

ДВторедр.  
СЧІ КЗ6  
К

Министерство высшего образования СССР

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВУЗОВ

ОДЕССКИЙ ИНСТИТУТ  
ИНЖЕНЕРОВ МУКОМОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И ЭЛЕВАТОРНОГО ХОЗЯЙСТВА им. И. В. СТАЛИНА

---

На правах рукописи

Инженер Н. Я. КЕСТЕЛЬМАН

Переучет 19.84.

# ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ МЕЛЬНИЧНЫХ ВАЛЬЦОВЫХ СТАНКОВ РАЗМОЛЬНЫХ СИСТЕМ

Автореферат диссертации,  
представленной на соискание  
ученой степени  
кандидата технических наук.

Научные руководители работы:  
Заведующий кафедрой «Технологическое оборудование»  
кандидат технических наук, доцент А. В. ПАНЧЕНКО.  
Заведующий кафедрой «Технология металлов»  
кандидат технических наук, доцент А. М. РУССО.

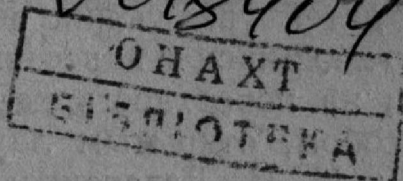
1952 г.

сн

ОНАХТ Автореф  
Повышение технологич



v018404



С 41  
К

Автореф  
К36

## 1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ НАУЧНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Великий вождь народов Иосиф Виссарионович Сталин в своем историческом выступлении перед избирателями Сталинского избирательного округа г. Москвы 9 февраля 1946 года, характеризуя задачи в области создания материальной базы коммунизма, говорил:

«Что касается планов на более продолжительный период, то партия намерена организовать новый могучий подъем народного хозяйства, который дал бы возможность поднять уровень нашей промышленности, например, втрое по сравнению с довоенным уровнем».

Эти слова любимого вождя вдохновили советский народ на великие трудовые подвиги. Успешно выполнен и перевыполнен послевоенный сталинский пятилетний план. На новом мощном подъеме находятся все отрасли социалистической экономики и культуры. Выпуск продукции социалистической промышленности в 1951 г. более чем в два раза превысил довоенный уровень и продолжает расти высокими темпами.

Партия и советское государство проявляют постоянную заботу о максимальном удовлетворении постоянно растущих материальных и культурных потребностей советского народа.

Великие стройки коммунизма, успешно претворяющийся в жизнь сталинский план преобразования природы — это часть величественной программы создания материально-технической базы коммунистического общества.

В свете этих грандиозных мероприятий по созданию изобилия продуктов, перед мукомольной промышленностью, как и перед всей социалистической промышленностью, стоит ответственная задача повышать техническую культуру производства, изыскивать и внедрять в практику такие новые, прогрессивные методы производства, которые привели бы к значительному увеличению количества и улучшению качества вырабатываемой муки.

Новаторы передового в мире советского мукомолья смело стали на этот путь. Так, например, группа работников мукомольной промышленности и ВНИИЗ'а разработала и внедрила в практику мукомольного производства метод улучшенных сортовых помолов пшеницы, что было отмечено в 1951 г. Сталинской премией.

Дальнейший рост производственной мощности мукомольных предприятий во многом зависит от повышения производительности



вальцовых станков и устойчивости осуществляемого ими технологического процесса во времени. В 1947 г. доцентом А. В. Панченко был предложен один из путей увеличения эффективности работы вальцовых станков, заключающийся в нанесении технологически необходимой шероховатости на поверхность катков путем обработки их электроискровым способом, открытым лауреатами Сталинской премии Б. Р. Лазаренко и Н. И. Лазаренко; одновременно с увеличением шероховатости катков, сокращающим чрезмерную растянутость размольного процесса и уменьшающим расход энергии на помол, предложение это предусматривало увеличение износостойкости катков.

Измельчение круподунстовых продуктов на мукомольных мельницах осуществляется, главным образом, при помощи так называемых «гладких» катков. Лишь в 1952 г. в соответствии с новыми «Временными правилами организации и ведения технологического процесса на мельницах «Главмуки», допускается применение нарезных катков при условии хорошей подготовки к размолу круподунстовых продуктов. Разумеется, что решение общей задачи повышения технологической эффективности работы вальцовых станков связано с актуальной проблемой улучшения качества рабочих поверхностей катков.

Вальцовым каткам кокильной отливки присущ ряд недостатков, выявленных нами на Лутугинском чугуно-литейном заводе. Твердость катка по длине и в радиальном направлении непостоянна. Твердость рабочего слоя вальцового катка в литниковой части, как правило, выше чем в прибыльной. Глубина отбеленного чугуна в литниковой части на 15—20% более нежели в прибыльной части. Что касается характера изменения твердости в рабочем слое, то она представляется в следующем виде: минимальное значение твердости наблюдается на поверхности катка с номинальным диаметром 250 мм, затем, при уменьшении диаметра до определенного предела (на 3—5 мм), твердость возрастает, после чего она начинает уменьшаться в радиальном направлении.

