

24 - 26 мая 2016 года
УКРАИНА, ЗАПОРОЖЬЕ

ХІІ МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛИТЬЕ 2016

24 - 26 мая 2016 года
УКРАИНА, ЗАПОРОЖЬЕ

У МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МЕТАЛЛУРГИЯ 2016



ХІІ МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

ЛИТЬЕ 2016

У МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

МЕТАЛЛУРГИЯ 2016



КОСАК
ПАЛАЦ



Министерство образования и науки Украины
Национальная академия наук Украины

Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»



Физико-технологический институт
металлов и сплавов НАН Украины

Национальная металлургическая академия Украины



Ассоциация литейщиков Украины



Одесский национальный политехнический университет

Белорусский национальный технический университет



Магдебургский университет им. Отто-фон-Герике

AGN University of Science and Technology A. Mickiewicza



Запорожская торгово-промышленная палата

**XII МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ЛИТЬЕ 2016**

**V МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
МЕТАЛЛУРГИЯ 2016**

**ПРОГРАММА
24 – 26 мая 2016 ГОДА**



УКРАИНА, ЗАПОРОЖЬЕ

2016

УДК 621.74+669(063)

ББК 30.61+34.3л0

Л64

Литье. Metallургия. 2016: Материалы XII Международной научно-практической конференции (24-26 мая 2016 г., г. Запорожье) / Под общ. ред. д.т.н., проф. Пономаренко О.И. – Запорожье, ЗТПП. – 450 стр.

В сборнике представлены материалы, касающиеся актуальных проблем литейного и металлургического производства: получения, обработки и структурообразования сплавов; прогрессивные технологии и оборудование в литейном производстве; перспективные формовочные материалы и смеси, технологические процессы изготовления форм и стержней; моделирование, компьютерные и информационные технологии в литейном производстве; специальные способы литья и литье композиционных материалов; методы контроля литейных и металлургических процессов, экономика и экология литейного производства.

Материалы предназначены для инженерно-технических работников металлургических и машиностроительных предприятий и научно-исследовательских институтов, аспирантов и студентов высших учебных заведений.

Печатается по решению Ученого совета Национального технического университета «Харьковского политехнического института», протокол № 4 от 29.04.2016

За достоверность информации, изложенной в материалах конференции, несут ответственность их авторы.

Редакторы: Т.В. Берлизева, С.В. Гнилокуренок, Стоянов А.Н.

УДК 621.74+669(063)

