

## ВОЛНОВОЙ МЕТОД ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УРОВНЯ РАСПЛАВА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ ЛКМ

Оглоблин Г.В. Амурский гуманитарно-педагогический государственный университет.г. Комсомольск – на-Амуре. Россия

Стулов В.В. Институт машиноведения и металлургии. Комсомольск-на-Амуре. Россия.

Одной из проблем при работе литейно-ковочного модуля (ЛКМ) является создание измерительной системы поддержания технологического уровня расплава в кристаллизаторе. Данная задача реализуется различными способами: индукционный, волновой, радиационный и т.д. Так нами в работе [1] предлагается интерференционный способ, основанный на применении интерферометра Майкельсона[2] или метода стоячей волны[2,3] для трёх-сантиметрового диапазона волн. Если установить технологический уровень  $0$  (рис.) и взять за исходную систему отсчёта полуволну, то появятся две контролируемые зоны - по верхнему пределу шириной 8,25 мм и по нижнему пределу шириной 8,25 мм, которые можно отслеживать с помощью электронной следящей системы по уровню сигнала (рис.1).

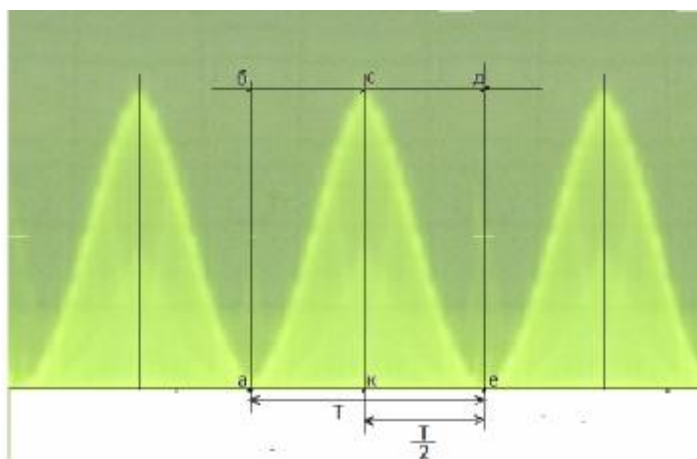


Рис.1. Осциллограмма сигнала, где  $T$  время прохождения расплавом расстояние равно  $\lambda = 1.6$  см., а  $T/2$  время прохождения четверть волнового отрезка равно 0,8 см. Осциллограф С1-77, развёртка 0,1 с. Усиление 1 мV/см.

Из анализа осциллограммы следует, что технологический уровень можно контролировать по одному импульсу шириной  $\lambda/2$  зондированной волны на осциллограмме это временной отрезок  $T$ . В зависимости от

скорости движения расплава в кристаллизаторе временной отрезок может меняться, но расстояние проходимое расплавом за это время будет постоянно равно  $\lambda/2$ . Таким образом, в обработку можно взять любой импульс, отслеживая его в рамках прямоугольника **ав** и **бд**. В точке **а** имеем минимальный уровень сигнала который по мере опускания расплава растёт и достигает наибольшего своего значения в точке **с**. Тогда за время **ак** расплав пройдёт отрезок  $S_1 = \lambda/4$ . Далее сигнал спадает, кривая **се**, пройдя временной отрезок **ке**, что также характеризует путь пройденный расплавом равный  $S_2 = \lambda/4$ . Суммарный путь будет равен  $S_1 + S_2 = \lambda/4 + \lambda/4 = \lambda/2$ . Направление движения, скорость движения, характер движения расплава определяем по осциллограммам движения. Направление движения определяется по амплитуде сигнала, если амплитуда приёмного сигнала падает то, это говорит о том, что расплав удаляется от приёмной антенны и на оборот сигнал растёт, что отражает подъём уровня расплава. Движение расплава может быть равномерным (рис. 2а), равноускоренным (рис. 2б), равнозамедленным (рис. 3в). Форма осциллограмм описывает характер движения[2].