Изучение микрогеометрии рабочих поверхностей вальцовых катков размольных систем, проведенное нами на мельницах сортового помола в Ленинграде, Куйбышеве, Саратове, Днепропетровске, Херсоне, Одессе, показало, что шероховатость, наносимая шлифовальными кругами на поверхность вальцовых катков, неравномерна, причем, меньшая шероховатость получается в направлении, совпадающем с направлением вращения катка, нежели в направлении, параллельном оси катка.

На вальцерезно-шлифовальных станках существующих конструкций в процессе абразивного шлифования невозможно придать поверхности катков шероховатость, отвечающую условиям технологического процесса размолки круп; так, например, шероховатость по окружности катков характеризуется величиной  $H_{\text{макс}} = 2,5—5$  мк, а по длине их  $H_{\text{макс}} = 12—23$  мк. Столь малая шероховатость в



направлении вращательного движения катков, не может не отразиться на технологической эффективности работы катковой пары.

В дальнейшем произведенное нами обследование выявило, что технологическая эффективность работы вальцового станка резко снижается из-за недостаточной износостойкости шлифованной поверхности катков.

Все это в совокупности приводит: а) к снижению технологической эффективности работы станка, б) к непостоянству режима работы станка, в) к повышению энергоемкости размольного процесса.

Повышение технологической эффективности работы катковой пары связано с решением двух задач:

1. Разработка способа обеспечения достаточного постоянства твердости рабочей поверхности катка.

2. Изыскание такого метода подготовки рабочей поверхности, который обеспечивал бы получение размерной и вместе с тем равномерной шероховатости поверхности как в продольном, так и поперечном направлениях. Решение этих задач нужно увязать с производственными условиями мельзавода и найти такой метод обработки поверхности катка, который при технически несложной технологии был бы экономически целесообразным.

Необходимую для мукомольного производства размерную и однородную шероховатость поверхности вальцовых катков, с одновременным ее упрочением, возможно образовать открытым в СССР электроискровым способом обработки металлов.

Отсутствие каких бы то ни было данных по обработке отбеленного чугуна электроискровым способом и его износостойкости, а также нормативных и практических данных о требованиях, которым должна соответствовать микрогеометрия рабочих поверхностей катков размольных систем, и о влиянии ее на технологическую эффективность работы вальцовых станков заставили нас проводить исследования в следующих направлениях:

1. Определение электрических и кинематических параметров процесса обработки вальцовых катков электроискровым способом.

2. Сравнительное исследование износостойкости отбеленного чугуна абразивно-шлифованного и обработанного электроискровым способом.

3. Сравнительное исследование влияния микрогеометрии катков на технологическую эффективность работы вальцового станка.

4. Микротопографические критерии и способы оценки чистоты поверхности катков вальцовых станков размольных систем и применение этих способов в производственных условиях.

5. Основы конструирования производственной установки для электроискровой обработки вальцовых катков.

6. Проверка результатов лабораторных исследований в производственных условиях.



## II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ ЧУГУННЫХ ВАЛЬЦОВЫХ КАТКОВ

Несмотря на широкое внедрение электроискрового способа обработки металлов в практику машиностроительных заводов совершенно отсутствуют данные по обработке отбеленного чугуна. В литературе имеются данные, относящиеся исключительно к электроискровой обработке сталей.

Исходя из необходимости получения на рабочих поверхностях вальцовых катков с отбеленным слоем размерной шероховатости, могущей быть отнесенной к группе получистых поверхностей, мы провели исследования в направлениях:

1. Изыскания оптимальных режимов электроискровой обработки контактным способом для получения размерной шероховатости, определяемых: а) электрическими параметрами процесса; б) кинематическими условиями обработки; в) материалом электрода-инструмента; г) средой, в которой происходит разряд; д) характером поверхности и ее подготовкой.

Исследования проводились на специально сконструированных установках электроискрового действия. Необходимое поступательно-возвратное движение сообщалось электроду-инструменту при помощи электромагнитного вибратора. Осциллограммы электроискрового процесса снимались при помощи восьмишлейфового осциллографа типа МПО. Профилографирование единичных лунок и поверхности производились профилометром прерывистого ошупывания, оптикомеханическим профилографом и двойным микроскопом акад. В. П. Линника. Металлографическое исследование проводилось под микроскопом МИМ-6. Определение микротвердости осуществлялось при помощи прибора ПМТ-3.

Результаты исследования привели к следующим основным заключениям о влиянии параметров электроискровой обработки на чистоту поверхности отбеленного чугуна.

**Величина напряжения источника питания.** При всех других постоянных условиях напряжение источника питания существенно влияет на образование шероховатости. При этом, чем выше напряжение, тем больше микронеровности поверхности, при  $U = 60$  в —  $H_{ск} = 4,5 - 5,0$  мк, а при  $U = 220$  в —  $H_{ск} = 11,0 - 11,8$  микрон. Питание электроискровой установки желательно осуществить от источника постоянного тока с напряжением в пределах 120—220 в; нанесение размерной шероховатости возможно также и при питании установки переменным током, что, однако, несколько снижает износостойкость катков по сравнению с использованием постоянного тока.

