

Министерство образования и науки Украины  
Одесский национальный политехнический университет

*Труды*  
**ОДЕССКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Научный и производственно-практический  
сборник

Вып. 2(20). 2003

Одесса

Труды Одесского политехнического университета: Научный и производственно-практический сборник по техническим и естественным наукам. — Одесса, 2003. — Вып. 2(20). — 268 с. — Яз. рус., укр.

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

*Малахов В.П.* — гл. редактор, *Кострова Г.В.* — зам. гл. редактора, *Плескач Л.О.* — отв. секретарь, *Баранов П.Е.*, *Дащенко А.Ф.*, *Дубковский В.А.*, *Куценко А.Н.*, *Пуйло Г.В.*, *Алексеева Л.А.*, *Ефрюшина Н.П.*, *Кожухарь В.Я.*, *Кругляк Ю.А.*, *Куншенко Б.В.*, *Новохатский И.А.*, *Бельтюков Е.А.*, *Маковеев П.С.*, *Продиус И.П.*, *Соколенко В.Н.*, *Харичков С.К.*, *Гончарук Г.И.*

Сборник основан в 1996 году, зарегистрирован в Министерстве Украины по делам печати и информации 5 декабря 1996 года, свидетельство серии КВ № 2380

Печатается по решению Ученого совета Одесского национального политехнического университета, протокол № 8 от 24.06.2003 г.

Компьютерную версию опубликованных материалов можно получить по адресу:  
<http://www.ospu.odessa.ua/ospu/>

*В.В. Булгар, А.Д. Ивлев, А.В. Яковлев.* Особенности конструктивной схемы и выбора основных размеров двигателя постоянного тока с безобмоточным ротором.....86

## **КОМПЬЮТЕРНЫЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЕТИ И СИСТЕМЫ. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА**

<i>С.А. Нестеренко, В.А. Кравцов, Д.В. Болгаров.</i> Расчет транзакций абонентов локальной сети на базе коммутаторов.....	92
<i>В.А. Крисилов, Д.В. Чепелев.</i> Два подхода к организации интеллектуального анализа данных.....	94
<i>Т.И. Коджа, В.Д. Гогунский.</i> Модели представления знаний в системах компьютерного тестирования.....	99
<i>А.Б. Кунгурцев, Куок Винь Нгуен Чан.</i> Анализ возможности применения материализованных представлений в информационных системах.....	102
<i>Т.В. Чернышова.</i> Анализ и структурирование информации, организация информационных хранилищ в области медицины катастроф.....	107
<i>Б.К. Богданов.</i> Анализ структур последовательностных цифровых автоматов при недоопределенности алгоритма управления.....	110
<i>Г.В. Кострова, Е.В. Колесникова, Е.Д. Гогунский.</i> Операционная декомпозиция процесса выплавки стали в электродуговых печах при разработке АСУ ТП.....	113
<i>И.Г. Майсян.</i> Методы повышения надежности программного обеспечения АСУ.....	117
<i>В.О. Давыдов.</i> Решение задачи преобработки входной информации в автоматизированных системах управления.....	120
<i>В.А. Водичев.</i> Керування рухом подачі верстата для оптимізації процесу металообробки.....	124
<i>О.И. Прокопович, И.В. Прокопович, В.Д. Гогунский.</i> Температура поверхности катанки как косвенный параметр управления качеством.....	128
<i>А.Л. Становский, Т.В. Лысенко, М.Л. Герганов.</i> Информационная модель процессов протекания через трехкомпонентные гетерогенные среды с переменной структурой.....	131
<i>В.М. Тонконогий.</i> Управление вакуумным дуговым разрядом при нанесении ионно-плазменных износостойких покрытий на режущий инструмент.....	134
<i>Н.П. Худенко, С.Н. Красножон, Г.В. Налева.</i> Моделирование отказа технических объектов с помощью нейронной сети.....	138
<i>А.Д. Максимов, В.А. Парасочкин.</i> Проблемы виртуального проектирования при переходе к электронным формам разработки.....	141
<i>В.Ю. Федорович.</i> Структура адаптивної системи керування технологічним процесом виготовлення карамелі.....	145

