

М 498246

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО НАРОДНОМУ ОБРАЗОВАНИЮ
МОСКОВСКИЙ
ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового
Красного Знамени государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

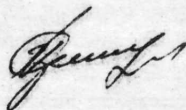
На правах рукописи

ПРУМЕНКО Иван Васильевич

УДК 6-1.941

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ТОКАРНОЙ
ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ БАНДАЖЕЙ В
УСЛОВИЯХ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Специальность 05.01.08 - технология машиностроения



Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва

1991

Работа выполнена в Белгородском технологическом институте
строительных материалов

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент ПОГОНИН А.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор ТИМОШЕВ И.В.

кандидат технических наук,
доцент КАЗАКОВ В.А.

Ведущее предприятие - Специализированное объединение
"Союзремонт" г. Москва

Защита состоится "28" ноября 1991 г. на заседании спе-
циализированного совета К 053.15.15 в Московском Государственном
техническом университете им. Н.Э. Баумана по адресу: 107005,
Москва, 2-ая Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГТУ имени

экземпляре, заверенный
тому адресу.

г.е.е. 1991 г.

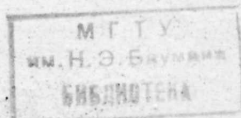
М 498246

Р.К. Алдеряков

Актуальность темы. Во многих отраслях промышленности: цементной, металлургической, огнеупорной, химической и других используются вращающиеся агрегаты типа обжиговых печей, содержащих крупногабаритные детали – бандаж, посредством которых печь опирается на опорные ролики и вращается с определенной частотой. Работая в условиях непрерывного производства, печи являются звеном, определяющим ритм работы всего предприятия и поддержание их в работоспособном состоянии является одной из центральных задач. Добиться увеличения производительности печей возможно только сокращением ремонтных простоев, т.к. другие мероприятия, как-то увеличение диаметра печи, её длины, частоты вращения влекут за собой дополнительные затраты на футеровку, топливо и т.п. и поэтому являются неэффективными направлениями.

На основании ранее проводимых исследований установлено, что периодическая обработка поверхностей катания бандаж и роликов, позволяет поддерживать основные характеристики печного агрегата в пределах допустимых. И, так как такая обработка может производиться на месте эксплуатации агрегата, без его остановки, происходит сокращение ремонтных простоев, позволяющее увеличить производительность печи на 5–6%, а срок эксплуатации бандаж и роликов – в 1,5–2 раза.

Обработка поверхностей катания этих деталей проводилась неоднократно с использованием различных конструкций переносных станков. Наиболее современный способ, заключающийся в том, что периодическая обработка производилась переносным станком, базирующимся в межроликовом пространстве, а глубина резания на каждом рабочем ходе задавалась в зависимости от характеристики формы, получил широкое распространение на многих заводах, эксплуатирующих печные агрегаты и дал реальный положительный эффект. Однако для опор вращающихся печей, содержащих гидроупоры и опоры скольжения, этот способ не применим, так как пространство между опорными роликами занято дополнительными устройствами печного агрегата и не позволяет установить станок. Кроме того, циклический "отрыв" бандаж от одного или двух опорных роликов, наблюдаемый в процессе эксплуатации на некоторых печных агрегатах, вообще не поз-



1498246

воляет использовать ни один из известных способов обработки аналогичных деталей. Для обеспечения обработки деталей вышеуказанных опор, станок должен базироваться за пределами опорных роликов, так как эта зона удобна для монтажа станка, отсутствуют дополнительные устройства, мешающие его установке, удобна для обслуживания и управления. Однако процесс формообразования при обработке деталей с таким расположением инструмента к опорным роликам, при циклическом "отрыве" бандаж от поверхности опорных роликов практически не изучен. Не изучен и вопрос определения погрешности обработки деталей в продольном сечении. Поэтому, решение вопросов восстановления с требуемой для эксплуатации точностью бандажей и опорных роликов вращающихся обжиговых печей, опор, содержащих гидроупоры, опоры скольжения, при циклическом "отрыве" бандаж от одного или двух опорных роликов, а так же при отклонении продольного сечения от правильной формы является актуальной проблемой, требующей проведения соответствующих исследований.

Целью исследований является разработка способа восстановительной механической обработки изношенной формы крупногабаритных деталей типа бандажей и роликов вращающихся обжиговых печей в условиях непрерывного производства.

Методы исследований. При разработке вышеуказанного способа использованы общие и частные методики проведения теоретических и экспериментальных исследований.

При проведении экспериментов использовались специальное оборудование и приспособления, современные контрольно-измерительные приборы.

