

М261812

НА ДОМ  
НЕ ВЫДАЕТСЯ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО  
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного  
Знамени высшее техническое училище им. Н.Э. Баумана

ПРОНИКОВА Тамара Александровна

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ И ВЫБОР МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ КУЛАЧКОВЫХ МЕХАНИЗМОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАШИН  
В ЦЕЛЯХ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Специальность 05.16.01. Металловедение  
и термическая обработка металлов.

А в т о р е ф а т  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва 1975

Работа выполнена во Всесоюзном заочном институте текстиль-  
ной и легкой промышленности.

Научный руководитель -  
васлуженный деятель науки и техники РСФСР,  
доктор технических наук, профессор Дриц М.Б.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Мальцев М.В.  
кандидат технических наук, доцент Жевтунов П.П.

Ведущее предприятие - Пресненский машиностроительный  
завод.

Автореферат расослан " " 1975 г.

Защита диссертации состоится " " 1975 г.  
на заседании Совета факультета "Автоматизация и механизации  
производства" Московского ордена Ленина и ордена Трудового  
Красного знамени высшего технического училища им. Н.Э.Баумана  
по адресу: 125080 М. 5.

Ваши о , просьба  
высылать по

С дисс  
им. Н.Э.Ба

Ученый

л-

M261812

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. В связи с автоматизацией и повышением производительности машин возникает необходимость в применении механизмов, работающих с более высокими скоростями и нагрузками. Механизмы современных машин должны обладать высокой надежностью и долговечностью, особенно по износу, и сохранять технические характеристики в течение длительного периода эксплуатации.

Одним из эффективных путей повышения прочности и износостойкости материалов деталей машин является модифицирование металлов редкоземельными элементами и иттрием.

В Советском Союзе в Институте металлургии им. А.А. Байкова АН СССР, Институте проблем литья АН УССР, ЦНИИТМАШе, ВНИИТЕХМАШе и др. были проведены многочисленные исследования в этой области.

Однако широкие возможности, которые может дать модифицирование чугунов Р.З.М. для повышения износостойкости деталей машин, используются далеко не полностью.

Это относится и к кулачковым механизмам, которые широко применяются в машинах-автоматах, в том числе текстильных.

Для кулачковых механизмов текстильных машин характерны быстроходность, наличие динамических нагрузок, интенсивная загрузка по времени, изменение скоростей и нагрузок в пределах профиля кулачка. Применение для кулачков серых чугунов уже не удовлетворяет условиям, в которых работает современное текстильное оборудование.

Поэтому выбор износостойких материалов для кулачков и исследование их работоспособности является одной из актуальных задач для повышения долговечности всей машины.

Цель работы. На основании лабораторных и эксплуатационных исследований установить возможность осуществления повышения износостойкости кулачковой пары за счет применения чугунов, модифицированных легитурными, содержащими редкоземельные элементы (Р.З.Э.) и иттрием.

Методика проведения исследований. Включала исследование условий работы типовых кулачковых механизмов при их эксплуатации и на специально созданной установке, исследование

НТБ МТУ им. Н. Э. Баумана



1261812

Проникова Т. А. Исследован

свойств и структуры чугунов, модифицированных р.з.м. и иттрием, и микрораспределения церия и иттрия в процессе модифицирования, лабораторные испытания на износ, эксплуатационные испытания кулачков, изготовленных из рекомендованных материалов.

Научная новизна работы: 1) Установлена связь между содержанием церия и иттрия, структурой и износостойкостью модифицированных серых чугунов. 2) Установлены оптимальные составы и структура модифицированных чугунов для условий трения качения с проскальзыванием и показана целесообразность использования в качестве исходного серого доэвтектического чугуна. 3) Впервые исследована возможность применения чугунов, модифицированных р.з.м. и иттрием, для кулачковых механизмов, специфика работы которых требует высокой износостойкости материала.

Практическая ценность. Рекомендованные составы чугунов, модифицированных р.з.м. и иттрием, в 4-5 раз повышают долговечность кулачковых механизмов, работающих при контактных напряжениях до  $6 \cdot 10^3$  кг/см<sup>2</sup>.