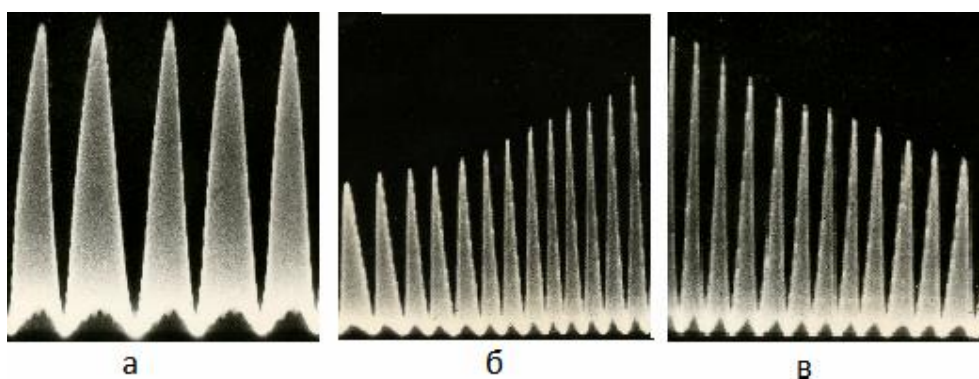


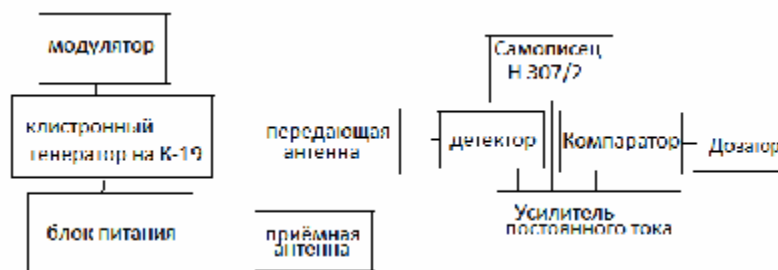
Рис.2. Характер движения расплава: а. равномерное движение. б. равноускоренное. в. Равнозамедленное. Осциллограммы получены с помощью осциллографа С1-19.

Осциллограммы позволяют получить информацию:

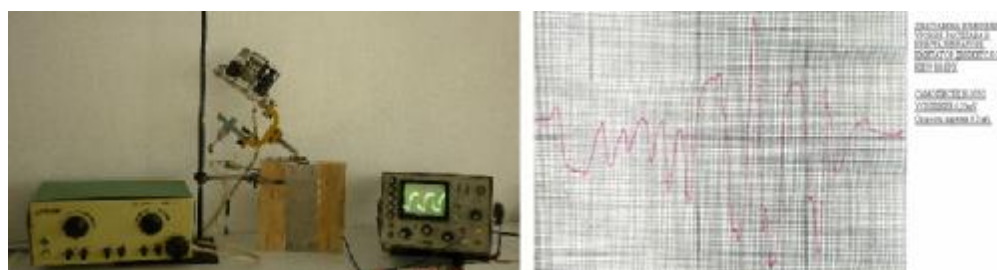
Параметры движения расплава	Рассчётная формула	Примечания
расстояние	$S = n\lambda/2$	Все зафиксированные импульсы
скорость	$V = \lambda/2t$	На примере одного импульса

ускорение	$a = (V_1 - V_2) / \Delta t_3$	Для этого необходимо фиксировать $n$ и $n+1$ импульсы
время	$t_1$	В любой момент времени по развёртке осциллограммы,

На основе макетирования сформировался измерительный узел из клистронного генератора, антенн, детектора, усилителя постоянного тока, самописца, блока сравнения и управления дозатором рис.3:



А.



Б.

Рис.3. А. Блок-схема измерительного узла. Б. Макет установки на клистроне с модулятором и график движения зеркала расплава в кристаллизаторе (имитатор парафин).

1. Проведённые лабораторные исследования показали, что применение интерферометра Майкельсона технологично для кристаллизаторов с малым поперечным сечением. Метод стоячей волны применим для

кристаллизаторов с большим входным окном, при этом размеры рупорной антенны не отразятся на рабочем процессе.