В исследованиях использовались научные основы технологии машиностроения, высшей математики, планирования эксперимента, а так же оптимизация технологических процессов с использованием последовательного симплексного метода (ПСМ).

Теоретические исследования процесса формообразования при обработке деталей типа бандаж и ролика вращающихся обжиговых печей, проведены на персональном компьютере ДВК-2М, ДВК-3, с использованием математических моделей процесса обработки: при постоянном контакте бандаж с опорными роликами; при непостоянном контакте бандаж с опорными роликами.

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях и производственных условиях. В лабораторных условиях проведены эксперименты по физическому моделированию с целью определения адекватности математического моделирования процесса обработки, реально протекающему процессу.

В производственных условиях проведены эксперименты по исследованию формообразования при обработке бандажа без использования самоустанавливающегося суппорта, с использованием самоустанавливающегося суппорта с двумя и четырьмя роликами при оптимальных значениях геометрических и технологических параметров, полученных при математическом моделировании. Исследовано формообразование в продольном сечении деталей при обработке, в зависимости от жесткости технологической системы и погрешности установки специального переносного встраиваемого станка относительно обрабатываемой детали.

Результаты исследований приведены в виде значений оптимальных параметров обработки для исправления изношенной формы в поперечном сечении деталей и в виде таблицы возможной погрешности продольного сечения, в зависимости от глубины резания t и подачи S .

Научная новизна. В работе теоретически установлена возможность восстановления, с необходимой для эксплуатации точностью, искаженной формы бандажей вращающихся обжимных печей при постоянном и непостоянном контакте их с опорными роликами.

Предложены и теоретически обоснованы математические модели процесса обработки бандажа, позволяющие исследовать процесс формообразования на ЭВМ. Методом числовой оптимизации определены геометрические и технологические параметры, при которых процесс исправления искаженной формы идет наиболее интенсивно.

Теоретически определено отклонение продольного сечения детали при обработке с учетом погрешности установки станка и жесткости технологической системы.

Экспериментально, в промышленных условиях, проведено исследование и подтверждена зависимость процесса формообразования в поперечном сечении от геометрических и технологических параметров, в продольном сечении — от погрешности установки станка и жесткости технологической системы.

Практическая ценность. По результатам выполненной работы автором разработана методика обработки крупногабаритных деталей типа бандажа и роликов вращающихся обжиговых печей в условиях непрерывного производства, с требуемой для эксплуатации точностью, при постоянном и непостоянном контакте бандажа с опорными роликами.

Для реализации предлагаемого способа разработана принципиально новая конструкция специального переносного встраиваемого станка, защищенная двумя авторскими свидетельствами и конструкция самоустанавливающегося суппорта.

На основании статистических исследований работоспособности бандажей и роликов вращающихся печей, проведенных на нескольких цементных заводах, определена наработка бандажей и роликов до восстановительной механической обработки их поверхностей катания.

Использование самоустанавливающегося суппорта позволяет вести обработку бандажей с требуемой для эксплуатации точностью даже при непостоянном контакте их с опорными роликами, что ранее было практически невозможно. Позволяет значительно стабилизировать процесс резания, т.к. усилие, создаваемое пружинами самоустанавливающегося суппорта, превышает силу резания.

По результатам выполненной работы проведена обработка бандажей и роликов обжиговых печей Белгородского цементного завода, Воскресенского цементного завода, цементного завода "Гигант", Карачаево-Черкесского цементного завода, Рыбницкого цементно-шиферного комбината. Экономический эффект только от обработки деталей на Белгородском цементном заводе составил свыше 215 тыс. рублей. Белгородским технологическим институтом изготовлена опытная партия специальных переносных встраиваемых станков для обработки бандажей и роликов. Станки переданы СО "Совзцементремонт".

Апробация работы и публикации. По результатам работы опубликовано 6 печатных работ и получено 2 авторских свидетельства, список которых приведен в конце автореферата.

Основные научные положения работы доложены на:

- Всесоюзной конференции "Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении". Белгород, 1989 г.

- Всесоюзном совещании "Внедрение в производство и строительство прогрессивных строительных материалов". Киев, 1990 г.

- Всесоюзной конференции "Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии". Белгород, 1991 г.