Апробация работы. Материалы работы докладывались на: 1. IV-ом Всесоюзном научно-техническом совещании по микротвердости, АН СССР Москва, октябрь, 1972. 2. Научно-технической конференции Всесоюзного заочного института текстильной и легкой промышленности, Москва, ноябрь, 1973. 3. Всесоюзном семинаре по повышению надежности оборудования в текстильной и легкой промышленности, Москва, май, 1974. 4. Всесоюзном научно-техническом семинаре, "опыт производства и применение лигатур с р.з.м. при выплавке стали и чугуна." Запорожье, март 1975.

Кроме того, результаты эксплуатационных испытаний рассматривались специальной комиссией машиностроительного завода им. I Мая.

Объем работы. Диссертационная работа состоит из пяти глав, содержит 130 страниц текста, 59 рисунков и список литературы из 154 наименований.



## Глава I. Состояние вопроса и задачи исследования.

В литературном обзоре проанализированы исследования, посвященные износу материалов применительно к условиям работы кулачковых механизмов. Фундаментальные труды советских ученых В.Д.Кузнецова, М.М.Хрущова, И.В.Крагельского, Б.И.Костецкого, Д.Н.Гаркунова, А.И.Петрусевица и других дают базу для объяснения тех чрезвычайно сложных процессов, которые происходят при изнашивании сопряженных тел.

В работе дан обзор материалов, применяемых для кулачковых механизмов. Наибольшее применение находят серые чугуны, в отдельных случаях – малолегированные стали.

В диссертации проанализированы работы отечественных и зарубежных ученых, посвященные вопросам применения для деталей машин чугунов, модифицированных р.з.м. и иттрием.

Большой вклад в развитие этого направления внесли советские ученые Аникин А.А., Бунин К.Н., Жуков А.А., Зволинская В.В., Зефирова А.П., Ключнев Н.И., Любченко А.П., Мальцев М.В., Савицкий Е.М., Терехова В.Ф., Таран Ю.П. и др.

На основании анализа имеющихся литературных данных можно сделать вывод, что основная задача при использовании р.з.м. в качестве модификаторов сводилась к созданию материалов с высокой прочностью и пластичностью на базе серых заэвтектических чугунов. Однако, для получения высокой износостойкости представляется целесообразным модифицирование р.з.м. доэвтектических серых чугунов, которые и являются объектом исследования в данной работе.

## Глава II. Исследование условий работы кулачковых механизмов.

Для оценки усилий, действующих в кулачковых механизмах, был выполнен силовой расчет по методике, изложенной в трудах А.Ф.Прошкова и А.И.Макарова.

Расчеты показали, что контактные напряжения (по Герцу) в гаре кулачок-ролик находятся в пределах  $\sigma_{\max} = (1 + 3) \cdot 10^3 \text{ кг/см}^2$  без учета влияния зазоров.

Для анализа условий работы кулачковых механизмов была спроектирована специальная установка и проведено исследование

работоспособности на примере зевобразовательного механизма станка АТ100-5М, как весьма распространенного в промышленности. Установка позволила определить не только нагрузки, действующие в механизме, но выявить и оценить величину проскальзывания ролика по кулачку и его отрыв от кулачка. На установке испытывались кулачковые механизмы с различной степенью изношенности.

Для этой цели было предусмотрено измерение и запись всех данных на пленку шлейфового осциллографа. Нагрузки измерялись при помощи датчиков сопротивления, наклеенных по мостовой схеме. Для оценки степени проскальзывания ролика был разработан специальный индуктивный датчик.

Исследование проводилось при нагрузках от 20 кГ до 50 кГ, что соответствует усилиям при обработке различных сортов тканей, и при числах оборотов кулачка от 120 до 240 об/мин.

Было установлено, что качение сопровождается проскальзыванием от 5% до 8% для новых кулачков и от 8% до 17% - для изношенных (при  $n$  от 120 до 180 об/мин). С повышением чисел оборотов растет величина проскальзывания. Для оценки динамических нагрузок по осциллограммам определялось возрастание усилий в механизме для всех принятых значений скоростей и нагрузок. Для нового кулачка нагрузки возрастают в 1,12 + 1,6 раза, а для изношенного - в 1,25 + 1,9 раза по сравнению с расчетными.

