

Цибрій¹ Ю.О., Грабовський² Г.Г., д.т.н., проф.

1 - Національний авіаційний інститут, м. Київ, Україна

2 - ДНВК «Київський інститут автоматики», м. Київ, Україна

ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕХАНОТРОННОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВИПЛАВКОЮ ТИТАНУ

Анотація. Розроблена механотронна система керування виправкою титану зі зворотними зв'язками по температурі розплаву в проміжній ємності та рівню розплаву в кристалізаторі, яка забезпечує додатково керування механізмом подачі шихти в зону плавки. Проведено моделювання роботи запропонованої механотронної системи. За результатами моделювання порівняння ефективність запропонованої механотронної системи з роботою оператора промислової електронно-променевої установки типу ВМО.

Ключові слова: механотронна система, виплавка титану, проміжна ємність, математичне моделювання, ефективність.

При електронно-променевої плавці для отримання необхідного хімічного складу сплавів на основі титану легованих алюмінієм важливою задачею є витримка розплаву в необхідному температурному діапазоні протягом певного часу, оскільки у випадку повільної подачі шихти в зону плавки з розплаву випарується більше алюмінію. Існують відомі рекомендації щодо швидкості витягування зливку з кристалізатора та залежності між потужністю обігріву, масовою подачею шихти в зону плавки та вмістом алюмінію в сплаві, які можна використати для забезпечення необхідних вимог.

Контроль швидкості подачі шихти в зону плавки може забезпечити розроблена механотронна система керування плавкою титану (рис. 1), яка складається з контурів керування траєкторією руху електронного променя в проміжній ємності (I), контуру витягування зливку з кристалізатора (II) та контуру керування подачею шихти в зону плавки (III)[1].

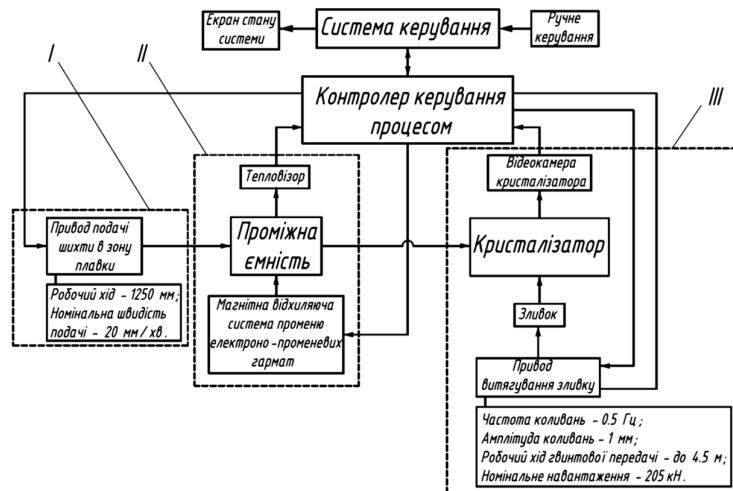


Рис. 1. - Механотронна система керування виправкою титану

Запропонована механотронна система через тепловізор та камеру рівня отримує сигнали про тепловий стан розплаву в проміжній ємності, поточний рівень розплаву в кристалізаторі та динаміку його зміни. На основі отриманих даних система визначає швидкість зміни рівня розплаву в кристалізаторі і масову витрату розплаву через зливний носок в кристалізатор за середньої температури розплаву. З використанням існуючих залежностей подаються керуючі сигнали на блок керування електронно-променевих гармат та блок керування витягуванням.

Математичне моделювання роботи механотронної системи керування випавкою титану проводилося на основі раніше розробленої математичної моделі тепло-масообміну в проміжній ємності [2] та алгоритму керування траєкторією руху електронного променя з використанням програмного пакету MATLAB, при цьому: проміжна ємність розбивається на чотири прямокутні зони дії електронно-променевих гармат; моделюється складна течія титанового розплаву; від стінок ємності до центру подається нерозплавлена шихта із заданою швидкістю; кожна гармата обігріває свою зону і при необхідності зону досяжності сусідньої гармати; система розраховує масову витрату розплаву в кристалізатор; згідно залежності між масовою витратою та вмістом алюмінію в розплаві та залежності, яка пов'язує масову витрату розплаву зі швидкістю подачі шихти в зону плавки подається умовний сигнал на привід подачі шихти; у випадковому порядку з інтервалом 5-10 секунд програма моделює стохастичне потрапляння у випадкову частину проміжної ємності нерозплавленого шматка шихти.

В результаті моделювання отримано залежність теоретичної зміни маси зливу в часі (рис. 2, $M_{\text{теор}}$), яка порівняна з фактичними даними роботи оператора промислової установки типу ВМО (рис. 2, $M_{\text{факт}}$).



Рис. 2. - Залежності зміни маси зливу в часі при роботі оператора електронно-променевої установки ($M_{\text{факт}}$) та запропонованої механотронної системи керування плавкою титану ($M_{\text{теор}}$)

Аналіз результатів дослідження показав: що при роботі механотронної системи керування плавкою титану розподіл температур по поверхні проміжної ємності рівномірний в необхідному діапазоні; включення в розплав з температурою нижче температури плавлення, окрім щойно потрапивших шматків шихти, відсутні; зони перегріву розплаву вище допустимих значень відсутні, за виключенням поточних зон обігріву; розроблена система порівняно з ручним керуванням підвищує на 18% ефективність роботи електронно-променевої установки, при цьому зменшується на 14% енергоспоживання; збільшується на 16% продуктивність випавки та знижуються втрати маси зливу при обробці поверхні до 7% завдяки подачі додаткових коливань на зливки.

Отримані результати свідчать про ефективність розробленої механотронної системи керування випавкою титану.

Список літератури

1. Цибрій Ю.О. Механотронна система керування плавкою титану зі зворотним зв'язком по температурі та по рівню розплаву в кристалізаторі / Ю.О. Цибрій // ВІСНИК Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: – 2017. – №6 (240) – С. 76 – 82.
2. Tsibriy I., Grabovskiy H. (2015) Heat exchange calculation in the intermediate container under electron-beam melting, Metallurgical and Mining Industry, 2015, №5, pp.51 – 60.