ББК 30.61+34.3л0

Л64

© Запорожская торгово-промышленная палата

В. Ф. Мазорчук, Р. В. Усенко, И. Ю. Наумова, С. И. Репях. НАПРЯЖЁННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТЛИВКИ И ПОЛОГО КЕРАМИЧЕСКОГО СТЕРЖНЯ	149
И. И. Максютя, Ю. Г. Квасницкая, А. М. Верховлюк . ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ К КОРРОЗИИ В ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОМ ГАЗО-СОЛЕВОМ ПОТОКЕ ЖАРОПРОЧНЫХ НИКЕЛЕВЫХ СПЛАВОВ	155
И.И. Максютя, Е.В. Михнян, А.В. Нейма, О.А. Тихонова. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ РАСТВОРЯЕМЫХ ППС-МОДЕЛЕЙ	157
В.А. Мамишев, О.И. Шинский, Л.А. Соколовская. ПУТИ УСКОРЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ И КРИСТАЛЛИЗАЦИИ В ПЕСЧАНЫХ ФОРМАХ	159
Е.В. Меняйло. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУР ЦЕНТРАЛЬНЫХ ЗОН ОТЛИВОК ИЗ Fe-C СПЛАВОВ ШАРОВОЙ, ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ И ПЛОСКОЙ ФОРМЫ	161
А.О. Михайлова, К.О. Костик. ОСОБЛИВОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ СТРИЖНІВ НА ПІСКОДУВНИХ АВТОМАТАХ	163
А.М. Михайловская, О.В. Гнатенко, В.В. Наумик ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ЖАРОПРОЧНОГО СПЛАВА ЖС32-ВИ НА НИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ	164
И.А. Небожак. ВЛИЯНИЕ АРМИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫМ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОМ FeCr, ИМПЛАНТИРОВАННЫМ В ГАЗИФИЦИРУЕМУЮ МОДЕЛЬ, НА СТРУКТУРУ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВА АК12	166
Б.М. Немененок, А.С. Панасюгин, Д.П. Михалап .ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ ВО ВЛАЖНОЙ АТМОСФЕРЕ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С АЛЮМИНИЕВЫМИ ШЛАКАМИ	168
Б.М. Немененок, Л.В. Трибушевский, Г.А. Румянцева, И.А. Горбель. БЕЗОТХОДНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОКИСЛЕННЫХ ОТХОДОВ АЛЮМИНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ	170
В. Г. Новицкий. ВЛИЯНИЕ МЕДИ НА СТРУКТУРУ ЛИТЫХ СПЛАВОВ Fe Cr Cu С И ИХ ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ В УСЛОВИЯХ ТРЕНИЯ СКОЛЬЖЕНИЯ	172
Г.А. Оборский, И.В. Прокопович, М.М. Костина, М.А. Духанина. ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ	174
С.Л. Поливода, М.О. Поливода, А.В. Серый. МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ВАКУУМНЫХ МГД-УСТАНОВКАХ	177
О.И. Пономаренко, Т.В. Берлизева, А.А. Радченко, А.В. Йовбак. УПРАВЛЕНИЕ СВОЙСТВАМИ ФОРМОВОЧНЫХ СМЕСЕЙ В УСЛОВИЯХ СЛЦ ХТЗ	179
О.И. Пономаренко, Д.В. Мариненко, И.А. Гримзин, Ю.Б. Витязев. ПОЛУЧЕНИЕ КОРПУСНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ОТЛИВОК В ГИПСОВЫЕ ФОРМЫ	180
О.И. Пономаренко, М.А. Ступарь, Д.В. Мариненко. ОСНАСТКИ В УСЛОВИЯХ ПОЛТАВСКОГО ТУРБОМЕХАНИЧЕСКОГО ЗАВОДА	182
С.В. Порохня. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОГИДРООЧИСТКИ НА ОЧИСТКУ ЛИТЬЯ И РАЗРУШЕНИЕ СМЕСИ	183
А.Г. Пригунова, С.С. Петров. ОЦЕНКА РАЗМЕРА КЛАСТЕРОВ КРЕМНИЯ В РАСПЛАВАХ СИЛУМИНОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕДИМЕНТАЦИИ В ПОЛЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ СИЛ	185
И.В. Рафальский. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПРОИЗВОДСТВА ЛИТЫХ ИЗДЕЛИЙ	187

– в условиях граничного трения ЛС с содержанием 33,8 % меди также имеют минимальную интенсивность изнашивания. При этом в поверхностном слое трения параметр решетки γ -фазы имеет минимальное значение, как и величина микроискажений II рода $(\Delta a/a)\gamma$.

– При минимальной интенсивности изнашивания ЛС с содержанием 33,8 % меди в условиях сухого и граничного трения на поверхности контртел появляется максимальное содержание меди - 26,1 и 6,5 % что существенно влияет на положительный градиент механических свойств по глубине, необходимый для осуществления минимизации внешнего трения.

УДК 669.3:621.74.047

Г.А. Оборский, И.В. Прокопович, М.М. Костина, М.А. Духанина

Одесский национальный политехнический университет

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ НЕПРЕРЫВНОМ ЛИТЬЕ МЕДНОЙ КАТАНКИ

Для производства заготовок для волочения медных проводов тонких и сверхтонких сечений (катанки) в настоящее время используются различные технологические процессы [1, 2]:

- горячей прокаткой из медных слитков;
- непрерывным литьем заготовки с последующей прокаткой до требуемого сечения;
- непрерывным литьем заготовки с конечным требуемым сечением.

