

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректор Государственного образовательного учреждения высшего

профессионального образования

Луганской Народной Республики

«Донецкий государственный

технический университет»,

к.э.н., доц.

Зинченко А.М.

«19» 10 2016 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Сотникова Алексея Леонидовича на тему «Развитие научных основ и практика обеспечения точности конструктивных и технологических параметров машин непрерывного литья заготовок», представленную на соискание учёной степени доктора технических наук по специальности по специальности 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» (металлургия)

Актуальность для науки и практики

Вопросы обеспечения точности конструктивных и технологических параметров оборудования современных сортовых радиальных машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) в процессе эксплуатации проработаны недостаточно в силу того, что широко эксплуатироваться на отечественных металлургических предприятиях данные машины начали не более 17 лет назад. Практический опыт эксплуатации сортовых МНЛЗ за это время показал необходимость повышения безотказности отдельных узлов и механизмов, нормирования допустимых пределов точности параметров оборудования и режимов их работы.

В настоящее время на металлургических предприятиях для предупреждения отклонений конструктивных и технологических параметров оборудования МНЛЗ от заданных значений принимается комплекс мер, включая контроль, мониторинг и диагностирование технического состояния, а также обслуживание и ремонт оборудования. Вместе с тем, со временем наблюдается отклонений параметров МНЛЗ, что приводит к снижению её производительности, а также к ухудшению качества получаемых заготовок. Причинами этого являются несовершенство применяемых способов и средств контроля и диагностирования, сборки, регулировки и выставки оборудования, а также соответствующих руководящих положений и норм точности. Как результат, наблюдается низкая эффективность использования потенциальных возможностей повышения производительности МНЛЗ за счет увеличения скорости вытягивания слитка из кристаллизатора, а также качества получаемых непрерывнолитых заготовок за счет обеспечения минимальных напряжений деформации правки непрерывнолитого слитка.

В связи с этим, необходимо решение следующих задач в теоретической и практической постановке вопросов.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Вх. № 16/50
«21» 10 2016 г.

1. Выполнить причинно-количественное исследование отказов и неисправностей оборудования участка формирования непрерывнолитого слитка сортовой МНЛЗ для выявления наиболее уязвимых механизмов с позиции нарушения в процессе эксплуатации их конструктивных и технологических параметров.

2. Провести исследования напряженно-деформированного состояния звеньев, а также резонансных частот привода шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ для определения границ их работоспособного состояния из условия предупреждения разрушения звеньев механизма качания.

3. Установить влияние точности сборки и монтажа электромеханического привода шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ на безотказность эксцентрикового вала привода для определения соответствующих норм точности сборки и монтажа.

4. Разработать теоретические основы синтеза шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ, геометрические и кинематические параметры которого определяют точность конструктивных и технологических параметров МНЛЗ, стабильность и безопасность процессов разлива стали, а также условия формирования непрерывнолитого слитка.

5. Разработать теоретические основы расчета упругих элементов, используемых в качестве направляющих и шарниров в рессорных механизмах качания кристаллизатора МНЛЗ, провести физическое моделирование схем их нагружения для верификации математических моделей.

6. Определить уровень отклонения положения оборудования МНЛЗ в процессе эксплуатации и выполнить исследование точности выставки оборудования участка формирования непрерывнолитого слитка сортовой МНЛЗ относительно технологической оси машины с помощью традиционного способа для разработки технологии высокоточной выставки оборудования, отвечающей требованиям проектно-конструкторской документации.

7. Разработать теоретические основы и реализовать технологии, способы и аппаратно-программные средства: а) контроля положения и выставки оборудования участка формирования непрерывнолитого слитка сортовой МНЛЗ относительно технологической оси ручья машины; б) контроля параметров колебательного движения кристаллизатора МНЛЗ; в) диагностирования состояния электромеханического привода шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ.

Решение указанных вопросов имеет высокую научно-техническую и практическую актуальность и позволит увеличить производительность и коэффициент использования существующих и новых МНЛЗ, повысить качество получаемых заготовок, и тем самым обеспечить значительный экономический эффект.

Основные научные результаты и их значимость для науки и производства

Основные научные результаты, полученные автором:

1. Объяснена низкая производительность отечественных сортовых МНЛЗ и определены потенциальные возможности её повышения на основе представи-

тельных данных об эксплуатации машин. Низкая эффективность использования потенциальных возможностей повышения производительности отечественных МНЛЗ обусловлена фактическим техническим состоянием и соответствующим ему режимами работы оборудования машины.