- неоднократно на научных чтениях, научно-технических конференциях и семинарах в Белгородском технологическом институте строительных материалов.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4-х глав и выводов, содержание которых изложено на 182 страницах машинописного текста, содержит 34 рисунка, 21 таблицу, список литературы из 34 наименований и приложения.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, дана общая характеристика работы, выбрана цель исследований и сформулированы следующие задачи:

- разработка математических моделей процесса обработки крупногабаритных деталей типа бандажей и роликов вращающихся печей с опорами, содержащими гидроупоры, подшипники скольжения, когда бандаж имеет постоянный и непостоянный контакт с опорными роликами, и когда на поверхности катания имеется единичная погрешность в виде впадины на всю ширину поверхности;

- моделируя процесс обработки на ЭВМ, выполнить его числовую оптимизацию;

- теоретически определить погрешность продольного сечения детали при её обработке;

- разработать устройство для реализации предлагаемого способа;

- экспериментально, в промышленных условиях, исследовать процесс формообразования в поперечном и продольном сечениях деталей;

- разработать методику обработки крупногабаритных деталей типа бандажей и роликов вращающихся обжиговых печей в условиях непрерывного производства для опор, содержащих гидроупоры, подшипники скольжения, постоянный и непостоянный контакт бандажа с опорными роликами и, когда на поверхности катания имеется единичная погрешность - впадина на всю ширину.

Первая глава посвящена литературному обзору работ по обработке бандажей и роликов вращающихся обкиговых печей, а так же анализу практического использования устройств для осуществления обработки деталей на ведущих предприятиях отрасли строительных материалов. Показано, что работы по восстановлению изношенной формы бандажей и опорных роликов проводились неоднократно.

Установлено, что на опорах печей, содержащих гидростопы, подшипники скольжения, непостоянный контакт бандажа с опорными роликами и с единичной погрешностью – впадиной на всю ширину поверхности, положительные результаты не были достигнуты. Конструкции применяемых устройств не отвечают требованиям точности и качества обработки для вышеприведенных опор. Вопросы обеспечения точности обработки для этих опор находятся в стадии разработки.

Анализ проведенных исследований процесса восстановления изношенной формы бандажей и роликов вращающихся печей позволил установить, что обеспечение необходимой точности обработки вышеприведенных опор, в поперечном и продольном сечениях возможно на основе дальнейшего изучения закономерностей процесса формообразования.

Во второй главе обоснована необходимость математического моделирования процесса обработки бандажей, для оптимизации основных геометрических и технологических параметров с целью интенсификации процесса восстановления изношенной формы.

Учитывая то, что пространство между опорными роликами, являющееся наиболее благоприятным для базирования станка, с точки зрения формообразования занато, то приведена и обоснована математическая модель процесса обработки при расположении обрабатываемого инструмента за пределами опорных роликов.

Так как некоторые типы опор печей имеют непостоянный контакт бандажей с опорными роликами или имеют единичную погрешность – впадину на всю ширину поверхности катания, то приведена и обоснована математическая модель процесса обработки с использованием самоустанавливающегося суппорта.

Приведены блок – схемы программ для моделирования на ЭВМ обработки без самоустанавливающегося суппорта и с ним.

На основании оптимизации процесса обработки на ЭВМ с использованием последовательного симплексного метода, получены опти-

мальные значения геометрических и технологических параметров, при которых процесс восстановления изношенной формы в поперечном сечении, идет наиболее интенсивно.

При обработке без использования самоустанавливающегося суппорта, угол расположения инструмента по отношению к горизонтальной оси детали должен быть равен -40° , а глубина резания не должна превышать значения

$$t = 0,3433 J_m,$$

где J_m — величина биения контура бандажа в точке приложения реза.

Процесс формообразования при такой схеме обработки является неустойчивым.

При обработке бандажа с использованием самоустанавливающегося суппорта с двумя роликами, на процессе формообразования влияют:

расстояние между осями роликов суппорта — должно быть не менее 1300 мм;

глубина резания — должна быть равна величине биения J_m контура детали, в точке приложения реза относительно базы суппорта.

При обработке бандажа с использованием самоустанавливающегося суппорта с четырьмя роликами, на процесс формообразования оказывают влияние: расстояние между осями двух роликов одной опоры — должно быть равно 222 мм; расстояние между осями шарниров траверсы суппорта — 1038 мм; глубина резания — $t = 0,8 J_m$.

В третьей главе представлено теоретическое определение погрешности обработки бандажей и роликов в продольном сечении. На основании анализа составляющих суммарной погрешности обработки установлено, что погрешность установки станка по отношению к обрабатываемой детали, а также погрешность, возникающая в результате прогиба технологической системы, оказывают максимальное воздействие на суммарную погрешность обработки в продольном сечении. Кроме того, эти погрешности частично взаимно компенсируются, тем самым уменьшая суммарную погрешность.