**Величина емкости, подключенной параллельно основному питающему контуру.** С увеличением емкости в пределах от 10—100 мкф шероховатость поверхности увеличивается: от  $H_{ск} = 4,5$  мк до  $H_{ск} = 9$  мк. При дальнейшем увеличении емкости до 500 мкф ше-



роховатость поверхности увеличивается незначительно с  $H_{ск} = 9$  мк до  $H_{ск} = 12$  микрон. Поэтому с техникоэкономической точки зрения установки для электроискровой обработки вальцовых катков целесообразно монтировать с емкостью, включенной в рабочий контур до 100 микрофарад.

**Сила тока короткого замыкания.** Сила тока короткого замыкания (в пределах 0,5—5 ампер) не оказывает существенного влияния на чистоту поверхности. Так, при всех других одинаковых условиях и  $I_{кз} = 2$  а получаем  $H_{ск} = 9,5 - 10$  мк, а при  $I_{кз} = 9$  а —  $H_{ск} = 10,2 - 11,0$  мк, т. е. при увеличении силы тока в 4 раза  $H_{ск}$  увеличивается всего на 5—7%. Учитывая, однако, процесс упрочения, как это вытекает из данных нашего исследования, считаем целесообразным обработку вести при  $I_{кз} = 3$  амперам.

**Амплитуда колебания электрода-инструмента.** При фиксированных электрических параметрах цепи питающего контура и кинематических условиях обработки катка изменение величины амплитуды колебания электрода-инструмента вызывает изменение производительности процесса обработки. Данные осциллографирования электроискрового процесса и профилографирования обработанной поверхности показывают, что оптимальной амплитудой, дающей наиболее равномерную шероховатость и максимальную производительность, является амплитуда колебания в 1,3—1,5 миллиметра.

**Кинематические условия обработки.** Существенное влияние на чистоту поверхности оказывают окружная скорость обрабатываемого вальцового катка и продольная подача электрода-инструмента. С увеличением их уменьшается степень перекрытия лунок и ухудшается чистота поверхности.

По данным наших исследований, окружная скорость катода может быть  $V = 2,5 - 10$  м/мин, а продольная подача электрода-инструмента —  $S = 0,05 - 0,3$  мм/об.

**Материал анода.** При всех других одинаковых условиях шероховатость поверхности будет тем больше, чем выше электроэрозионная характеристика электрода-инструмента, что видно из таблицы 1.

Таблица 1.

| Материал электрода<br>инструмента | Среднее значение<br>$H_{ск}$ (мк) | Условия опыта                                                                        |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Графит                            | 7,1                               | $U = 120$ в<br>$I_{кз} = 2$ а<br>$C = 50$ мкф<br>$V = 3,5$ м/мин<br>$S = 0,05$ мм/об |
| Сплав ВК8                         | 7,5                               |                                                                                      |
| Сплав Т15 К6                      | 8,4                               |                                                                                      |
| Чугун СЧ 28—48                    | 9,2                               |                                                                                      |
| Сталь РФ1                         | 13,4                              |                                                                                      |

Для исследования возможности электроискрового покрытия отбеленного чугуна другим металлом были использованы цветные ме-



таллы и сплавы, качественные стали и металлокерамические сплавы.

В результате найдено, что при электроискровой обработке можно осуществить покрытие отбеленного чугуна другим металлом при определенной полярности электрода-инструмента. Так, например, твердые сплавы Т15К6, ВК8 и сталь РФ1 наносятся на отбеленный чугун только при обратной полярности, т. е. когда электрод-инструмент соединен с положительным полюсом источника тока.

Оптимальный режим обработки для каждого металла электрода-инструмента определяется отдельно. Для каждой пары электродов нами установлено оптимальное время обработки, в течение которого отбеленный чугун принимает электроискровое покрытие. При дальнейшей обработке покрытие это начинает разрушаться.

Наиболее подходящим из исследованных материалов для покрытия отбеленного чугуна с получением равномерной шероховатости являются вольфрамотитанокобальтовые сплавы и вольфрам-кобальтовые сплавы (Т15К6 и ВК8).

**Среда.** Данные о влиянии среды (воздушной, керосиновой, минерально-масляной) показывают, что при обработке чугуна в воздушной среде, шероховатость поверхности менее равномерна, чем в жидкой. Однако жидкая среда при нанесении размерной шероховатости усложняет применение электроискрового способа, особенно в производственных условиях мельниц. Кроме того следует указать на то, что в воздушной среде достигается значительное упрочнение отбеленного чугуна контактным способом.

Поверхность, полученная после электроискровой обработки, резко отличается от поверхности деталей, обработанных механическим способом.

Каждый единичный импульс на поверхности чугуна оставляет след, представляющий собой по форме лунку. По данным наших исследований, на поверхности отбеленного чугуна единичная лунка, полученная при единичном разряде, по своей форме приближается больше всего к шаровому сегменту с отношением размеров:  $\frac{H}{D} = 0,04 \div 0,2$ , где  $H$  — высота лунки,  $D$  — диаметр лунки.

Таким образом обработанная электроискровым способом поверхность отбеленного чугуна оказывается покрытой лунками, накладывающимися друг на друга.