2. Точность поддержания уровня жидкого металла определяется стабильностью частотной характеристики применяемого генератора и его частотой.

Выбор клистронного генератора обусловлен высокой температурой в зоне работы измерительного узла. При реализации интерферометра Майкельсона[3] или метода стоячей волны[2] вполне, естественно возникает вопрос защиты измерительных узлов от температуры. Это можно решить двумя способами:

1. Изготовить все узлы интерферометра из тугоплавкого материала.
2. Вынести все узлы измерительного комплекса, из зоны высоких температур создав волновой канал между кристаллизатором и приёмной антенной.

Первый способ – затратный требует специального материала для изготовления волноводных каналов и антенн.

Второй способ - позволяет использовать штатную аппаратуру, но для его реализации требуется элементы, которые позволили бы формировать волновой канал с помощью искусственных сред. Мы уже затрагивали искусственные среды, это удобный материал, который может развязать тепловые потоки при зондировании расплава сантиметровыми электромагнитными волнами. Развязку тепловых потоков можно обеспечить за счёт разницы длин волн теплового излучения расплава, и измерительного комплекса. Для формирования волнового канала нам необходимо изготовить зонные пластинки для сантиметровых электромагнитных волн и плоскопараллельную пластину из искусственного диэлектрика. Зонные пластины могут быть амплитудными или фазовыми расчёт таких пластин осуществляется на основе волновой теории Гюйгенса-Френеля для волн, проходящих через среду. Схематично измерительное плечо интерферометра можно представить согласно рис 4.

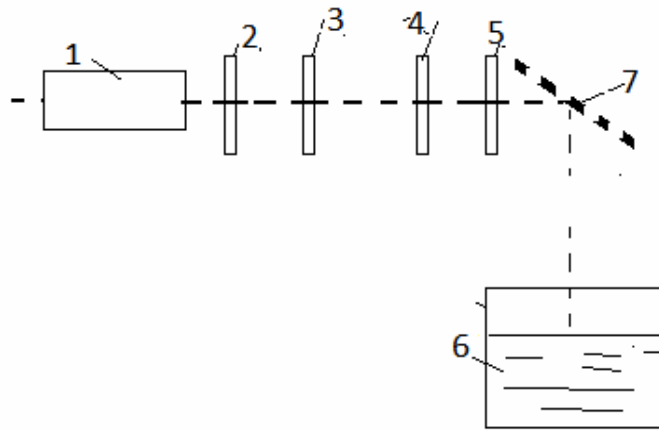


Рис.4. Измерительное плечо типа « волновой канал». 1. Интерферометр. 2.3.4.5. Зонные пластины Френеля из искусственного диэлектрика. 6. Кристаллизатор. 7. Плоскопараллельная пластина из искусственного диэлектрика.

Тепловой поток, идущий из кристаллизатора лежит в пределах от 100 до 1500 градусов Цельсия, что соответствует волновому диапазону с  $\lambda$  от  $\sim 8$  мкм до 1,5 мкм. Пластина 7 выполнена для сантиметровых электромагнитных волн с  $\lambda_k > 2a$ , где  $a = 18$  мм. Тогда волна будет зеркально отражаться (при ориентации электрического вектора электромагнитной волны параллельно широкой стороне волноводного канала) от пластины 7 (см.[3] потенциальный барьер) в то время волны с более короткой длиной волны будут проходить через пластину 7 без задержки. Таким образом, измерительные узлы штатной аппаратуры не будут подвергаться тепловому воздействию от расплава, следовательно, дополнительных мер по их защите не требуется. Зонные пластины 2,3,4,5 рис.4 желательно выполнить из искусственного диэлектрика  $n < 1$ , что обеспечить минимальные потери полезного сигнала по сравнению с искусственными диэлектриками  $n > 1$ .

Зонная пластина. Для расчёта зон Френеля в точке Р источника S на расстоянии  $a_1$  построим воображаемую поверхность z которую разобьём на отрезки равные  $N_1P = a_2 + \lambda/2$ ,  $N_2P = a_2 + \lambda/2$  и т. д. Полагая, что в точку Р волны от любых двух соседних зон придут в противофазе. Определим высоту первого сегмента  $h_1$ :  $a_1^2 - (a_1 - h_1)^2 = (a_2 + \lambda/2)^2 - (a_2 + h_1)^2$ .