Погрешность продольного сечения определена по форме кривой отклонения от цилиндричности, как разность между максимальным и минимальным её значениям, т.е.

$$\Delta = \Delta_L^{\max} - \Delta_L^{\min},$$

где Δi^{max} — максимальное значение ординаты кривой в i -ом сечении, перпендикулярном оси детали;
 Δi^{min} — минимальное значение ординаты кривой.

Значение ординаты кривой отклонение от цилиндричности в i -ом сечении определено по формуле

$$\Delta i = \left[z - \sqrt{z^2 + x_i^2 - 2z \cdot x_i \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \beta - \alpha \right) \sin\left(\left(N_{max} - \frac{L_1 \cos \alpha - L \cdot \tan \alpha}{2}\right) / 2\right)} \right] - \frac{2319,3 \cdot t \cdot S^{0,75}}{j_{cm \ i}},$$

где z — номинальный радиус детали;

x_i — величина отрезка прямой между соседними i -ми точками;

β — угол между осями детали и направляющей станка в вертикальной плоскости;

N_{max} — максимальное расстояние между осями детали и направляющей станка в горизонтальной плоскости;

L_1 — длина направляющей станка между стойками;

L — длина обрабатываемой детали;

α — угол между осями детали и направляющей в горизонтальной плоскости;

t — глубина резания;

S — подача;

$j_{cm \ i}$ — жесткость технологической системы в i -ом сечении.

Четвертая глава посвящена экспериментальному исследованию формообразования в продольном и поперечном сечениях бандажей и опорных роликов, в промышленных условиях. Изложена общая методика проведения исследований, даны описания методов и средств их проведения. Экспериментальные исследования проводились в производственных условиях Белгородского и Воскресенского цементных заводов на печах $\phi 4 \times 150$ метров. Диаметр бандажей таких печей — 4850 мм, опорных роликов — 1500 мм, ширина поверхности катания — 800 и 1000 мм соответственно. Для осуществления восстановительной обработки деталей в условиях непрерывного производства разработан и изготовлен специальный переносной встраиваемый станок, конструкция которого защищена двумя авторскими свидетельствами и самоустанавливающийся суппорт.

При проведении экспериментов, в качестве основного показателя, характеризующего форму поперечного сечения деталей, была взя-

та величина биения контура в точке приложения резца. Для определения соотношения между получаемой и допустимой величинами биения детали, взята величина биения контура детали в межроликовом пространстве опоры печи. Для проведения соответствующих замеров использовано специальное измерительное устройство с индикаторными головками часового типа ИЧ-10, ИЧ-25, ИЧ-50.

Используя оптимальные значения геометрических и технологических параметров, полученные при математическом моделировании, проводилось исследование изменения величины биения после выполнения каждого рабочего хода. Исследовано изменение величины биения при обработке нескольких бандажей по схемам без использования самоустанавливающегося суппорта и с использованием самоустанавливающегося суппорта с двумя, и четырьмя опорными роликами. Проводилось так же исследование формообразований в продольном сечении. Глубина резания и подача задавались с учётом таблицы возможной погрешности обработки для данного типа опор.

Результаты, получаемые при проведении экспериментальных исследований в производственных условиях, полностью подтверждают результаты, полученные при математическом моделировании.

В этой главе представлена общая методика обработки бандажей и роликов вращающихся обжиговых печей, в условиях непрерывного производства. С использованием статистических методов определены периодичности обработки бандажей и опорных роликов. Указано оборудование и инструмент для осуществления предлагаемого способа.

Определен порядок проведения обработки крупногабаритных деталей типа бандажей и роликов опор, содержащих гидроупоры, опоры скольжения, постоянный и переменный контакт бандаж с опорными роликами, а так же с погрешностью в виде впадины на всю ширину поверхности катания.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

I. Проведенные теоретические исследования способа обработки бандажей и роликов вращающихся обжиговых печей на опорах, содержащих гидроупоры, опоры скольжения или непостоянный контакт бандаж с опорными роликами, позволяют установить, что исправление изношенной формы возможно при задании оптимальных геометрических и технологических параметров.

2. Установлено, что обработка бандажа возможна, когда он имеет постоянный контакт, с опорными роликами и, когда на его поверхности отсутствуют единичные погрешности на всю ширину. Угол расположения реза по отношению к горизонтальной линии бандажа должен быть равен $0,698$ рад., а глубина резания равна $0,3433$ от величины биения контура в точке приложения реза.

