

представлены следующие требования:

- 1) уменьшить количество ложных сигналов;
- 2) выдавать сигнал окончания трещины.

Данные условия делают необходимым ужесточение диагностических признаков, позволяющих детектировать продольные трещины, а также выявление и внедрение в алгоритм признаков их окончания.

Список литературы

1. А.А. Апет, С.А.Обухов, Д.Ф. Сафиуллина, А.А.Гусев, П.А. Шестаков. Разработка системы автоматической диагностики продольной трещины слитка в кристаллизаторе // Электротехнические системы и комплексы – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2012.-С.390-394.

УДК 62.011.56

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАННЕГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ ТРЕЩИН В РАЙОНЕ ПОГРУЖНОГО СТАКАНА НА МНЛЗ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ УЧАСТКОМ

***Д.Ф.Сафиуллина, Р.С. Пишнограев, А.А. Апет,
Д.В. Швидченко, Е.С. Сусницын***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
dilajla@mail.ru, r.s.pishnograev@gmail.com, apetaa@mail.ru,
schvidmit@yandex.ru, e_sus@mail.ru*

Аннотация

В работе представлены основные результаты исследований, выполненных в ходе подготовки магистерской квалификационной работы на тему «Разработка системы раннего детектирования продольных трещин в теле отливаемой заготовки для МНЛЗ с вертикальным участком».

LONGITUDE CRACKS EARLY DETECTION SYSTEM DEVELOPMENT FOR CONTINUOUS CASTING MACHINES WITH A VERTICAL SECTION

*D.F. Safiulina, R.S. Pishnograev, A.A. Apet, D.V. Shvidchenko,
E.S. Suspitsyn*

*Nosov Magnitogorsk State Technical University
Russia, Magnitogorsk
dilajla@mail.ru, r.s.pishnograev@gmail.com, apetaa@mail.ru,
schvidmit@yandex.ru, e_sus@mail.ru*

Abstract

This paper presents the main results of researches, made within the magister qualification work on the topic “Longitude cracks early detection system development for continuous casting machines with a vertical section”.

Проблемы, цели и задачи

Непрерывная разливка стали является одним из главных функционально-технологических элементов концептуального построения современного сталеплавильного цеха.

Начало процесса образования твердой корочки при непрерывной разливке стали происходит в виде частичного охлаждения мениска в области контакта жидкого металла с кристаллизатором (вплоть до появления твердой фазы). Важным этапом в получении качественных непрерывнолитых заготовок является процесс перехода стали из жидкого состояния в твердое, называемый затвердеванием.

Одним из существенных дефектов непрерывнолитой заготовки является продольная трещина в теле сляба. Наличие данного дефекта не позволяет отправить слябовую заготовку в прокатку. Для устранения трещины осуществляют огневую зачистку сляба, т.е. срезают часть поверхности заготовки на глубину залегания трещины. При этом возникают дополнительные затраты, связанные с оплатой труда, потерей металла и прочими расходами.

В литературных источниках указано, что основными причинами появления трещин являются:

- неверно выбранный режим кристаллизации;
- состав металла (химический состав и наличие неметаллических включений);
- нестабильность заполнения кристаллизатора жидкой сталью;
- несимметричность движения потоков металла в кристаллизаторе;
- нестабильность температуры разливки стали и неравномерность

распределения тепловых полей внутри кристаллизатора [1, 2].

Хотя причины образования продольных трещин и известны, полностью их устранить на существующих МНЛЗ ОАО «ММК» не удаётся. Поэтому проблема снижения количества непрерывнолитых заготовок с данным дефектом остаётся актуальной.

Из анализа перечисленных причин возникновения продольных трещин следует, что в большинстве случаев неравномерный отвод тепла от затвердевающей заготовки вызывает неодинаковое распределение полей температур в твердой корочке, что обуславливает формирование в ней внутренних напряжений, которые являются причиной деформирования заготовки. Таким образом существуют предпосылки для детектирования продольных трещин по характеру изменения теплового портрета кристаллизатора.

Задачами магистерской работы являлись:

- 1) изучение объекта исследования;
- 2) сбор статистических данных по теме исследований;
- 3) сравнительный анализ архивных данных;
- 4) статистическая обработка архивных данных;
- 5) разработка методики раннего детектирования продольных трещин в районе погружного стакана МНЛЗ с вертикальным участком;
- 6) разработка структурной схемы системы раннего детектирования продольных трещин.

Таким образом, задачей исследования являлось определение диагностических признаков, позволяющих детектировать продольные трещины в заготовке по показаниям термодатчиков, встроенных в кристаллизатор МНЛЗ. При этом задача ограничена детектированием наиболее часто встречающихся на МНЛЗ №6 трещин – трещин, образующихся в районе погружного стакана.