## **ЭЛЕКТРОНИКА. РАДИОТЕХНИКА. СРЕДСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

<i>В.С. Ситников.</i> Подстройка параметров цифрового интегрирующего фильтра второго порядка для получения квазиидеальной АЧХ.....	152
<i>М.І. Шпиковська, О.В. Ганцева.</i> Визначення розташування елементів затримки матриць передаточних функцій.....	158

УДК 681.51:621.74

О.И. Прокопович, магистр,  
И.В. Прокопович, канд. техн. наук, доц.,  
В.Д. Гогунский, д-р техн. наук, проф.,  
Одес. нац. политехн. ун-т

## ТЕМПЕРАТУРА ПОВЕРХНОСТИ КАТАНКИ КАК КОСВЕННЫЙ ПАРАМЕТР УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

О.І. Прокопович, І.В. Прокопович, В.Д. Гогунський. Температура поверхні катанки як непрямий параметр управління якістю. Розглянуто технологічний процес багатострумового виробництва мідної катанки способом вертикального безперервного лиття. Виявлено параметри, що впливають на якість злитка, та запропоновано схему автоматизованого управління процесом лиття з метою одержання катанки стабільно високої якості.

O.I. Proscopovich, I.V. Proscopovich, V.D. Gogunsky. The surface temperature of the wire rod as an indirect parameter of quality control. The multiple-strand upward continuous casting process of copper wire rod manufacturing is considered. The factors affecting rod quality are revealed and the automation control scheme for casting process in order to obtain sustained high quality of the rod is offered.

Производство медных заготовок для волочения проволоки (катанки) методами вертикального непрерывного литья позволяет получить заготовку конечного сечения в одну технологическую операцию — вытягивание непрерывной литой заготовки из расплава [1]. Однако данным способом возможно получать медную катанку со скоростью литья около 3 м/мин, в то время как современные машины грубого волочения с совмещенным отжигом способны производить медную подтяжку диаметром 1,8 мм со скоростью около 30 м/с [2, 3], т.е. необходимо повышение производительности литейных машин. Данная задача чаще всего решается путем увеличения количества кристаллизаторов, располагаемых в несколько рядов (многолучевая схема литья) [4].

Установка для литья медной катанки состоит из плавильной индукционной печи, соединенной переливным желобом с раздаточной печью (рис. 1). В раздаточной печи в заданном диапазоне поддерживаются уровень расплава и его температура. Расплав изолирован от атмосферы защитным слоем покрывного флюса. В ванну печи погружены блоки кристаллизаторов-охладителей, которые составляют две параллельные технологические оси литейной машины — X и Y. Каждая технологическая ось позволяет получать катанку в 8 стренг.

При производстве катанки на представленной установке выявлено, что классность качества катанки на разных стренгах различна. Качество катанки (K) регламентируется ее физико-механическими свойствами: овальностью (O), окисленностью поверхностного слоя (ОП), удельным объемным электрическим сопротивлением  $\rho$ , временным сопротивлением разрыву  $\sigma$ , абсолютным  $\delta_{200}$  и относительным (ОУ) удлинением после разрыва, количеством выдержанных скручиваний с последующим раскручиванием (СР) и скручиваний (С)

