

Богушевский В.С., Сухенко В.Ю.

(НТУУ «КПІ», м. Київ)

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ МЕТАЛЛА В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

Система автоматического регулирования (САР) предназначена для поддержания уровня металла в промежуточном ковше на заданном значении путем управления стопором или скользящим шиберным затвором разливочного ковша. В системе используются непрерывные или двухпозиционные регуляторы, электрические или пневматические исполнительные механизмы. Если измерение уровня осуществляется по массе металла в промежуточном ковше, то в процессе регулирования поддерживается фактически заданная масса металла в ковше. Это приводит при изменении внутренней конфигурации ковша в процессе его эксплуатации к неточному регулированию уровня, и вследствие этого, напора струи металла.

Более приемлемым, с нашей точки зрения, является фазовый бесконтактный метод, основанный на использовании техники сверхвысоких частот (СВЧ) [1]. Сложность применения этого метода связана с тем, что ковш покрыт футеровкой из шамотного кирпича, относящегося к категории несовершенных диэлектриков. Падающая и отраженные волны, проходя слой диэлектрика, претерпевают ослабление и некоторое искажение. При гармоническом процессе электромагнитное поле в несовершенном диэлектрике определим как [2]:

$$\begin{cases} \nabla^2 \dot{E} = -\omega^2 \mu \dot{\epsilon}_c \dot{E}; \\ \nabla^2 \dot{H} = -\omega^2 \mu \dot{\epsilon}_c \dot{H}, \end{cases} \quad (1)$$

где ∇ – дифференциальный оператор Лапласа;

\dot{E} , \dot{H} – соответственно электрическая и магнитная составляющие поля;

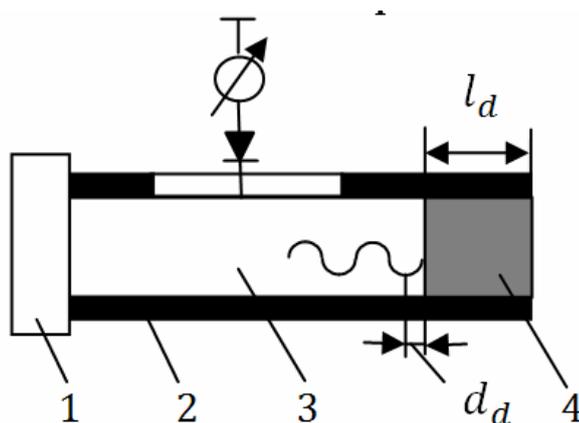
ω – круговая частота источника СВЧ излучения;

μ – магнитная проницаемость покрытия;

$\dot{\epsilon}_c = \epsilon - j\gamma_d / \omega = \epsilon - j\dot{\epsilon}$ – комплексная диэлектрическая проницаемость

покрытия;

γ_d – проводимость покрытия.



1 – генератор; 2 – волновод; 3 – воздух; 4 – диэлектрик

Рис. 1. Схема аппаратуры для определения электрических свойств покрытия

Составляющие электромагнитного поля в несовершенном диэлектрике претерпевают затухание, причиной которого является рассеяние электромагнитной энергии из-за наличия токов проводимости. Для нахождения величины затухания необходимо знать диэлектрическую проницаемость применяемых покрытий, которую можно определить путем измерений, проводимых на поверхности раздела с воздухом. Для этого часть волновода 2, короткозамкнутого на конце, заполняют исследуемым материалом. Метод контроля

основан на измерениях в линии передачи фазы и амплитуды стоячей электромагнитной волны, возникающей при наличии диэлектрика 4.

Если θ – фазовый сдвиг при отражении, то коэффициент отражения

$$P = |P| \exp(j\theta), \quad (2)$$

где модуль $|P|$ находится при определении коэффициента стоячей волны S на входе линии. Тогда выражение (2) примет вид

$$P = \frac{S - 1}{S + 1}. \quad (3)$$

Если первый минимум в картине стоячей электромагнитной волны находится на расстоянии d_d от поверхности раздела, то λ

$$\theta = \frac{4\pi d_d}{\lambda_g} - \pi, \quad (4)$$

где λ_g – длина волны в волноводе.

С учетом данных работы [1] получим выражение, связывающее входной импеданс на границе покрытия с параметрами измерительной линии:

$$\frac{\lambda_g Z_{in}}{2\pi l_d Z_0} = \frac{j \tan \gamma_d l_d}{\gamma_d l_d}, \quad (5)$$

где Z_{in}, Z_0 – соответственно входной импеданс на границе нахождения диэлектрика и свободного пространства;

l_d – толщина диэлектрического покрытия.

Величину γ_d в выражении (5) легко определить, например, графическим методом [3].

На основании описанной методики определены электрические свойства применяемых в металлургии защитных покрытий и их влияние на картину магнитного поля. В частности, исследованиями установлено, что шамотный кирпич – материал, не вносящий существенных потерь при прохождении через него потока электромагнитных колебаний сантиметрового диапазона волн. Радиоинтерференционный измеритель уровня обеспечивает достоверный контроль этого параметра жидкого металла в емкости, закрытой слоем шамотного кирпича.

Проведены исследования инфразвукового способа контроля уровня металла, основанного на резонансных свойствах промежуточного ковша как замкнутого объема. Промежуточный ковш представляет собой резонатор Гельмгольца, наполненный жидким металлом. Струя жидкого металла, переливаемая из сталеразливочного ковша в промежуточный, представляет собой источник звука. Заключение в резонаторе газовая среда колеблется в унисон с ним. Амплитуда колебаний зависит от соотношения между величинами периодов собственного и вынужденного колебаний, а частота определяется соотношением [4].

$$f = \frac{cS}{2\pi} \sqrt{\frac{\rho_g}{mV}}, \quad (6)$$

где f – частота волн на поверхности жидкого металла, Гц;

c – скорость распространения звука в газообразной среде, м/с;

ρ_g – плотность газообразной среды, кг/м³;

S – площадь поверхности горловины промежуточного ковша, м²;

m – масса газообразной среды, кг;

V – объем газа, м³.

Важной функцией измерительной части САУ уровня металла в промежуточном ковше является выдача информации о фактической массе металла в конце разливки в сис-

тему оптимизации мерных заготовок [5], а также сигнализация о полном расходе разливаемого металла.

Литература:

1. Лукоянов Б.Е. Измерение уровня металла в закрытых емкостях сталеразливочных агрегатов / Б.Е. Лукоянов, А.Д. Рохмистров // Автоматизация сталеплавильного производства. – М.: Metallurgia, 1975. – № 6. – С. 132 – 137.
2. Харвей А.Ф. Техника СВЧ / А.Ф. Харвей. – М.: Сов. Радио, 1965. – 782 с.
3. Анго А. Математика для электро- и радиоинженеров / А. Анго. – М.: Наука, 1965. – 778 с.
4. Артынский В.М. Контроль уровня жидкого металла методами ультразвуковой техники / В.М. Артынский, И.И. Бирюков // Автоматизация сталеплавильного производства. – М.: Metallurgia, 1975. – № 6. – С.137 – 144.
5. Богушевский В.С., Сухенко В.Ю. [Электронный ресурс] Оптимальные алгоритмы управления МНЛЗ // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Спеціальна металургія: вчора, сьогодні, завтра». – Режим доступу: <http://www.fhotm.kpi.ua/labours/labours-2013.pdf>. – С. 73 – 79.