вторичные обмотки высокочастотного трансформатора, помещенные в экран

(каждая обмотка включает 200 витков, намотанных медным проводом диаметром 0,01 мм) (1, 4), обмотки измерительных индуктивных датчиков, включенные по полумостовой схеме (2, 3), элементы, позволяющие балансировать данную схему на «ноль», по активной и реактивной составляющим ( $R_1$ ,  $R_2$ ,  $C$ ), электронный блок (5), регистрирующее устройство (6), высокочастотный трансформатор ( $T_p$ ).

Значения, задаваемые электронным блоком, определены после проведения серии предварительных экспериментов. Максимальная чувствительность схемы получена при частоте 26 кГц и напряжении 10 В. Схема позволила фиксировать не только процесс затвердевания, но и структурные превращения, происходящие в заготовке в процессе охлаждения.

Несколько усовершенствованная схема, позволяющая фиксировать процесс модифицирования расплава, отличается принципом балансировки моста и количеством витков, которое было увеличено до 700. С помощью блока сопротивлений определяли максимальное отклонение моста



Принципиальная измерительная схема для испытаний процесса кристаллизации металлов

от равновесного состояния при помещении в катушку алундового тигля с расплавленным металлом. При проведении экспериментов с помощью переменного резистора устанавливали сопротивление в одном из плеч моста, равное сопротивлению тигля с расплавленным металлом, тем самым значительно повысили чувствительность схемы. Результаты фиксировали и обрабатывали на ЭВМ.

Для сопоставления полученных результатов разработана методика измерения электросопротивления расплавленного металла, с помощью которой можно регистрировать изменение электросопротивления  $\sim 10^{-4}$  Ом с высокой точностью и малой погрешностью  $\sim 1\%$ . В основу схемы положен метод гальванически развязанного резисторного моста, питаемого переменным током. Для измерения электросопротивления расплава использовали в качестве одного из резисторов мостовой схемы. Ввиду того что величины сопротивлений схемы очень малы, для питания моста использовали стабилизированное переменное напряжение 1 В, что позволило сделать его более стабильным и исключить влияние разогрева электродов и мостовых резисторов. Мостовой ток подводили к расплаву с помощью трех вольфрамовых электродов диаметром 2 мм, помещенных в кварцевые трубки. Для достижения максимальной величины изменения электросопротивления в процессе модифицирования расплава проводили

балансировку моста. Переменное напряжение разбалансировки моста подавали на прецизионный операционный усилитель с коэффициентом усиления  $10^8-10^9$ . Преобразованный сигнал интегрировали и подавали на аналого-цифровой преобразователь для записи полученных данных в память ПЭВМ и дальнейшей их обработки.

Для записи в ПЭВМ выходных данных, поступающих с описанных выше схем, разработан восьмиканальный 12-разрядный аналого-цифровой преобразователь на основе микросхемы MAX 186 АСРР, имеющей погрешность 1/2 младшего значащего разряда. Устройство, подключенное к параллельному порту ПЭВМ, позволило фиксировать изменение входных сигналов с частотой до  $8 \cdot 10^3$  бит/с при амплитуде входного сигнала  $\pm 1$  В. Разработанное математическое обеспечение позволило управлять схемой аналого-цифрового преобразователя и проводить запись в файл полученных данных по всем четырем каналам.

Методика одновременной записи температуры, электросопротивления и индуктивности дала возможность зафиксировать процесс растворения модификатора и эффективность его действия.

Проведенные эксперименты по измерению процесса затвердевания тонкостенных заготовок и сопоставление полученных данных с расчетными в системе "Полигон" показали достаточно хорошее их соответствие.

**Белорусское объединение литейщиков и металлургов,  
редакция журнала "Литье и металлургия"**

поздравляют

**Михаила Алексеевича Сайкова**

**с назначением на должность директора  
РУП "Гомельский литейный завод "Центролит".**

Желаем Михаилу Алексеевичу  
в это сложное время  
высоких производственных показателей,  
здоровья и процветания.