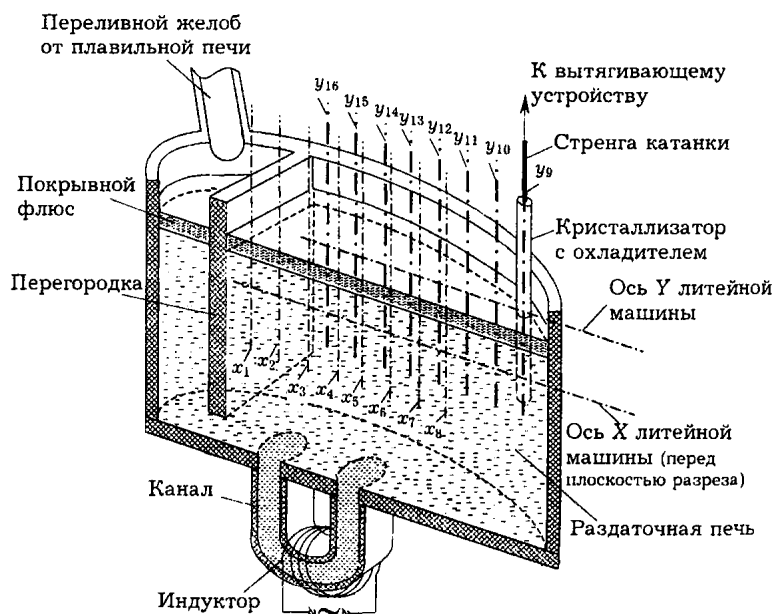


Рис. 1. Конструктивная схема многолучевой установки для литья медной катанки

в одну сторону без разрушения [5, 6]

$$K=f(O, OP, \rho, \sigma, \delta_{200}, OY, CP, C).$$

Для выяснения различия качества катанки, производимой в разных стренгах, в количественном выражении использовалась методика испытаний на растяжение согласно ГОСТ 1497-87 с определением относительного удлинения после разрыва  $\delta_{200}$  на образцах с начальной длиной  $200 \pm 2$  мм на испытательной машине на растяжение ИР-100. На рис. 2 представлены результаты статистической обработки измерений при производстве катанки при различных технологических режимах.

Из графиков видно, что абсолютное удлинение образцов со всех стренг различно при одинаковых условиях литья, а при изменении условий литья образцы с одних и тех же стренг дают разные результаты испытаний. Это, по всей видимости, в первую очередь связано с различными условиями кристаллизации в каждом отдельно взятом кристаллизаторе. Конструктивные особенности многоручьевых вертикальных литейных машин вытягивающего типа и блока кристаллизатор-охладитель [1] усложняют организацию постоянного температурного режима для всех стренг, требуя индивидуального подхода к регулированию процесса кристаллизации даже для соседних кристаллизаторов. Регулирование скорости литья возможно только по технологическим осям ( $V_{x\max}=3,6$ ,  $V_{y\max}=3,4$  м/мин), а температура охлаждающей воды поддерживается в интервале  $20 \dots 32$  °С и в первую очередь зависит от работы теплообменного оборудования и температуры окружающей среды, т.е. не регулируется. Интенсивность теплообмена в кристаллизаторах можно регулировать только путем изменения скорости литья и расхода охлаждающей воды.

Вопрос, в какой из технологических осей производить изменение входных параметров кристаллизации, напрямую связан с классностью качества получаемых стренг. Выявлено, что качество катанки стренг зависит от температуры поверхности стренги на выходе из литейной машины, которая дает также представление об интенсивности тепловых процессов в кристаллизаторе.

По результатам замеров температуры поверхности катанки при помощи носимой термопары типа ХК, подключенной к прибору МикРА 600, получены графические зависимости (рис. 3).

