

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ „КПІ”**

**ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**НОВІ МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ  
В МАШИНОБУДУВАННІ**

**МАТЕРІАЛИ**

VIII Міжнародної науково-технічної конференції

Україна, Київ

2016

## ЗМІСТ

<i>Айкин Н.Д., Шаломеев В.А., Цивирко Э.И. (ЗНТУ, г. Запорозьє) МАГНИЕВЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ИМПЛАНТАТОВ В МЕДИЦИНЕ</i> .....	10
<i>Алаа Фадил Идан, Акимов О.В., Костик Е.А. (НТУ «ХПИ», г. Харьков) УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛЕЙ</i> .....	11
<i>Антоненко А.І., Прилуцький М.І.(НТУУ «КПІ», м. Київ) ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ ЛАТУНІ ЛЦ16К4 З НЕКОМПАКТНИХ ВІДХОДІВ МІДНИХ СПЛАВІВ</i> .....	12
<i>Афтанділлянц Е.Г., Лопатько К.Г., Полищук А.В. (НУБІП, г. Киев) РАСКИСЛЕНИЕ И МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТАЛИ НАНОЧАСТИЦАМИ</i> .....	13
<i>Баглюк Г.А., Куровский В.Я., Уськова Н.А., Максимова Г.А., Молчановская Г.М., Головка Е.С. (ИПМ им. И.Н.Францевича НАН Украины, г. Киев) ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ФРИКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗО-СТЕКЛЯННЫХ КОМПОЗИТОВ МЕТОДОМ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ</i> .....	14
<i>Баглюк Г.А., Уськова Н.А., Куровский В.Я., Максимова Г.А., Молчановская Г.М. (ИПМ им. И.Н. Францевича НАН Украины, г. Киев) ОБРАБОТКА ЧУГУНА БРИКЕТИРОВАННЫМИ ПОРОШКОВЫМИ МОДИФИКАТОРАМИ ПРИ ЛГМ ТЕХНОЛОГИИ</i> .....	15
<i>Бачинский Ю.Д., Бубликов В.Б. (ФТИМС НАН Украины, г. Киев) ПРОЦЕСС РАСТВОРЕНИЯ МОДИФИЦИРУЮЩИХ СПЛАВОВ В ЖИДКОМ ЧУГУНЕ</i> .....	16
<i>Белов Б.Ф., Троцан А.И., Бродецкий И.Л., Карликова Я.П. (ИПМ НАН Украины, г. Киев; ГВУЗ «ПГТУ», г. Мариуполь) ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ ФЕРРОСПЛАВОВ И ЛИГАТУР</i> .....	17
<i>Богусевский В.С., Сухенко В.Ю. (НТУУ «КПИ», г. Киев) РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ В МНЛЗ БЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША</i> .....	18
<i>Богусевский В.С., Сухенко В.Ю. (НТУУ «КПИ», г. Киев) УПРАВЛЕНИЕ АГРЕГАТАМИ ДОВОДКИ СТАЛИ</i> .....	19
<i>Ботвинко Д.В., Шаповалов В.А., Прилуцький М.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ІНДУКЦІЙНИЙ ПЕРЕПЛАВ ЗКОМПАКТОВАНОЇ ЗАГОТОВКИ ЗІ СТРУЖКИ СТАЛІ 29НК В СЕКЦІЙНОМУ КРИСТАЛІЗАТОРІ</i> .....	20
<i>Бубликов В.Б., Берчук Д.М., Бачинський Ю.Д. (ФТИМС НАН України, м. Київ) ВПЛИВ МАГНІЄВИХ ЛІГАТУР НА СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ПРИ ВНУТРІШНЬОФОРМОВОМУ МОДИФІКУВАННІ</i> .....	23
<i>Бубликов В.Б., Нестерук Е.П. (ФТИМС НАН Украины, г. Киев) О ВЛИЯНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРОЦЕСС МОДИФИЦИРОВАНИЯ В ПРОТОЧНЫХ РЕАКТОРАХ ЛИТНИКОВЫХ СИСТЕМ</i> .....	24
<i>Бубликов В.Б.<sup>1</sup>, Сиропоринєв Л.М.<sup>2</sup>, Форсюк О.І.<sup>2</sup>, Берчук Д.М.<sup>1</sup> (¹ФТИМС НАН України, м. Київ; ²НТУУ «КПІ», м. Київ) СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ І МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ ПРИ ВНУТРІШНЬОФОРМОВОМУ ТА КОВШОВОМУ МОДИФІКУВАННІ</i> .....	25
<i>Бубликов В.Б. (ФТИМС НАН Украины, г. Киев) О МОДИФИЦИРОВАНИИ ЧУГУНА</i> .....	25
<i>Ведель Д.В., Степанчук А.М. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ТЕРМОДИНАМІЧНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ СПОЛУК ДЕЯКИХ ПЕРЕХІДНИХ МЕТАЛІВ</i> .....	26
<i>Верховлюк А.М., Нетребко Д.М. (ФТИМС НАН України, м. Київ) ВПЛИВ ХІМІЧНОГО ТА ФАЗОВОГО СКЛАДІВ МІДНИХ СПЛАВІВ НА ЕЛЕКТРОПРОВІДНІСТЬ</i> .....	28
<i>Вичкін В.В., Прилуцький М.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ЕЛЕКТРОШЛАКОВА ТЕХНОЛОГІЯ ВИПЛАВКИ БРОНЗИ Бр05Ц6С5 З НЕКОМПАКТНИХ ВІДХОДІВ МІДНИХ СПЛАВІВ</i> .....	29
<i>Волошко С.М., Бурмак А.П. (НТУУ «КПИ», г. Киев) ЭВОЛЮЦИЯ СТРУКТУРНОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА Д16 ПРИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ УДАРНОЙ ОБРАБОТКЕ В РАЗНЫХ АТМОСФЕРАХ</i> .....	30
<i>Воронова О.И. (ОНПУ, г. Одесса) ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ФОРМООБРАЗОВАНИЯ ПО ШЛИКЕРНОЙ КЕРАМИКЕ</i> .....	30
<i>Глотка А.А. (ЗНТУ, г. Запорозьє) ВЛИЯНИЕ КАРБИДНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ НА СЛУЖЕБНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАЛИ 110Х18М</i> .....	31
<i>Гнатуш В.А., Кочешков А.С., Лютий Р.В. (НТУУ «КПІ», м. Київ) РОКІВ З ДНЯ НАРОДЖЕННЯ ПРОФЕСОРА С. П. ДОРОШЕНКА</i> .....	33
<i>Гнатуш В.А. (г. Киев) МИРОВОЙ РЫНОК ЛИТЬЯ: ПОВЫШАТЕЛЬНЫЙ ТРЕНД</i> .....	34
<i>Григорчук Т.М., Абдуллаєва Е.Р., Богомол Ю.І. (НТУУ «КПІ», м. Київ) МІКРОСТРУКТУРА СПРЯМОВАНО ЗАКРИСТАЛІЗОВАНОГО СПЛАВУ Мо-ZrС</i> .....	38
<i>Доній О.М., Кулініч А.А., Санько Д.В. (НТУУ «КПІ», м. Київ) ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГОМОГЕННОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СПЛАВУ Al-7%Mg</i> .....	39