Кроме стендовых испытаний было проведено исследование динамических параметров кулачковых механизмов в производственных условиях непосредственно на ткацком станке АТ100-5М.

Проведенные эксперименты позволили определить влияние основных факторов на работоспособность кулачковых механизмов и обосновать условия для испытания на износ материалов пары кулачок-ролик.

### Глава III. Исследование структуры и свойств серых чугунов, модифицированных редкоземельными металлами и иттрием.

Для выбора рациональных составов чугунов, отвечающих условиям работы материала пары кулачок-ролик, было исследовано влияние модифицирования на структуру сплава, его механические свойства и другие факторы, определяющие износостойкость мате-

риала.

Для последующего модифицирования был взят серый дозвтек-  
тический чугуун, в качестве модификатора применялись лигатуры  
ФДМ-5 (основная), Si-Ca - р.з.м. и чистый иттрий.

Плавка исходного чугуна (сплав № I) проводилась в завод-  
ских условиях в электрической печи емкостью 200 кг. С лигату-  
рой ФДМ-5 были выплавлены чугуны шести составов со следующим  
содержанием церия в шихте: сплав № 3 - 0,02%, № 5 - 0,05%,  
№ 7 - 0,10%, № 13 - 0,20%, № 9 - 0,30% и № II - 0,50%.

С лигатурой Si-Ca - р.з.м. было выплавлено три спла-  
ва с содержанием в шихте церия и иттрия: сплав № 15 - 0,085%,  
№ 17 - 0,16%, № 19 - 0,31%. Сплав № 21 модифицирован чистым  
иттрием в количестве 0,2%.

Проведенные исследования показали, что модифицирование  
серого дозвтектического чугуна указанными лигатурами приводит  
к существенному повышению механических свойств.

В работе дан подробный анализ микроструктур для всех ис-  
следованных сплавов как в литом состоянии, так и после тер-  
мообработки - нормализации и отжига (55 вариантов). В резуль-  
тате было установлено влияние структуры на изменение механи-  
ческих свойств модифицированных чугунов.

Образование графита компактной и шаровидной формы в чугу-  
нах, содержащих 0,2, 0,3 и 0,5% церия в шихте, соответствует  
значительному повышению механических характеристик, особенно  
 $\sigma_b$  и НВ. Весьма положительные результаты получены и для  
чугунов с добавкой чистого иттрия.

Было проведено также исследование влияния церия и тер-  
мической обработки на микротвердость структурных составляю-  
щих.

По результатам измерений получена зависимость микротвер-  
дости перлита и феррита от содержания церия в чугуне для трех  
состояний - литого, нормализованного и отожженного. Эта за-  
висимость имеет сложный характер, что является следствием сте-  
пени модифицирования исходного чугуна церием и образовавшейся  
структуры.

Для объяснения влияния выбранных модификаторов на струк-  
туру чугуна и его механические свойства было проведено иссле-  
дование микрораспределения церия и иттрия между фазами и

структурными составляющими серых доэвтектических чугунов в литом состоянии на приборах "Камера" и MAP-I.

Для четырех основных сплавов были записаны концентрационные кривые распределения церия и иттрия. Для одного сплава было проведено сканирование.

В сплавах № 2I и № 19 определялось качественное и количественное распределение иттрия. Присутствие иттрия наблюдается во всех структурных составляющих, кроме графита. Точечные включения с более высоким содержанием иттрия имеются в центре перлита и по границам структурных составляющих.

Запись распределения церия в сплавах № 19, № 9 и № II показала отсутствие его в графите; в остальных составляющих церий распределен относительно равномерно. Отдельные точечные включения имеются в феррите, перлите и на границах феррит-графит и перлит-цементит.