Испытания отбеленного чугуна на коррозиостойкость показали, что поверхность его, обработанная электроискровым способом, повышает свою коррозиостойкость (в 2 раза), по сравнению с поверхностью, обработанной абразивным шлифованием.

Таким образом, к числу основных факторов, определяющих производительность и чистоту обработанной контактным способом поверхности отбеленного чугуна, следует отнести: напряжение, ем-



кость, величину амплитуды колебания, материал электрода-инструмента и кинематические условия обработки.

К числу второстепенных факторов, незначительно влияющих на чистоту поверхности отбеленного чугуна, следует отнести влияние рода тока, площадь электрода-инструмента, контактирующую с отбеленным чугуном, предварительную чистоту поверхности и наличие коррозионной пленки перед электроискровой обработкой.

### III. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И КОЭФИЦИЕНТА ТРЕНИЯ ОТБЕЛЕННОГО ЧУГУНА АБРАЗИВНО-ШЛИФОВАННОГО И ОБРАБОТАННОГО ЭЛЕКТРОИСКРОВЫМ СПОСОБОМ

Износ вальцовых катков оказывает существенное влияние на микрогеометрию их поверхности, что в свою очередь определяет устойчивость во времени процесса измельчения крупчатых продуктов. В связи с этим было проведено сравнительное исследование износостойкости и коэффициента трения отбеленного чугуна абразивно-шлифованного и обработанного электроискровым способом.

Исследования износостойкости проводились на соответствующих установках в условиях: а) сухого трения; б) полусухого трения на машине АЕ5; в) сухого трения в абразивной среде по способу гильзы; г) износа образца при контакте с вращающимся шлифовальным кругом.

Во время испытания на машине АЕ5 проведенного в условиях полусухого трения, измерение температуры трущихся поверхностей производилось при помощи термопары. Кроме того, момент трения регистрировался при помощи пружинного динамометра и магнитоэлектрического универсального восьмишлейфового осциллографа типа МПО-2 выпуска 1950 года.

Результаты сравнительного исследования износостойкости отбеленного чугуна абразивно-шлифованного и обработанного электроискровым способом представлены в таблице 2.

Таблица 2.

| Условия трения                                                          | Кратность повышения износостойкости чугуна, обработанного электроискровым способом, по сравнению с абразивно-шлифованным |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сухое трение                                                            | 4                                                                                                                        |
| Полусухое трение                                                        | 2                                                                                                                        |
| Абразивный износ по способу гильзы                                      | 3                                                                                                                        |
| Абразивный износ образца при контакте с вращающимся шлифовальным кругом | 3,5                                                                                                                      |



Из таблицы видно, что поверхность отбеленного чугуна, обработанная электроискровым способом, значительно повышает свою износостойкость.

Исследования микротвердости, проведенные нами при помощи прибора ПМТ-3, показали, что электроискровая обработка поверхности приводит к весьма существенным изменениям свойств тонкого поверхностного слоя (до 100 мк), вызванным электрическими разрядами. На поверхности отбеленного чугуна образуется светлый тонкий нетравящийся слой с более высокой, чем основной металл, твердостью (на 30—50%), под ним располагается переходной слой менее твердый (на 15—30%), а затем располагается сердцевина нормальной твердости. Упрочение слоя на поверхности чугуна является причиной весьма значительного повышения его износостойкости.

Наибольшую износостойкость имеют поверхности отбеленного чугуна, обработанные электроискровым способом в тех случаях, когда анодом служат металлокерамические сплавы Т15К6, ВК8 и сталь РФ1.

Данные исследования сравнительной износостойкости отбеленного чугуна свидетельствуют, что материальный износ абразивно-шлифованного чугуна тем больше, чем меньше твердость рабочей поверхности. Наоборот, поверхность, обработанная электроискровым способом независимо от твердости основы, имеет более постоянный материальный износ. Это обстоятельство, несомненно, способствует сохранению на больший срок размалывающей способности рабочих поверхностей катковой пары.

Нами было проведено экспериментальное сравнительное исследование коэффициента сухого трения поверхностей отбеленного чугуна, обработанных шлифовальным абразивным кругом и электроискровым способом. Исследование производилось на маятниковой машине трения. Коэффициент трения абразивно-шлифованных поверхностей отбеленного чугуна ( $\nabla \nabla 5б$ ) составлял  $f = 0,17$ , а коэффициент трения поверхности, обработанной электроискровым способом ( $\nabla \nabla 5 б$ ) по абразивно-шлифованному чугуну —  $f = 0,33$ . Почти двухкратное увеличение коэффициента трения поверхности, обработанной электроискровым способом, является достаточно ярким подтверждением преимущества этого способа, перед обычно применяющимся теперь способом — шлифования.

Рассматривая данные осциллограмм и профилограмм, полученные при исследовании износа и коэффициента трения на машине АЕ-5, видно, что при всех других постоянных условиях исследования шероховатость поверхности абразивно-шлифованного чугуна, характеризуемая  $H_{ск}$ , уменьшается на 88%, а коэффициент трения уменьшается на 40%. В то же время, у образцов чугуна, обработанных электроискровым способом, шероховатость поверхности уменьшается на 45%, а коэффициент трения — на 20%. Таким образом, несмотря на то, что при износе поверхностей в пределах



упроченного слоя, обработанных электроискровым способом, коэффициент трения уменьшается, он по величине значительно выше коэффициента трения поверхностей абразивно-шлифованных.