В первых двух случаях получают ЕТР-катанку, и при этом происходит насыщение меди кислородом, что отрицательно сказывается на технологических и электротехнических свойствах меди. Третий технологический процесс позволяет получить НСОФ-катанку (безкислородную), что существенно сокращает количество разрывов при волочении [2, 3].

При непрерывном литье меди для нужд кабельного производства на ПАТ “ОДЕСКАБЕЛЬ” катанку получают на многоручьевых литейных машинах (Urcast) в виде бесконечного слитка постоянного сечения при прохождении расплава через узел кристаллизатор-охладитель [4]. При этом используется многоручьевая литей-

ная машина с двумя технологическими осями X и Y . Каждая технологическая ось позволяет получать катанку в 8 стренг.

Однако применяемый процесс производства, не может обеспечить полной бездефектности катанки. Качество катанки (K) регламентируется ее физико-механическими свойствами: овальностью (O), окисленностью поверхностного слоя ($ОП$), удельным объемным электрическим сопротивлением (ρ), временным сопротивлением разрыву (σ), абсолютным (δ_{200}) и относительным ($ОУ$) удлинением после разрыва, количеством выдержанных скручиваний с последующим раскручиванием ($СР$) и скручиваний ($С$) в одну сторону без разрушения [5, 6], таким образом:

$$K=f(O, ОП, \rho, \sigma, \delta_{200}, ОУ, СР, С).$$

При эксплуатации данной установки выявлено, что при одинаковых условиях (температура расплава, скорость литья, температура и расход охлаждающей жидкости) на различных стренгах появляется производственный брак, связанный с неправильным теплообменом в узле “кристаллизатор — охладитель” [3]. Кроме того классность качества катанки при отсутствии явно выраженного брака на разных стренгах так же различна.

О ходе процесса кристаллизации и интенсивности теплообмена можно судить по температуре поверхности стренги при выходе из литейной машины. В производственных условиях участка непрерывного литья медной катанки проводили замеры температур стренг, которые показали, что данная температура разнится от стренги к стренге при одинаковых технологических параметрах процесса.

Сопоставление температур поверхности катанки на выходе из литейной машины с механическими испытаниями и исследованиями структуры позволило выявить зону оптимальных температур (40...80 °C), при которых катанка имеет стабильные показатели качества.

При температуре поверхности до 40 °C катанка имеет в структуре мелкие столбчатые кристаллы, в интервале температур 40...80 °C — равновесные столбчатые кристаллы, а при температуре свыше 80 °C — крупные столбчатые кристаллы и осевую пористость, что влияет на механические свойства катанки. Различие в структурах, говорит о ходе процесса кристаллизации медной катанки и соответственно об интенсивности теплообмена в узле “кристаллизатор — охладитель”. Таким образом, косвенным параметром, определяющим качество непрерывного слитка, может является температура поверхности катанки при выходе из литейной машины [7]. Своевременное определение данной температуры и температур поверхности слитка в охладителях дает возможность менять технологические параметры процесса (рас-

ход охлаждающей жидкости, скорость литья) с целью стабилизации классности качества. Принципиальная схема организации замеров температуры представлена на рис. 1.

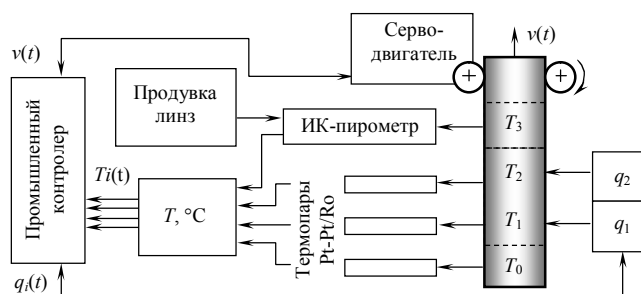


Рис. 1. Организация замеров температуры, расхода воды и скорости литья (б) на одной стренге

Для контроля температуры поверхности катанки на выходе стренг из вторичных охладителей 16-ручьевой машины непрерывного литья установлены бесконтактные инфракрасные пирометры (ИК-пирометры) для обеспечения максимально точного измерения температуры поверхности без возможного влияния температуры окружающей среды. В силу повышенной запыленности воздуха рабочей зоны, к линзам пирометров предусмотрен подвод сжатого воздуха для очистки продувкой. ИК-пирометр имеет выходной сигнал, соответствующий характеристике стандартной термопары J-типа (железо-константан) в диапазоне температур $-18...1200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Данные передаются в специальный блок контроллера, где переводятся в цифровой вид для дальнейшей интерпретации и занесения в базу данных. Время стробирования для всех пирометров составляло 2 с.