Анализ полученных результатов позволяет высказать мнение, что точечными включениями внутри структурных составляющих и фаз являются тугоплавкие химические соединения церия и иттрия с у. леродом и кремнием  $\text{Ce}_2\text{C}_3$ ,  $\text{YC}$ ,  $\text{YSi}$ , выделившиеся из жидкого сплава соответственно при температурах  $2300^\circ$ ,  $2400^\circ$ ,  $1800^\circ$  и явившиеся центрами кристаллизации аустенита. Менее тугоплавкие соединения расположились в виде точечных включений по границам зерен (например,  $\text{CeSi}$ ,  $\text{CeP}$ ).

Для сравнения было проведено исследование на рентгеновском микроанализаторе MAP-I.

Отсутствие церия и иттрия в графите исследуемых чугунов является одним из доказательств того, что механизм образования шаровидного графита этих чугунов существенно отличается от чугунов, полученных на базе заэвтектических.

Исследование микрораспределения церия и иттрия показали, что при модифицировании происходит упрочнение металлической основы чугуна в результате растворения церия и иттрия в твердых растворах, искажения кристаллических решеток и образования на границах фаз точечных скоплений, являющихся дислокационным барьером при пластической деформации.

Для того, чтобы выявить картину перераспределения элементов в сплаве в процессе термической обработки, были записаны концентрационные кривые и проведено сканирование для отожженных

чугунов. Анализ этих исследований показал, что в процессе отжига увеличивается подвижность цериевых и иттриевых соединений. Коагулируя они образуют скопления с высокой концентрацией Ce и Y, обедняя металлическую основу. Для получения дополнительной информации о перераспределении Ce и Y в чугуне при его нагреве был проведен эксперимент, заключающийся в том, что методом диффузионной сварки были сварены образцы из серого, белого и ковкого чугунов с лигатурой ФЦМ-5 и чистым иттрием и изучена переходная зона в месте контакта.

#### Глава IV. Исследование износостойкости серых чугунов, модифицированных редкоземельными металлами.

Испытанию на износ подвергались образцы из всех 10 составов модифицированного чугуна в литом состоянии и после термической обработки, а также исходный серый чугун. Всего было исследовано 80 пар.

Испытания проводились на машине типа МИ для трения качения с проскальзыванием. Нижний образец изготавливался из исследуемого чугуна, верхний — из стали 45, закаленной до 45 HRC.

Размеры образцов (роликов) были выбраны так, чтобы при  $n_1 = n_2 = 200$  об/мин обеспечить проскальзывание при качении, равное 10%. Эта величина соответствует среднему значению проскальзывания, имеющему место в исследуемых кулачковых механизмах.

Величина нагрузки  $P = 50$  кг была установлена на основании анализа усилий, возникающих в кулачковых механизмах. За счет изменения рабочей ширины роликов контактные напряжения по Герцу изменялись в пределах  $G_{\max} = (4,3 + 6,1) \cdot 10^3$  кг/см<sup>2</sup>.

При проведении испытаний создавались условия, аналогичные эксплуатационным.

Измерение износа проводилось путем взвешивания образцов на аналитических весах, в отдельных случаях определялся линейный износ.

Каждое испытание проводилось в пределах 80–140 часов, чтобы получить устойчивый процесс изнашивания и практически исключить влияние периода приработки. Для сравнения износостойкости различных сплавов определялась скорость изнашивания образцов.

Анализировалась также шероховатость поверхности образцов с тем, чтобы, во-первых, оценить, какую роль играет период приработки и, во-вторых, для измерения линейного износа.

Для этой цели было записано и обработано более 50 профилграмм. Небольшое изменение шероховатости свидетельствует о том, что период приработки был незначительным.

В качестве примера в таблице I приведены результаты испытания на износ исследуемых сплавов после нормализации. В таблице указана продолжительность каждого испытания  $t$  (ч.), соответствующий весовой износ  $V_g$  (г) и рассчитанная скорость изнашивания  $\gamma = \frac{V_g}{t}$  (г/ч). Аналогичные исследования были проведены для литых и отожженных сплавов.

Анализ результатов испытания сплавов в литом состоянии показал, что при модифицировании, и в первую очередь, для чугунов с шаровидным и компактным графитом происходит значительное уменьшение скорости изнашивания. Проведенные металлографические исследования дали возможность объяснить изменение износостойкости сплавов с точки зрения их микроструктуры и микротвердости.