Зона оптимальных температур поверхности стренг, при которых возможно

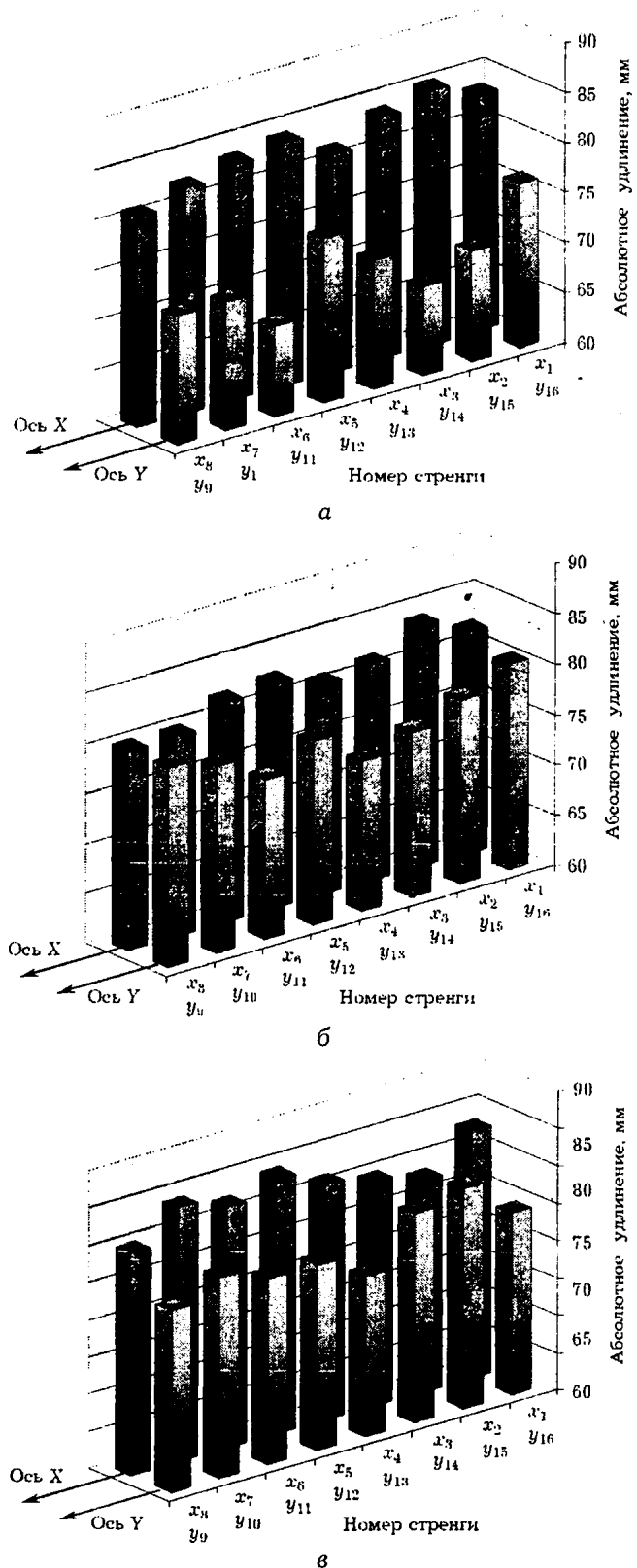


Рис. 2. Изменение пластических свойств катанки разных стренг при варьировании технологическими параметрами: а —  $T_{охл}=28$  °С,  $V_x=3,4$  м/мин,  $V_y=3,4$  м/мин; б —  $T_{охл}=28$  °С,  $V_x=3,4$  м/мин,  $V_y=3,2$  м/мин; в —  $T_{охл}=24$  °С,  $V_x=3,4$  м/мин,  $V_y=3,4$  м/мин

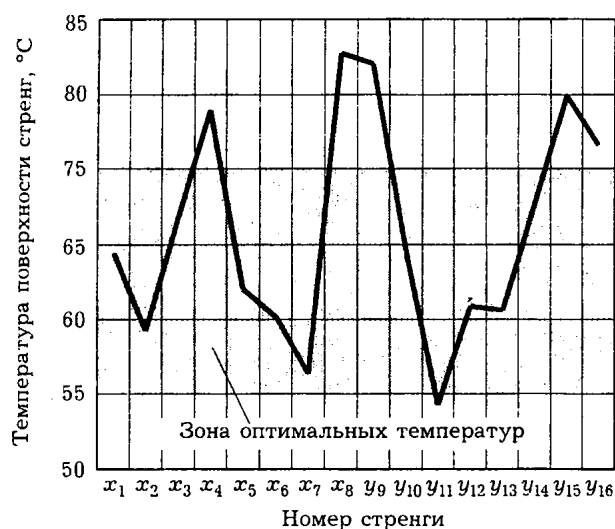


Рис. 3. Зависимость температуры поверхности от положения кристаллизатора при  $T_{\text{охл}}=28\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $V_x=3,4\text{ м/мин}$ ,  $V_y=3,4\text{ м/мин}$

получать катанку 1 класса качества, лежит в интервале 55...75 °C.