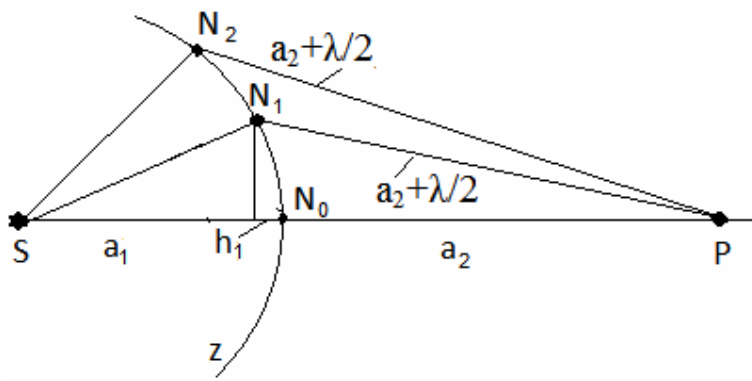


Рис.5. К расчёту зон Френеля.

Пренебрегая  $\lambda^2$ , получаем

$$h_1 = \frac{a_2 \lambda}{a_1 + a_2}$$

Тогда площадь сферического сегмента первой зоны равна  $2\pi a_1 \frac{a_2 \lambda}{a_1 + a_2}$

$$2\pi a_1 \frac{a_2 \lambda}{a_1 + a_2}$$

$$= \frac{\pi a_1 a_2 \lambda}{a_1 + a_2}$$

Площади всех зон одинаковы. Радиус n-ой зоны определяется из выражения:

$$R_n = \sqrt{n \frac{a_1 a_2 \lambda}{a_1 + a_2}}$$

Толщина диэлектрической пластины должна быть

$d(\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}) = \lambda/2$ . Фаза волны n-ого кольца  $\varphi_n = \frac{2\pi}{\lambda} r_n$  Диаграмма

направленности  $\Delta\varphi \approx 60 \frac{\lambda}{a}$  (градус). Параметры зонной пластины в таблице 1:

Таблица 1

$a_1$	$a_2$	$n$	$\lambda$	$r$
10	20	1	3,2	4,381
10	20	2	3,2	8,76
10	20	3	3,2	13,143

10	20	4	3,2	17,524
10	20	5	3,2	21,905
10	20	6	3,2	26,286

Если показатель преломления волноводной искусственной среды взять равным  $n = 0,6$  то толщина зонной пластинки из искусственного диэлектрика будет равна 2 см.

Диэлектрическая пластина из искусственного диэлектрика рассчитывается по формуле

$$n = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{\lambda_K}\right)^2}, \quad \lambda_K = 2a$$

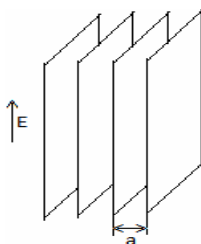


Рис.6. Металлопластинчатая среда с показателем преломления  $n < 1$ .

Полагая  $n = 0,6$  получаем для  $a=20$  мм.

Размер диэлектрической пластины выбираем в пределах 21x26x2см. с учётом диаграммы направленности зонной пластины.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана волновая измерительная система для лабораторного образца литейно-ковочной машины ЛКМ-1 на базе интерферометра Майкельсона..

2. Разработана волновая измерительная система для производственного образца литейно-ковочной машины ЛКМ-2 на базе метода стоячей волны.

Литература:

1. Стулов В.В. Одинокое В.И., Оглоблин Г.В. Физическое моделирование процессов при получении литой деформированной заготовки - Владивосток: Дальнаука, 2009: -175 с.
2. Оглоблин Г.В. Опыты со звуковыми и электромагнитными волнами. КнаА. КнаАГПУ. 2001. с. 92.
3. Luck D.L.C. Frequency – Modulated Radar. Mc. Yraw-Hill, New York. 1949.