#### **IV. СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОГЕОМЕТРИИ ЧУГУННЫХ КАТКОВ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ВАЛЬЦОВОГО СТАНКА**

Основной задачей размолта очищенных крупок на вальцовых станках является наиболее эффективное их измельчение, т. е. максимальное извлечение высококачественной муки при минимальном расходе энергии на размол. Однако, до настоящего времени в специальной научно-технической литературе совершенно не освещен вопрос о связи эффективности работы вальцовых станков размольных систем при различных кинематических, нагрузочных и других условиях с микрогеометрией поверхности катков. Совершенно отсутствуют также нормативные и практические данные о требованиях, которым должна отвечать микрогеометрия катков размольных систем.

Исследование в этом направлении произведено нами на лабораторном вальцовом станке, оборудованном измерительными приборами. Подводящаяся к станку мощность измерялась комплектом переносных электроизмерительных приборов. Распорное межкатковое усилие измерялось при помощи датчика омического сопротивления.

Изучение гранулометрического состава исходных продуктов, а также продуктов, полученных в результате измельчения на вальцовом станке, производилось при помощи лабораторного просеивателя с набором из 8-ми сит с модулем  $M=1,21$ .

Измельчению подверглись крупки, полученные из пшеницы с общей стекловидностью 52% при нагрузках на вальцовую линию и режимных условиях, принятых в промышленности. Результаты лабораторных исследований, проведенных по размолу круподунстовых продуктов вальцовыми катками с различной чистотой поверхности, приведены в таблице 3 (см. стр. 10).

Данные таблицы № 3 показывают, что при измельчении круподунстовых продуктов, в зависимости от их физикоструктурных свойств, может быть использована оптимальная шероховатость рабочих поверхностей катков. В этом случае достигается максимальная производительность при минимальной зольности продукта и энергоемкости процесса, уменьшается величина распорных усилий, а следовательно, повышается коэффициент полезного действия станка. Разумеется, что выбор оптимальной шероховатости катков должен определяться совокупностью технологических свойств измельчаемого продукта, а также кинематическими и нагрузочными условиями работы катковой пары.



Таблица 3.

| Наименование<br>измельчаемого продукта                           | $H_{ск}$<br>(мк) | Извле-<br>чение<br>$I_{38}$ (%) | Золь-<br>ность<br>$Z$ (%) | Распор-<br>ное<br>усилие<br>$P \frac{кг}{см}$ | Удельный<br>расход<br>энергии<br>ватт. час<br>кг (муки) |
|------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Крупные крупки I и II<br>драных систем (до<br>обогащения)        | 2                | 24,5                            | 0,86                      | 8,1                                           | 34                                                      |
|                                                                  | 9,5              | 43,7                            | 0,53                      | 2,5                                           | 26                                                      |
|                                                                  | 12               | 37,6                            | 0,73                      | 1,3                                           | 30                                                      |
| Крупные крупки прохо-<br>да сит № 110—71 сито-<br>вейки          | 2                | 30,0                            | 0,60                      | 5,7                                           | 42                                                      |
|                                                                  | 9,5              | 39,5                            | 0,60                      | 2,0                                           | 29                                                      |
|                                                                  | 12               | 38,5                            | 0,64                      | 3,9                                           | 30                                                      |
| Продукты схода сит<br>№ 110—71 ситовейки<br>(для крупной крупки) | 2                | 24,1                            | 0,83                      | 7,2                                           | 24                                                      |
|                                                                  | 9,5              | 26,0                            | 0,93                      | 5,1                                           | 23                                                      |
|                                                                  | 12               | 20,2                            | 0,93                      | 2,9                                           | 32                                                      |
| Средние крупки I и II<br>драных систем (до<br>обогащения)        | 2                | 19,9                            | 0,95                      | 11,2                                          | 46                                                      |
|                                                                  | 9,5              | 37,2                            | 0,90                      | 3,7                                           | 31                                                      |
|                                                                  | 12               | 25,1                            | 0,87                      | 4,1                                           | 36                                                      |
| Дунст IV драмой<br>системы                                       | 5,4              | 28,9                            | 0,98                      | 3,2                                           | 18                                                      |
|                                                                  | 12               | 14,7                            | 0,80                      | 5,5                                           | 26                                                      |
| Продукты схода приемных<br>сит 1 и 2 размольных<br>систем        | 2                | 24,1                            | 0,83                      | 5,9                                           | 24                                                      |
|                                                                  | 5,4              | 30,0                            | 0,81                      | 3,0                                           | 25                                                      |
|                                                                  | 9,5              | 26,0                            | 0,93                      | 2,1                                           | 28                                                      |
|                                                                  | 12               | 20,0                            | 0,93                      | 1,7                                           | 32                                                      |

Для суммарной оценки эффективности работы катковой пары по количеству и качеству извлеченной муки мы пользовались показателем, предложенным доц. А. В. Панченко:

$$E = \frac{0,01 I_m}{Z_{отн.}},$$

где  $I_m$  — выход муки из крупок (в процентах) при измельчении исходного продукта;

$Z_{отн.}$  — относительная зольность, представляющая собой отношение зольности полученной муки к зольности исходного продукта.