Температуру поверхности катанки находящейся в охладителях снимают при помощи платина-платинородиевых (Pt-Pt/Ro) термопар, которые вмонтированы в стенки охладителей. Температуру расплава постоянно измеряют такой же термопарой. Кроме того предлагается контролировать температуру охлаждающей жидкости на входе при помощи биметаллических термометров, и расход воды поплавковыми расходомерами.

Литература

1. McNulty, Michael J. 1995. Multi-wire technology: The Advantage and the Challenge. In: Non ferrous wire handbook. Volume 3: Principles and Practice. Horace Pops, Editor-in-chief. The Wire Association International, Inc.

2. Metzler, David A. 1995. Ultrafine Drawing of Copper Wire In Non ferrous wire handbook Volume 3 Principles and Practice. Horace Pops, Editor-in-chief. The Wire Association International, Inc.

3. Прокопович О.И., Прокопович И.В., Гогунский В.Д. Автоматизация производства высококачественной катанки для изготовления проводов сверхтонких сечений // Тр. Одес. политехн. ун-та. – Одеса, 2002. Спецвыпуск. – С. 68 – 71.

4. Pietila, Seppo. 1995. Outokumpu Upcast® Continuous Casting System. In: Non ferrous wire handbook. Volume 3: Principles and Practice Horace Pops, Editor-in-chief. The Wire Association International, Inc.

5. ТУ 16-705.491-2001. Катанка медная. — Ассоциация “Электрокабель”, Россия, 2001. – 13 с.

6. ТУ У 27.4-05758730-028–2003. Катанка медная. – ОАО Одесский кабельный завод “Одескабель”, 2003. – с. 20.

7. Прокопович О.И., Прокопович И.В., Гогунский В.Д. Температура поверхности катанки как косвенный параметр качества // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Одесса, 2003. – Вып. 2(20). – С. 128 – 130.

УДК 669.715:62-412:621.74.047

С.Л. Поливода, М.О. Поливода, А.В. Серый

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

МЕТОД АВТОМАТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ВАКУУМНЫХ МГД-УСТАНОВКАХ

В Физико-технологическом институте металлов и сплавов НАН Украины разработан комплекс металлургического оборудования, состоящий из вакуумной магнитодинамической установки и машины полунепрерывного литья слитков с автоматической системой управления процессами приготовления алюминиевых деформируемых сплавов, в том числе высокопрочных [1,2]. Для полной автоматизации этих процессов разработан метод контроля дегазации алюминиевых сплавов во время их вакуумного рафинирования в МГД-установке, в основу которого положен принцип метода первого пузырька [3], а также явление отклонения значений тока индуктора МГД-установки от начального значения ($I_{нач.}$) в процессе вакуумирования и их возврат к $I_{нач.}$ при восстановлении в вакуумной камере МГД-установки атмосферного

Научное издание

ЛИТЬЕ. МЕТАЛЛУРГИЯ. 2016

**Материалы XII МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
ЛИТЬЕ 2016**

**Материалы V МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
МЕТАЛЛУРГИЯ 2016**

Подп. к печати 29.04.16 г. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Riso-печать. Гарнитура Таймс. Ум. печать. стр. 18,94

Тираж 300 экз. Зам № 128.

Напечатано в СПДФО

Свидетельство № 24800170000040432 от 21.03.2001 г.

61002, г. Харьков, ул. Фрунзе, 16

Выпуск подготовлен к печати Запорожской торгово-промышленной палатой, 20154

Тираж 300 экз.