

УДК 621.745

**Е.А. Дрозд, М.М. Ворон**

Физико-технологический институт металлов и сплавов

НАН Украины, г. Киев

e-mail: drozd.eo@gmail.com

## **ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ПЛАВКИ И ЛИТЬЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

Электронно-лучевая литейная технология рассматривается как перспективное направление получения металлопродукции высокого качества, в том числе титанового литья [1], на практике эта технология пока не получила широкого применения. В значительной степени это объясняется высокой стоимостью, сложностью в эксплуатации и низкой производительностью оборудования для электронно-лучевой гарнисажной плавки (ЭЛГП), которое по этим показателям существенно уступает оборудованию для вакуумно-дуговой гарнисажной плавки (ВДГП), являющейся основой современной литейной технологии титана [2].

Разрабатывавшиеся до последнего времени агрегаты характеризовались оснащением высокопроизводительными высоковакуумными насосами, термокатодными электронно-лучевыми пушками и гарнисажными тиглями с системами электромагнитного перемешивания расплава (СЭМП), а также приемными литейными устройствами карусельного типа, обеспечивающими возможность проведения нескольких плавов без разгерметизации плавильного агрегата. В последние годы стала проявляться тенденция перехода к разработке вместо громоздких высоковакуумных агрегатов с термокатодными электронно-лучевыми пушками литейных установок с бустерными вакуумными насосами, обеспечивающими проведение плавки в среднем вакууме при осуществлении обогрева пушками высоковольтного тлеющего разряда (ВТР), которые не требуют использования вакуумных насосов.

Характерными чертами новых установок для плавки титана являются стремление использовать промежуточные емкости, позволяющие удалять из расплава титана неметаллические включения, и несколько литейных камер, расширяющих технологические возможности [3].

Усовершенствование конструкции пушек ВТР применительно к их использованию при ЭЛГП с электромагнитным перемешиванием расплава была направлена на устра-

нение недостатков, которые были выявлены у пушек этого типа в ходе их эксплуатации. Эти недостатки сводились в основном к следующим моментам: 1) поверхность катода, с которой осуществляется эмиссия электронов, используется не полностью, так как в известных пушках диаметр апертуры анода меньше, чем диаметр катода; 2) в эксплуатируемых пушках из-за большого расстояния от лучевода до обогреваемой поверхности имеют место повышенные потери энергии электронов, а также наблюдается перегрев элементов пушки вследствие воздействия излучения с поверхности ванны; 3) наличие в пушках лучеводов усложняет их конструкцию и повышает стоимость.

Относительно гарнисажных тиглей для ЭЛГП можно отметить, что требования к усовершенствованию их конструкции в настоящее время сводятся в основном к разработке тиглей повышенной емкости – до 150 кг расплава (по титану). Тигли указанной емкости разрабатываются совместно Институтом электродинамики НАН Украины и ФТИМС НАН Украины [5]. В них предусматривается перемешивание расплава за счет СЭМП в направлении от центра ванны к стенке тигля, определяемое как прямое перемешивание, и в обратном направлении.

### Список литературы

1. Ладохин С.В. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве / Под ред. С.В. Ладохина – Киев: Изд-во «Сталь», 2007. – 626 с.
2. Титановые сплавы. Плавка и литье титановых сплавов / А.Л. Андреев, Н.Ф. Аношкин, К.М. Борзцовская и др. – М.: Металлургия, 1978. – 384 с.
3. Патент України на корисну модель №92810 «Електронно-променева установка для одержання литих заготовок», МПК С21С5/56 / М.І. Левицький, С.В. Ладохін, Т.В. Лапшук та ін. – Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17.
4. Ладохін С.В. Патент України на корисну модель № 93183 «Газорозрядна електронна гармата», МПК Н01J37/06 / С.В. Ладохін. – Опубл. 25.09.2014. Бюл. № 18.
5. Выбор конструкции гарнисажных тиглей повышенной емкости для электронно-лучевой плавки титана / А.И. Глухенький, Ю.М. Гореславец, Ю.М. Бондар и др. // Процессы литья. – 2017. - № 4. – С. 58-65.