Богушевский В.С., Сухенко В.Ю.

(НТУУ «КПІ», г. Київ)

РЕГУЛИРОВАНИЕ УРОВНЯ МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ В МНЛЗ  
БЕЗ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША

Особое место в регулировании уровня металла в кристаллизаторе занимают МНЛЗ без промежуточного ковша. Отличием дозирования в этом случае является то, что его расход из сталеразливочного ковша изменяется в широком диапазоне уровня металла в ковше. Это приводит к значительному изменению коэффициента усиления стопорной пары в процессе разливки.

$$G_M = \mu \rho_M S_C \sqrt{2g(H-h)} [1 - \exp(-\delta/\lambda)], \quad (1)$$

где  $G_M$  – расход жидкого металла через дозирующий стакан;  $\mu$  – коэффициент расхода;  $\rho_M$  – плотность жидкого металла;  $S_C$  – площадь поверхности проходного сечения дозирующего стакана;  $g$  – ускорение свободного падения;  $H$  – начальное значение уровня металла в сталеразливочном ковше;  $(H-h)$  – текущий уровень металла в сталеразливочном ковше;  $\delta$  – координата положения стопора относительно седла стакана;  $\lambda$  – определяемая экспериментально постоянная, характеризующая статические свойства стопорной пары.

Значения коэффициента усиления стопорной пары при падении уровня металла в сталеразливочном ковше, в условиях стационарного динамического режима вытягивания слитка из кристаллизатора со скоростью  $v = 0,0092$  м/с, приведены в табл. 1. Из данных видно, что даже при плавном ведении процесса непрерывной разливки стали, коэффициент усиления стопорной пары изменяется на порядок.