2. Предложены методические основы увеличения производительности существующих и новых сортовых МНЛЗ, а также улучшения качества получаемых непрерывнолитых заготовок за счет повышения точности конструктивных и технологических параметров МНЛЗ.

3. Получили развитие представления о влиянии инерционно-массовых характеристик механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ на схему его рабочих нагрузок и нагруженность звеньев при различных режимах работы. Установлено, что максимальные напряжения в звеньях механизма качания возрастают при увеличении частоты качания кристаллизатора, но остаются ниже допускаемых напряжений по условию прочности.

4. Получили развитие научные основы выбора рациональных режимов работы шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовых МНЛЗ за счет обеспечения долговечности механизма качания. Расчет режимов работы механизма качания осуществляется из условия разрушения его звеньев, в том числе по причине резонансных явлений в электромеханическом приводе механизма качания.

5. Установлено влияние отклонений положения опоры электромеханического привода механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ на амплитуду напряжений в сечении консольной части эксцентрикового вала привода. На базе полученной зависимости определено допустимое отклонение положения опоры привода при котором усталостные разрушения эксцентрикового вала не возникают.

6. Создана методология обеспечения точности конструктивных и технологических параметров МНЛЗ за счет выставки и настройки положения оборудования машины с минимальными корректирующими воздействиями из условия формирования фактической технологической оси с отклонениями от требований проектно-конструкторской документации в диапазоне $0,2 \dots 0,5$ мм.

7. Установлено влияние усталостного разрушения консольной части эксцентрикового вала на амплитудно-частотные характеристики электромеханического привода механизма качания кристаллизатора сортовой МНЛЗ. На базе полученных зависимостей определены границы технического состояния эксцентрикового вала по общему уровню вибрации (виброскорости) привода механизма качания.

Значимость для науки результатов исследований заключается в том, что теоретические решения применительно к шарнирно-рычажным механизмам качания кристаллизаторов с электромеханическим приводом сортовых радиальных МНЛЗ позволяют: определять влияние инерционно-массовых характеристик звеньев механизма качания на схему его рабочих нагрузок и нагруженность звеньев при различных режимах работы; вычислять напряжения в звеньях механизма качания и рассчитывать их долговечность при различных режимах работы; исследовать амплитудно-частотные характеристики привода меха-

низма качания и выполнять нормирование режимов его работы и границ технического состояния звеньев; подбирать рациональные длины звеньев механизма на этапе его проектирования. Применительно к современным рессорным механизмам качания кристаллизатора сортовых, слябовых и блюмово-сортовых МНЛЗ – выполнять их проектировочные и проверочные расчеты.

Таким образом, разработанные теоретические решения дают возможность в будущем создать усовершенствованные модели и конструкции как шарнирно-рычажных, так и рессорных механизмов качания кристаллизаторов МНЛЗ различного типа, характеризующихся высоким уровнем безотказности, минимальными металлоемкостью и энергозатратами, обеспечивающих высокую точность параметров колебательного движения кристаллизаторов и высокоскоростную непрерывную разливку стали.

Практическое значение результатов работы определяется тем, они нашли применение при решении таких задач, как: контроль положения и выставка оборудования МНЛЗ; синтез шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой радиальной МНЛЗ; контроль и диагностирование механизма качания кристаллизатора МНЛЗ, включая электромеханический привод.

Результаты диссертационной работы внедрены на ПАО «Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича» (г. Мариуполь) и ПАО «Металлургический комбинат «Азовсталь» (г. Мариуполь), ЗАО «Миниметаллургический завод «Истил (Украина)» (ныне ПАО «Донецкий электрометаллургический завод») (г. Донецк), ПАО «Новокраматорский машиностроительный завод», ПАО «Енакиевский металлургический завод», а также ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ» и ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет».

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Считаем целесообразным продолжить работу по совершенствованию предложенных в диссертации технических решений применительно к другому промышленному крупногабаритному оборудованию, характеризующегося повышенными требованиями к точности конструктивных и технологических параметров.

В частности, разработанная методология контроля положения и выставки оборудования МНЛЗ с помощью электронного тахеометра может использоваться для трубосварочных и прокатных станков различного типа, методы виброметрического диагностирования электромеханического привода механизма качания кристаллизатора МНЛЗ – для подобных приводов других металлургических машин, особенно при наличии в них консольно-расположенных валов, испытывающих крутильно-изгибающие нагрузки.