Сплавы, обладающие повышенной износостойкостью (т.е. наименьшей скоростью изнашивания), отличаются наибольшей микротвердостью перлита и более высокой микротвердостью феррита. Например, значительное снижение скорости изнашивания и повышение микротвердости перлита и феррита происходит для сплава № 13 с 0,2% введенного церия, в котором образовался графит компактной и глобулярной формы.

Еще более высокие значения износостойкости и микротвердости получены для сплава № 9 с 0,3% Се.

Хорошие результаты ( $\gamma = 0,000037$  г/ч) показал сплав № 21, модифицированный иттрием, хотя в структуре его, наряду с глобулярным, имеются краповидные включения графита.

Испытания на износ чугунов в нормализованном состоянии (табл. I) показали значительное повышение их износостойкости — на три-четыре порядка по сравнению с нормализованным исходным чугуном. Некоторое снижение микротвердости перлита, наблюдаемое после нормализации, компенсируется преобладанием перлита в металлической основе чугуна.

При испытании на износ отожженных чугунов наблюдается резкое увеличение скорости изнашивания, что является следствием

Таблица I.

Результаты испытания на износ модифицированных  
чугунов после нормализации.

| № сплава | t (ч) | V <sub>i</sub> (Г) | γ (Г/ч)              |
|----------|-------|--------------------|----------------------|
| I        | 50    | 1,600              | $3,2 \cdot 10^{-2}$  |
| 3        | 100   | 0,630              | $6,3 \cdot 10^{-3}$  |
| 5        | 50    | 0,900              | $1,8 \cdot 10^{-2}$  |
| 7        | 68    | 3,076              | $4,5 \cdot 10^{-2}$  |
| 13       | 85    | 0,0024             | $2,8 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 100   | 0,0026             | $2,6 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 70    | 0,00215            | $3,1 \cdot 10^{-5}$  |
| 9        | 106   | 0,0007             | $6,6 \cdot 10^{-6}$  |
|          | 98    | 0,0008             | $8 \cdot 10^{-6}$    |
|          | 120   | 0,0005             | $4,8 \cdot 10^{-6}$  |
|          | 100*  | 0,00115            | $1,15 \cdot 10^{-5}$ |
| 9об      | 167   | 0,0038             | $2,3 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 100   | 0,00315            | $3,15 \cdot 10^{-5}$ |
| II       | 94    | 0,0015             | $1,6 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 120   | 0,00225            | $1,87 \cdot 10^{-5}$ |
|          | 100   | 0,0013             | $1,3 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 90*   | 0,0019             | $2,1 \cdot 10^{-5}$  |
| IIоб     | 152   | 0,0610             | $4 \cdot 10^{-4}$    |
|          | 100   | 0,0530             | $5,3 \cdot 10^{-4}$  |
| 15       | 121   | 0,1643             | $1,4 \cdot 10^{-3}$  |
| 17       | 125   | 0,0074             | $6 \cdot 10^{-5}$    |
|          | 100   | 0,0072             | $7,2 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 90*   | 0,0098             | $1,1 \cdot 10^{-4}$  |
| 19       | 100   | 0,0028             | $2,8 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 110   | 0,0035             | $3,2 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 120*  | 0,0058             | $4,8 \cdot 10^{-5}$  |
| 21       | 112   | 0,0035             | $2,9 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 100   | 0,0043             | $4,3 \cdot 10^{-5}$  |
|          | 110*  | 0,0078             | $7,1 \cdot 10^{-5}$  |

Примечания: 1) со знаком \*) отмечены испытания при повышенных нагрузках.

2) "об" - означает литье в оболочковую форму.

значительного снижения микротвердости феррита и перлита в результате перераспределения  $\text{Ce}$  и  $\text{Y}$ .

Анализ исследованных сплавов позволяет высказать мнение, что при модифицировании серого чугуна р.з.м. для деталей, работающих в условиях трения качения с проскальзыванием, наряду с образованием глобулярного и компактного графита, большое значение имеет увеличение микротвердости неграфитных структурных составляющих, что является одним из факторов, определяющих износостойкость чугунов.