Эти критерии служили для сравнительной оценки результатов при измельчении крупок и вымола продуктов второго качества из пшениц Одесской-3, Ворошиловская и Меланопус-69, производив-



шемся шлифованными катками и катками, обработанными электроискровым способом.

Если сопоставить показатели  $E_m^э$  (по извлечению муки при электроискровом способе обработки катков) с показателями  $E_m^{ш}$  (по извлечению муки шлифованными катками), то отношение  $\frac{E_m^э}{E_m^{ш}} > 1$

свидетельствует о большей технологической эффективности извлечения муки катками, обработанными электроискровым способом.

Отношение же  $\frac{E_{кр}^э}{E_{кр}^{ш}} < 1$  свидетельствует о лучшем расслоении крупок на более зольные и менее зольные части катками, обработанными электроискровым способом.

Некоторые данные об измельчении крупчатых продуктов шлифованными катками и катками, обработанными электроискровым способом, приведены в таблице 4.

Таблица 4.

| Наименование продукта                                                                | Результативные показатели     |      |           |       |            |       |              |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|-----------|-------|------------|-------|--------------|--|
|                                                                                      | $E_m^э$                       |      | $E_m^{ш}$ |       | $E_{кр}^э$ |       | $E_{кр}^{ш}$ |  |
|                                                                                      | при межкатковом зазоре (в мм) |      |           |       |            |       |              |  |
|                                                                                      | 0,05                          | 0,10 | 0,15      | 0,05  | 0,10       | 0,15  |              |  |
| Средняя крупка из пшеницы „Одесская-3“ (общая стекловидность 42 %)                   | 1,87                          | 1,93 | 1,89      | 0,695 | 0,428      | 0,747 |              |  |
| Средняя крупка из пшеницы „Ворошиловская“ (общая стекловидность 66 %)                | 1,04                          | 1,09 | 1,16      | 0,861 | 0,795      | 0,760 |              |  |
| Средняя крупка из пшеницы „Меланопус-69“ (Одесская обл.) (общая стекловидность 85 %) | 1,85                          | 1,88 | 2,50      | 0,807 | 0,887      | 0,950 |              |  |
| Вымольный продукт II качества                                                        | 1,12                          | 1,05 | 1,07      | —     | —          | —     |              |  |

Исследования показали, что улучшение размалывающей способности катков, обработанных электроискровым способом, обусловленное однородностью поперечной и продольной шероховатости поверхности катков, не только увеличивает процент извлечения муки из крупок от 20 до 40% при одновременном улучшении ее качества, но и повышает технологическую эффективность процесса вымола отрубянистых продуктов.

Увеличение съема муки с единицы длины вальцовой линии при обработке катков электроискровым способом может создать условия для сокращения длины размольного процесса и, следовательно, уменьшить расход энергии.

Предварительное испытание технологической эффективности работы вальцовых катков, обработанных электроискровым способом, проведенное в октябре 1951 года — апрель 1952 г. на мельзаводе № 2 Одесского треста «Главмуки» показало, что их размолоспособ-



ность значительно выше размолоспособности абразивно-шлифованных катков.

На двойном вальцовом станке второй размольной системы были установлены, с одной стороны, два катка абразивно-шлифованных, а с другой — два катка, обработанных электроискровым способом. На обе катковые пары, работающие при одинаковом режиме, поступали крупки и дунсты первой добротности, полученные при помоле южно-украинской пшеницы. В течение свыше 3000 часов работы станка\*) были взяты пробы измельченного продукта для анализа. Результаты ситового анализа показали, что среднее за указанное время эксплуатации извлечение муки (проход через сито № 38/43) составляет:

а) для абразивно-шлифованной катковой пары  $I_{38/43} = 16\%$ ;

б) для катковой пары, обработанной электроискровым способом  $I_{38/43} = 45\%$ .

Таким образом, извлечение муки при работе катками, обработанными электроискровым способом, в 2,5 — 3 раза выше, чем при работе абразивно-шлифованными катками.

Представляет также интерес средний выход муки, полученной проходом через сито № 43 при работе вальцового станка за этот же период наблюдения. Так, например, среднее извлечение при работе катков абразивно-шлифованных составляет  $I_{43/0} = 10\%$ , а обработанных электроискровым способом —  $I_{43/0} = 36\%$ .

Следовательно, извлечение муки при катках обработанных электроискровым способом и в данном случае, в 3,5 раза выше, чем при абразивно-шлифованных катках. Повышение технологической эффективности работы вальцового станка в 2—3 раза, наблюдавшееся при предварительном испытании катков, обработанных электроискровым способом, в производственных условиях мельзавода № 2 Одесского треста «Главмуки», подтверждает правильность наших выводов о целесообразности электроискрового метода обработки вальцовых катков.

Суммарно все вышеуказанные преимущества электроискровой обработки катков должны привести к более высокой технической и экономической организации процесса выработки муки.