Интересными для промышленного использования являются разработанные лабораторный стенд и тензометрическая система для исследования напряженно-деформированного состояния рессор. Они позволяют в условиях металлургического производства: при проведении ремонтов рессорных механизмов качания подбирать рессоры с одинаковым коэффициентом жесткости, а также проводить контрольные испытания новых рессор; выполнять измерения напряжений в рессорах на действующем механизме качания кристаллизатора МНЛЗ при различных режимах работы. Кроме этого тензометрическая система может

найти применение при исследовании напряженно-деформированного состояния различных элементов других металлургических машин.

Расширение объемов внедрения предложенных технических решений может быть осуществлено за счет металлургических предприятий России, Белоруссии и др. стран, широко эксплуатирующих МНЛЗ различного типа.

Общие замечания

Как недостаток отмечаем, что в работе не нашло отражение исследование напряженно-деформированного состояния непрерывнолитого слитка на участке его формирования, что позволило бы непосредственно сопоставить отклонения положения оборудования МНЛЗ с напряжениями деформации правки, возникающими в слитке. Исходя из этого, можно было бы установить допустимые отклонения оборудования от проектного положения.

Недостаточно проработан вопрос синтеза шарнирно-рычажного механизма качания кристаллизатора сортовой радиальной МНЛЗ. В работе были выделены конструктивные особенности широко эксплуатирующихся механизмов качания, а также предложен вариант повышения точности их синтеза за счет применения методов аналитико-оптимизационного синтеза направляющих шарнирно-рычажных механизмов. При этом указывается, что это открывает перспективные возможности для пересмотра конструкции механизмов качания в принципе, направленного на обеспечение высокой точности колебательного движения кристаллизатора вдоль технологической оси ручья. Однако в работе практически не рассматриваются, а тем более не разрабатываются методы аналитико-оптимизационного синтеза, не приводятся варианты изменения конструкции механизма качания в результате их применения.

Также в диссертации не рассматриваются особенности конструирования и проектирования рессорных механизмов качания из условия обеспечения точности колебательного движения кристаллизатора вдоль технологической оси ручья, ограничившись только исследованием напряженно-деформированного состояния рессор.

Приведенные данные об исследовании напряженно-деформированного состояния рессор не дают сведений о коэффициенте жесткости листовых и стержневых упругих элементов реальных рессорных механизмов качания, а также о допустимых его значениях для обеспечения параметров колебательного движения кристаллизатора в заданных пределах точности.

В диссертационной работе большое внимание уделено механизму качания кристаллизатора МНЛЗ, как основному динамическому оборудованию машины, при этом практически не уделено внимание тянуще-правильному устройству, которое также относится к не менее важному динамическому оборудованию.

Заключение

В диссертационной работе решена важная научно-техническая проблема развития основ обеспечения точности конструктивных и технологических параметров МНЛЗ за счет создания математической модели технологической оси ручья машины и метода формирования на ее базе фактической оси; модели напряженно-деформированного состояния звеньев и амплитудно-частотных ха-

рактических электромеханического привода и метода расчета на их основе рациональных режимов работы механизма качания кристаллизатора; модели механизма качания кристаллизатора и метода синтеза на ее основе рациональных длин звеньев механизма качания, а также зависимостей для расчета напряженно-деформированного состояния упругих элементов (направляющих и шарниров) рессорных механизмов качания кристаллизатора, и установления границ технического состояния электромеханического привода механизма качания.

Решение проблемы имеет важное хозяйственное значение для увеличения производительности МНЛЗ различного типа, обеспечения безопасности и стабильности процессов непрерывной разливки стали, а также повышения качества получаемых заготовок.

Диссертация представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, на актуальную тему. Новые научные результаты, полученные диссертантом имеют существенное значение для металлургической и машиностроительной отраслей, науки и практики проектирования новых, модернизации и эксплуатации существующих МНЛЗ различного типа. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы.

Работа отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности по специальности 05.02.13 «Машины, агрегаты и процессы» (металлургия).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Машины металлургического комплекса» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет» «19» октября 2016 г., протокол № 2.

Кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Машины металлургического комплекса» Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Луганской Народной Республики «Донбасский государственный технический университет»
94204, ЛНР, г. Алчевск, пр. Ленина, 16, тел.: +380 (6442) 2-89-48, 2-98-55,
эл. почта: mmkipm@mail.ru

Вишневский Дмитрий Александрович

Я, Вишневский Дмитрий Александрович согласен на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе

(подпись)

Подпись Вишневский Дмитрий Александрович
ст. инспектор ОК Д.А. Козловский
М.С. Бутовская