3. Установлено, что обработка бандажа с дефектами в виде единичных погрешностей на всю ширину, или при непостоянном контакте с опорными роликами, возможна с использованием самоустанавливающегося суппорта с двумя или четырьмя роликами. При этом состоянии поверхностей катания опорных роликов, а так же периодический контакт бандажа с ними, на процесс формообразования не влияют.

4. Установлено, что при обработке бандажа самоустанавливающимся суппортом с двумя роликами, процесс исправления формы идет наиболее интенсивно при расстоянии между осями роликов суппорта — 1300 мм и глубине резания — равном величине контура обрабатываемой детали относительно базы суппорта.

5. Установлено, что при обработке бандажа самоустанавливающимся суппортом с четырьмя роликами, процесс исправления формы идет наиболее интенсивно при расстоянии между шарнирами траверсы — 1038 мм, расстоянии между осями двух роликов одной опоры — 222 мм и глубине резания равном $0,8$ величины биения контура детали относительно базы суппорта. При одинаковой интенсивности процесса исправления формы у самоустанавливающегося суппорта с четырьмя роликами требуется объем меньшего количества металла, чем у суппорта с двумя роликами.

6. Установлено, что обработка бандажей и опорных роликов возможна с использованием специального переносного встраиваемого станка, базирующегося на корпусе подшипников роликоопоры. Погрешность установки станка при этом, частично компенсируется прогибом направляющей. Используя таблицу возможностей погрешности в зависимости от технологических режимов, возможно управление точностью формы продольного сечения при обработке.

7. Обобщенная методика, разработанная по результатам выполненной работы, позволяет вести восстановительную обработку бандажей и опорных роликов печей, в условиях непрерывного производства с необходимой для эксплуатации точностью.

8. Экономический эффект, полученный при внедрении результатов работы только на Белгородском цементном заводе составил 215 тыс. рублей. Работы проводились также в условиях ПО "Воскресенскцемент", Карачаево-Черкесского и Рыбницкого цементных заводов. Результаты работы могут быть использованы в цементной, химической, огнеупорной, металлургической и других отраслях промышленности.

Основное содержание диссертации отражено в работах:

1. А.с. СССР № 1306648 (СССР) Станок для проточки бандажей и роликов / Н.А. Пелипенко, А.А. Погонин, И.В. Шрубченко - № 3995076/31-08 - Заявл. 25.12.85; Опубл. 30.04.87. Бюл. № 16 // Стр. 1. Изобретения. - 1987. - № 16. - С.35.

2. А.с. СССР № 1504002 (СССР) Станок для обработки бандажей и роликов / Н.А. Пелипенко, И.В. Шрубченко, В.Н. Бондаренко, А.А. Погонин - № 4212630/25-08 - Заявл. 23.03.87; Опубл. 30.08.89. Бюл. № 32 // Открытия. Изобретения. - 1989. - № 32. - С.67.

3. Погонин А.А., Шрубченко И.В. Использование самоустанавливающегося суппорта для обработки бандажей цементной печи по безрамной технологии // Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении: Всесоюзная конференция. - Белгород, 1989. - С.35.

4. Стативко А.А., Шрубченко И.В., Дуганов В.Н. Специальный стенд для механической обработки бандажей вращающихся цементных печей // Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении: Всесоюзная конференция. - Белгород, 1989. - С.42.

5. Шрубченко И.В. Увеличение срока службы бандажей и роликов вращающихся печей // Внедрение в производство и строительство прогрессивных строительных материалов: Всесоюзное совещание. - Киев, 1990. - С.156-157.

6. Шрубченко И.В. Определение погрешности обработки бандажей и опорных роликов вращающихся печей // Физико-химические проблемы материаловедения и новые технологии: Всесоюзная конференция. - Белгород, 1991. - С.62-63.

7. Пелипенко Н.А. и др. Статистические модели интенсивности отказа опорных роликов и бандажей вращавшихся цементных печей / Н.А. Пелипенко, М.А. Федоренко, А.Н. Рубцов, И.В. Шрубченко // Управляющие системы и работы в промышленности строительных материалов: Сб. науч. тр. Моск. инж.-строит. ин-та им. В.В. Куйбышева; Белгородский технол. ин-т. строит. матер. - М., 1987. - С. 152-156.

8. Шрубченко И.В. Токарная обработка бандажей и роликов на специальном переносном встраиваемом станке. - М., 1990. - 38 с. (Обзорная информация. Сер. 15: Ремонт, эксплуатация и защита от коррозии оборудования и строительных конструкций ВНИИЗСМ).