Таблица 1 – Расчетные значения коэффициента усиления стопорной пары

$H-h_0$	$\delta_0 \times 10^3, \text{м}$	$K_\delta, \text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м})$
3	2,02	4200
2	2,65	2840
1	4,94	1030
0,657	10,0	187

Объект управления включает сталеразливочный ковш, кристаллизатор и тянущую клетку. С учетом размыва стопора математическая модель ковша может быть представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений.

Динамическая модель кристаллизатора описывается как

$$p h_{\text{кр}} = \frac{G_M}{\rho_M S_{\text{кр}}} \exp(-\tau_1 p) - v, \quad (2)$$

где  $G_M$  – расход жидкого металла через дозирующий стакан;  $\rho_M$  – плотность жидкого металла;  $S_{\text{кр}}$  – площадь поверхности поперечного сечения кристаллизатора;  $\tau_1$  – время перемещения частиц жидкого металла от нижнего среза дозирующего стакана до мениска металла в кристаллизаторе.

Тянущая клетка включает в себя электромашинный усилитель, генератор, двигатель, редуктор и валки. Динамика этой цепи звеньев описывается линейным дифференциальным уравнением:

$$(T_K^2 p^2 + 2\varepsilon T_K p + 1)v = K_K U_K, \quad (3)$$

где  $T_K$  – постоянная времени клетки;  $\varepsilon$  – коэффициент демпфирования;  $K_K$  – коэффициент усиления клетки;  $U_K$  – напряжение привода разгона клетки.

Для измерения уровня металла в кристаллизаторе используется гамма-уровнемер, математическая модель которого с учетом неконтролируемой зоны и качания объекта может быть представлена системой нелинейных дифференциальных уравнений. ИМ стопора из-за значительного размыва последнего в процессе разлива должен обладать астатичностью.

Объект находится под действием внешних возмущений: размыва огнеупоров и посадки стопора на 0,07...0,12 м, падение уровня металла в сталеразливочном ковше до 2,5 м и качания кристаллизатора.

Выходной координатой объекта служит уровень металла в кристаллизаторе. Входными (управляющими) воздействиями является входное напряжение двигателя стопора и напряжение привода разгона клетки. Управление МНЛЗ производится в следующей последовательности:

- 1) установка стопора при пуске машины в положение, обеспечивающее заполнение кристаллизатора до зоны измерения за 1,5...2 мин;
- 2) пуск тянущей клетки и набор рабочей скорости по программе;
- 3) включение механизма качания кристаллизатора;
- 4) установление и стабилизация заданного уровня металла в кристаллизаторе;
- 5) стабилизация уровня металла в кристаллизаторе в установившемся режиме с помощью стопорного дозирования из сталеразливочного ковша;
- 6) поддержание постоянной на уровне 0,0092 м/с скорости вытягивания слитка из кристаллизатора.

Перерегулирование уровня металла в кристаллизаторе не должно превышать 50%, статическая точность – не более  $\pm 10$  мм. На входное напряжение двигателя стопора наложено ограничение:  $|U_{\partial}| \leq U_{\partial}^*$ , где  $U_{\partial}^* = 5B$ .

Для обобщенного технологического объекта синтез закона управления проводят по линеаризованной модели объекта.

При переходе в нелинейную область состояния объекта закон управления усложняется. Закон управления содержит элементарные операции.

**Богушевский В.С., Сухенко В.Ю.**

*(НТУУ «КПИ», г. Киев)*

### **УПРАВЛЕНИЕ АГРЕГАТАМИ ДОВОДКИ СТАЛИ**

Одним из основных путей повышения качества металла, особенно при производстве стали массового назначения, расширения марочного сортамента и увеличения объема выпускаемой в стране конкурентноспособной продукции является внедрение в сталеплавильных цехах современных средств внепечной обработки металла и их автоматизации на основе АСУТП.

Самой представительной разработкой системы автоматизации внепечной обработки металла является АСУТП на двухпозиционном трехстендовом агрегате АДС-2ПЗС-160.

Функциональная схема доводки металла в ковше на АДС представлена на рис. 1.

Основными задачами системы доводки металла на АДС являются:

- измерение параметров, фильтрация измерений, обработка информации от датчиков и пультов ручного ввода информации (ПРВ), проверка, вывод информации на экраны, анализ информации;
- определение регламента доводки по температуре и химическому составу, расчет массовых долей химических элементов в стали, модификаторов, легирующих, ТШС, науглероживателя, объема нейтрального дутья, продолжительности усреднительной продувки, массы порошкообразных реагентов и длины порошковых проволок;
- сравнение текущих значений параметров с заданными, определение и выдача на исполнительные механизмы (ИМ) управляющих воздействий по расходу нейтрального газа, массе кусковых и порошкообразных материалов, длине проволоки;