Анализ архивов систем контроля температуры поверхности слитка МНЛЗ №6

Для выявления и определения признаков появления продольных трещин на стадии образования твердой корочки отливаемой заготовки создана выборка архивов показаний термопар кристаллизаторов, системы контроля температуры слитка МНЛЗ №6 для случаев возникновения продольных трещин в теле отливаемой заготовки в районе погружного стакана. Собрана и проанализирована необходимая конструкторская документация и описание программного обеспечения, используемого в системе контроля температуры слитка.

По технологическим паспортам разливки определены номера плавов и слябов с продольными трещинами. По архивным данным установлены моменты возникновения продольных трещин в отливает-

мых заготовках. Выполнен анализ характера изменения температуры в моменты зарождения продольных трещин в точках установки ближайших к месту трещинообразования и соседних им термопар.

В результате анализа архивных данных установлено, что при образовании продольной трещины наблюдается характерное локальное снижение показаний термопар по одному столбцу термопар.

Выбор диагностических признаков для методики раннего детектирования продольных трещин в теле отливаемой заготовки на МНЛЗ с вертикальным участком

Было установлено, что возникновение продольных трещин в теле отливаемой заготовки в районе погружного стакана сопровождается характерным локальным снижением показаний термодатчиков, встроенных в кристаллизатор МНЛЗ. Снижение температур происходит по вертикальной области кристаллизатора (по столбцу термопар) и распространяется от одного уровня установки термодатчиков к другому.

Также установили, что характер изменения показаний термодатчиков, расположенных вне зоны образования продольной трещины изменяется мало при стабильной скорости вытягивания заготовки и уровне металла в кристаллизаторе.

Таким образом, в качестве диагностических признаков образования продольных трещин в теле отливаемой заготовки могут быть использованы параметры изменения показаний термопар T трёх типов:

а) параметры, сигнализирующие о значительном отклонении показаний термодатчиков от показаний при стационарном (нормальном) ходе разливки;

б) параметры, сигнализирующие о значительном отклонении показаний термодатчиков, расположенных в зонах возможного образования продольных трещин, от показаний остальных термодатчиков (фона);

в) параметры, сигнализирующие о значимом взаимозависимом изменении показаний термодатчиков одного столбца кристаллизатора (корреляционные параметры и комбинации параметров первых двух типов).

Для дальнейшей статистической обработки выделены следующие параметры, характерные значения (изменения значений за интервал наблюдения N значений) которых могут быть использованы в качестве диагностических признаков для алгоритма раннего детектирования трещин в теле отливаемой заготовки: среднее значение показаний термопары $T_{\text{СР}}$; максимальное значение показаний термопары $T_{\text{МАКС}}$; минимальное значение показаний термопары $T_{\text{МИН}}$; размах показаний термопары ΔT ; среднеквадратическое отклонение показаний термопа-

ры $S(T)$; угловой коэффициент показаний термопары $K(T)$, уровни снижения нормализованных и фильтрованных показаний термопар, расположенных в разных слоях одного столбца сетки кристаллизатора, относительно средних по слоям показаний термопар, удалённых от погружного стакана МНЛЗ: dT_v , dT_c , dT_n и др.

Для подтверждения появления трещины выполняется анализ разницы показаний термопары верхнего слоя столбца, расположенного в районе образования продольной трещины, и среднего значения показаний термопар верхнего слоя, находящихся вне зоны возможного образования трещин в момент обнаружения первого локального минимума по показаниям термопар верхнего, среднего или нижнего слоя.

С целью определения эффективности каждого из анализируемых параметров был выполнен их расчёт для 16 случаев возникновения продольных трещин. При обработке расчётов оценивалось экстремальное изменение параметра (т.е. когда данный параметр принимал максимальное или минимальное значение для показаний термопар, расположенных в районе возникновения), достоверное изменение параметра (т.е. когда отклонение анализируемого параметра для термопар, расположенных в районе трещины, выходит за диапазон трёх среднеквадратических отклонения от среднего значения для всех термопар).

На основании расчётов составлены таблицы наблюдаемости признаков, где единицей отмечались случаи, когда анализируемый параметр значительно отклонялся, т.е. по нему можно было бы продиагностировать продольную трещину. На основании таблиц определялись проценты наблюдаемости анализируемых признаков.