## **V. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗЫСКАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СПОСОБОВ ОЦЕНКИ ЧИСТОТЫ ПОВЕРХНОСТИ ВАЛЬЦОВЫХ КАТКОВ**

Поскольку нанесение размерной шероховатости оказывает весьма существенное влияние на технико-экономические результаты измельчения круподунстовых продуктов, возникла необходимость изыскания микротопографических критериев и способов оценки чистоты

\*) Производственные испытания технологической эффективности работы катков продолжаются.



ты поверхности вальцовых катков, которые характеризовали бы размалывающую способность катковой пары.

На практике, как известно, применяется субъективный органолептический метод оценки поверхности катков. Естественно, он не может правильно охарактеризовать рабочие поверхности катковой пары и их соответствие технологическим требованиям процесса помола. Такое положение ограничивает возможности подлинно инженерного руководства технологическим процессом выработки муки и существенно снижает как количественные, так и качественные результаты работы мукомольных предприятий. Все это подчеркивает важность и необходимость исследовательских работ по изучению микрогеометрии рабочих поверхностей катков, на значимость которых указывали русские и советские ученые проф. П. А. Афанасьев, проф. В. Я. Гиршсон, проф. Я. Н. Куприц, доцент А. В. Панченко, к. т. н. А. Р. Демидов и другие.

Как показали экспериментальные исследования, размолоспособность поверхности вальцовых катков лучше всего может быть охарактеризована следующими параметрами:

- а) средним квадратичным отклонением неровностей ( $H_{ск}$ );
- б) коэффициентом наполнения профиля ( $H_1$ );
- в) долей  $H_{макс}$  соответствующей металлу ( $h_1$ );
- г) суммарным критерием, полученным при оценке чистоты поверхности магнитоэлектрическим профилометром.

Для определения этих величин в производственных условиях (в мастерских мукомольных мельниц) могут быть рекомендованы следующие методы:

а) Профилометрирование поверхности методом прерывистого ощупывания. Для этой цели применялся нами профилометр с индикатором часового типа, изготавливаемый нашей промышленностью, имеющий шкалу с ценой деления 1 микрон. При этом радиус закругления стальной иглы должен быть в пределах 20—30 микрон.

б) Определение  $H_{макс}$  двойным микроскопом академика В. П. Линника (выпускается в СССР серийно).

в) Снятие целлулоидных слепков с последующим их профилографированием.

Суммарную же оценку поверхности катков можно осуществить применением магнитоэлектрического профилометра, разработанного нами с использованием принципа действия известного магнитоэлектрического толщиномера.

Внедрение в практику мукомольного производства методов и способов оценки чистоты рабочих поверхностей вальцовых катков размольных систем и осуществление контроля за состоянием рабочей поверхности на различных размольных системах, несомненно, приведет к дальнейшему повышению технической культуры и технологической дисциплины в мукомольном производстве, создаст предпосылки для повышения производительности работы мельниц.



## VI. КОНСТРУИРОВАНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВОЙ ОБРАБОТКИ ВАЛЬЦОВЫХ КАТКОВ

На основании экспериментальных данных определены электрические параметры и кинематические условия обработки вальцового катка, а именно:

$$\begin{aligned}U &= 120 - 220 \text{ в,} \\I_{\text{кз}} &= 2 - 5 \text{ а,} \\C &= 30 - 100 \text{ мкф,} \\V &= 3 - 9 \text{ м/мин,} \\S &= 0,03 - 0,3 \text{ мм/об}\end{aligned}$$

Эти данные были положены в основу при разработке и изготовлении установки для электроискровой обработки вальцовых катков.

Приспособление для электроискровой обработки катков было изготовлено и испытано в условиях производства на мельзаводе № 2 Одесского треста «Главмуки».

Основным рабочим органом установки для электроискровой обработки катков является источник импульсов электрической энергии. Кинематическая часть установки преследует цели сохранения во время работы необходимого зазора между электродом-инструментом и электродом-катком, а также обеспечения рабочих перемещений инструмента относительно катка.

Установление величины продольной подачи вибратора легко осуществляется без изменения окружной скорости вращения катка при помощи храпового механизма. Катки перед электроискровой обработкой подвергались шлифовке для придания им цилиндрической формы. Вальцовые катки, обработанные электроискровым способом, имели равномерную шероховатость по всей длине с одинаковой характеристикой в продольном и поперечном направлениях. Длительность обработки катка, при одновременной работе 15 контуров на длине в 1 м, составляла 4 часа. Расход Т15К6 на обработку одного катка размером  $1000 \times 250$  мм не превышал 15 г.

Приспособление в общем несложно и может быть легко смонтировано и демонтировано на станине шлифовально-рифельного станка любой конструкции. Изготовление его доступно мельничным мастерским.

## ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Твердость поверхности бочки вальцового катка непостоянна в продольном и поперечном направлениях. Кроме того, твердость рабочего слоя катка в литниковой части выше, чем в прибыльной. Поэтому следует рекомендовать заводу-изготовителю ввести дополни-



тельную маркировку литниковой либо прибыльной части бочки катка.