Температуру поверхности стренг предлагается контролировать при помощи роликовых термопар ХК, которые одновременно могут выполнять роль датчиков обрыва стренги.

Роликовая термопара представляет собой медный гиперболический ролик с запрессованной медно-графитовой втулкой, в которую вмонтирован спай термопары. Ролик постоянно контактирует рабочей поверхностью со стренгой, которая выходит из охладителя. Данные от термопар передаются на считывающее устройство МикРА 600 и выводятся на дисплей для визуального контроля температуры на всех стренгах, а также на управляющий модуль (контроллер), который после обработки данных дает команды электромагнитным задвижкам (ЭМЗ) каждого блока кристаллизатора-охладителя в системе охлаждения об увеличении или уменьшении расхода охлаждающей жидкости и сервоприводам каждой технологической оси об изменении скорости литья (рис. 4).

Предлагаемая система индивидуального управления входными параметрами для каждой стренги, позволит увеличить выход годного литья, поднять качество катанки на всех стренгах до 1 класса, оптимизирует использование энергосырьевых ресурсов и повысит эффективность работы литейной машины.

#### Литература

1. 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. — Спецвып. — С. 68 — 71.
2. McNulty, Michael J. Multi-wire technology: The Advantage and the Challenge // Non ferrous wire handbook / The Wire Association International, Inc. — Vol. 3. Principles and Practice. — 1995. — P. 326 — 334.
3. Bell P., Blumentrat M. Superfine Wire and Multiwire Drawing Machines: New Development to a Compliance with Ecological, Economic and Ergonomic Criteria // Eurowire magazine / Maschinenfabrik Niehoff GmbH & Co. KG. — 2002. — Vol. 27. — P. 121 — 133.
4. Pietild S. Outokumpu Upcast Continuous Casting System // Non ferrous wire handbook / The Wire Association International, Inc. — Vol. 3. Principles and Practice. — 1995. — P. 87 — 95.
5. ТУ 16-705.491-2001. Катанка медная / Ассоц. "Электрокабель". — М., 2001. — 13 с.
6. ТУ У 27.4-05758730-028-2003. Катанка медная / ОАО Одес. кабел. з-д "Одескабель". — Одесса, 2003. — 20 с.

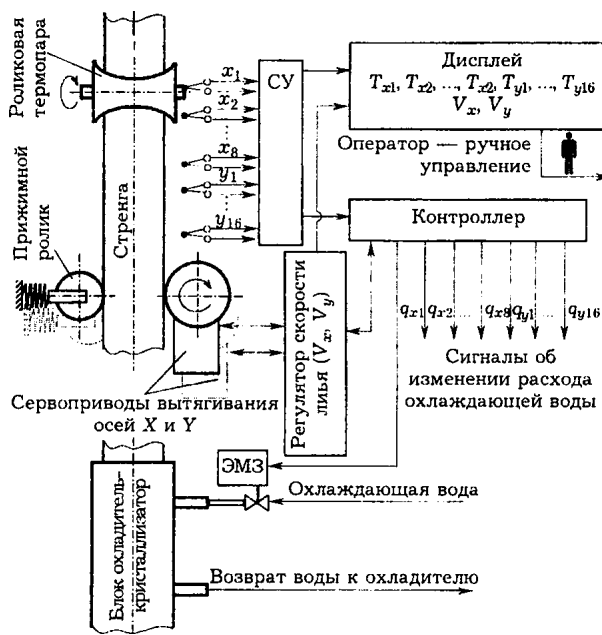


Рис. 4. Схема управления расходом охлаждающей воды на каждой стренге и скоростью литья по технологическим осям