Выводы по статистическому анализу архивных данных

1. Возникновение продольной трещины в теле отливаемой заготовки отражается в показаниях термодатчиков в виде локальной вертикальной области захлаживания;

2. В большинстве случаев область захлаживания локализуется на одном столбце термопар кристаллизатора. В некоторых – распространяется на два столбца;

3. При диапазоне наблюдения $N=15$ лучшей наблюдаемостью ($\approx 70\%$) обладают экстремальные значения параметров, среднеквадратическое отклонение показаний термопары $S(T)$, размах показаний термопары ΔT и коэффициент наклона линии регрессии $K(T)$ верхнего слоя термопар, их экстремальные изменения, а также параметры максимальной разницы показаний термопары верхнего, среднего и нижнего слоя столбца, расположенного в районе образования продольной трещины, и среднего значения показаний термопар верхнего, среднего

и нижнего слоя dT_b , dT_c и dT_n (наблюдаемость более 80%) для фильтрованных и нормализованных показаний термопар;

4. С ростом диапазона наблюдения наблюдаемость параметров улучшается. При $N=30$ наблюдаемость параметров среднее квадратическое отклонение показаний термопары $S(T)$, размах показаний термопары ΔT и коэффициент наклона линии регрессии $K(T)$ превышает 80% для термопар верхнего и среднего слоя;

5. При дальнейшем увеличении диапазона наблюдения существенного увеличения наблюдаемости не происходит. Поэтому можно сделать вывод о том, что оптимальным диапазоном наблюдения для диагностирования моментов возникновения продольных трещин является $N=30$;

6. Есть основания предполагать, что 70% моментов возникновения продольных трещин будут зафиксированы в пределах первых 15 периодов обновления информации о показаниях термопар.

Разработка структурной схемы системы раннего детектирования продольных трещин

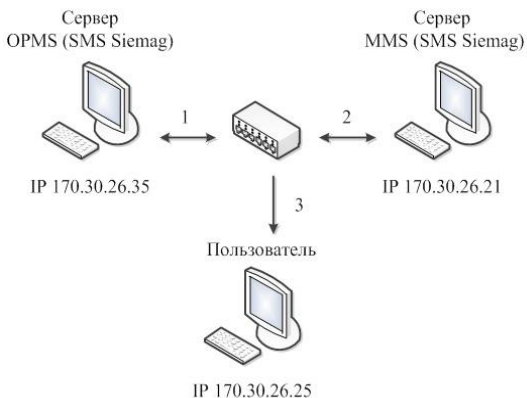


Рис. 1. Структурная схема системы сбора информации

С целью формирования массивов статистических данных, в условиях серверной МНЛЗ №6 предложена структурная схема системы сбора данных (рис. 1). По линии 1-3 от PLC-системы Beckhoff TwinCAT™, расположенной на сервере MMS (SMS Siemag) осуществляется прием сигналов от термопар кристаллизатора. По линии 2-3 от OPC-сервера, расположенного на рабочей станции OPMS (SMS Siemag) выполняется прием параметров: скорость разливки, фактическое положение уровня металла в кристаллизаторе, ширина и толщина отливаемого слитка. Синхронизация, объединение в пакет и архивиро-

вание полученной информации осуществляется на рабочей станции диагностики.

Список литературы

1. Дюдкин Д.А., Кисиленко В.В., Смирнов А.Н. Производство стали. Том 4. Непрерывная разливка металла. – М.: «Теплотехник», 2009. – 528 с.
2. Смирнов А.Н., Куберский С.В., Штепан Е.В. Непрерывная разливка стали: учебник – Донецк: ДонГТУ, 2011. – 482 с.
3. Лукьянов С.И., Васильев А.Е., Лукьянов Д.С. Автоматизированный электропривод тянуще-правильного устройства МНЛЗ: монография. - Магнитогорск: МГТУ, 2004.- 176с.
4. Лукьянов С.И., Суспицын Е.С., Красильников С.С. Совершенствование системы управления электроприводами основных механизмов МНЛЗ: монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2011.- 91с.

УДК 004.622

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ПОКАЗАНИЙ ТЕРМОПАР КРИСТАЛЛИЗАТОРА В СИСТЕМЕ РАННЕГО ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ТРЕЩИН

***Ю.В. Пишнограева, Р.С. Пишнограев, С.С. Красильников,
Д.В. Швидченко***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова», Россия, г. Магнитогорск
pishnograeva@mail.ru, r.s.pishnograev@gmail.com,
kras.technoap@gmail.com*

Аннотация

В статье приведены сведения о математических методах обработки показаний термопар кристаллизаторов МНЛЗ №6, применяемых в системе раннего детектирования продольных трещин в теле отливаемой заготовки.

Ключевые слова: МНЛЗ, кристаллизатор, трещина, интерполяция.