2. Поверхность абразивно-шлифованных чугунных катков имеет резко снижающуюся износостойкость, усиливаемую дефектами распределения твердости катков. Во время эксплуатации это всегда снижает технологическую эффективность катковой пары, приводит к неустойчивости процесса измельчения во времени и повышает расход энергии мельничными предприятиями.

3. Шероховатость поверхности катков, наносимая шлифовальными кругами, неравномерна: продольная шероховатость значительно меньше поперечной, что неблагоприятно отражается на размоле промежуточных продуктов помола зерна. К тому же при обработке катков шлифовальным кругом на шлифовально-рифельных станках существующих конструкций практически невозможно создать такую шероховатость поверхности катков размольных станков, которая соответствовала бы назначению катковой пары в общем технологическом процессе выработки муки.

4. Электроискровая обработка катков контактным способом обеспечивает нанесение размерной шероховатости, достаточно одинаковой в продольном и поперечном направлениях, с одновременным повышением износостойкости поверхности.

Выявлены режимы электроискровой обработки отбеленного чугуна и кинематические условия, необходимые для получения заранее заданной размерной шероховатости катков размольных систем, соответственно требованиям технологического назначения вальцового станка.

Чистота поверхности отбеленного чугуна, обработанного электроискровым способом, зависит, главным образом, от напряжения источника питания, величины емкости, включенной параллельно питающему контуру, материала электрода-инструмента, амплитуды колебания электрода-инструмента и кинематических условий, при которых происходит электроискровая обработка.

5. При электроискровой обработке происходит упрочение отбеленного чугуна, в результате чего износостойкость таких катков в два-три раза выше абразивно-шлифованных.

6. Коэффициент трения поверхности отбеленного чугуна, обработанной электроискровым способом в 2,5—3 раза больше коэффициента трения абразивно-шлифованной поверхности.

При этом характер изменения опорной поверхности катка, обработанной электроискровым способом, обуславливает более высокий коэффициент трения, нежели абразивно-шлифованная поверхность. Таким образом медленно падающая износостойкость и коэффициент трения рабочих поверхностей катков положительно сказываются на технологической эффективности работы вальцового станка.

7. Исследованием установлено, что для измельчения круподуновых продуктов, различных физико-структурных свойств, может быть найдена оптимальная шероховатость рабочей поверхности вальцовых катков, при которой достигается максимальное извлече-



ние при минимальной энергоемкости процесса с одновременным улучшением качества муки (по зольности).

8. Вальцовые катки, обработанные электроискровым способом, дают более высокую технологическую эффективность по сравнению сошлифованными. Извлечение муки, как показали лабораторные исследования, увеличивается в среднем в 2 раза при одновременном повышении дисперсности и снижении зольности муки.

Предварительное испытание работы катков, обработанных электроискровым способом, в производственных условиях мельзавода № 2 Одесского треста «Главмуки» показало, что при измельчении промежуточных продуктов дробления южноукраинской пшеницы извлечение муки катками обработанными электроискровым способом повышается в 2—3 раза.

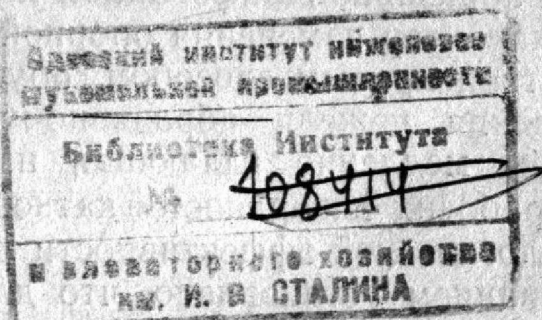
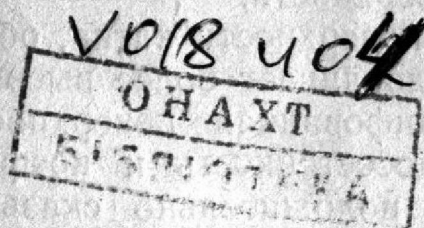
9. Размалывающую способность поверхности катков можно суммарно охарактеризовать:

- а) средним квадратичным отклонением неровностей и максимальной высотой неровностей ( $H_{ск}$  и  $H_{мкс}$ ),
- б) коэффициентом наполнения профиля ( $H_1$ ),
- в) долей  $H_{макс}$ , соответствующей металлу ( $h_1$ ),
- г) суммарной количественной оценкой чистоты поверхности.

Для оценки состояния поверхности мельничных катков в условиях производства предложен и осуществлен магнитоэлектрический профилометр.

10. Производственная установка для электроискровой обработки вальцовых катков, изготовленная и испытанная на мельзаводе № 2 Одесского треста «Главмуки», позволяет получить размерную шероховатость катков с примерно одинаковой характеристикой (по  $H_{ск}$ ) в продольном и поперечном направлениях. Приспособление конструктивно несложное, изготовление его доступно мельничным мастерам.

11. Применение предлагаемого метода электроискровой обработки катков увеличит съем муки с единицы длины вальцовой линии, сократит длину размольного процесса, уменьшит расход энергии на процесс размолы промежуточных продуктов, увеличит производительность мукомольных мельниц при одновременном повышении устойчивости технологического процесса.



БР 10056

Заказ № 2206.

Тираж 120

Областная типография, Одесса.