Как показали проведенные исследования микроструктуры на приборах MAP-I и "Камека", в результате модифицирования серого чугуна лигатурами, содержащими р.з.м., и иттрием создаются условия для повышения сопротивления пластической деформации, разрушению и износу.

Это связано с тем, что даже малое количество примесей, как правило, вызывает сильное искажение кристаллической решетки, что определяет прочную блокировку дислокаций и затрудняет пластическую деформацию. Значительное повышение износостойкости, достигнутое в результате модифицирования, позволило для оптимальных составов получить резерв работоспособности. Поэтому при проведении испытаний на износ было проанализировано их поведение и при повышенных нагрузках с тем, чтобы оценить возможность расширения диапазона их применения.

В результате проведенных испытаний на износ и исследований структуры и свойств серых чугунов, модифицированных р.з.м. и иттрием, для повышения долговечности кулачков, работающих в условиях трения качения с проскальзыванием при контактных напряжениях до  $6 \cdot 10^8 \text{ кг/см}^2$ , рекомендуются составы чугунов, указанные в табл.2.

Таблица 2.  
Рекомендуемые составы чугунов.

| № сплава | C    | Si   | P    | S     | Mn   | Cr   | Ni   | Ce       | Y   | Ce+Y      | Модификатор         |
|----------|------|------|------|-------|------|------|------|----------|-----|-----------|---------------------|
| 9        | 2,97 | 2,20 | 0,14 | 0,013 | 0,64 | -    | -    | 0,1-0,12 | -   | -         | Сплав ФПМ-5         |
| 19       | 3,09 | 2,60 | 0,14 | 0,013 | 0,64 | 0,08 | 0,08 | -        | -   | 0,15-0,16 | Ст.Са-р.з.м. лигат. |
| 21       | 2,95 | 2,21 | 0,14 | 0,013 | 0,72 | 0,07 | 0,08 | -        | 0,1 | -         | Чистый иттрий       |

Сплав № 9 обладает наиболее высокой износостойкостью;  
сплав № 19 получен с применением более дешевой легатуры;  
сплав № 21 является перспективным при снижении стоимости иттрия.

#### Глава V. Эксплуатационные испытания.

В качестве объекта для производственных испытаний на износ чугунов указанных выше составов был выбран цилиндрический кулачок мотального механизма крутильно-этажной машины КЭП-250С.

Проблема повышения долговечности этих кулачков является весьма актуальной, поскольку срок их службы в среднем составляет от 4-6 месяцев до 1,5 лет.

Применяемый в настоящее время серый чугун (СЧ 18-36) не выдерживает возникающих нагрузок, и на участках паза, где происходит изменение направления движения штанг, устанавливают стальные закаленные вставки. Это усложняет технологию изготовления кулачка и не решает полностью задачи повышения его износостойкости.

Вся работа, включая плавку, изготовление и испытание кулачков, была выполнена на заводе им. I Мая.

Кулачки были отлиты из рекомендованных составов чугуна и подвергнуты нормализации.

Испытание кулачков производилось на специальном стенде, имитирующем работу машины. Целью испытаний являлось: во-первых, оценка износостойкости кулачка при длительной работе в условиях, аналогичных производственным, и, во-вторых, определение динамических нагрузок, возникающих в механизме с учетом зазоров, имеющих место в новом механизме и возникающих при износе пары кулачок-ролик.

Установка была оснащена соответствующей аппаратурой - датчиками сопротивления, тензометрическим усилителем типа УТ4-1, шлейфовым осциллографом МПО-2.

При длительных испытаниях на износ (1000 часов) производились периодические измерения ширины паза кулачка и диаметра ролика.

Испытания охватывали весь применяемый диапазон скоростей (от 46 до 82 об/мин) и внешних нагрузок (от 8 до 25 кг).

Осциллограммы показали, что наибольшие усилия возникают в зонах изменения направления движения штанги.

Нормальная нагрузка на ролик для указанных условий изменяется в пределах от 66 кг до 352 кг.

При основном цикле испытаний механизм проработал 1000 часов при  $n = 54$  об/мин, что при эксплуатации кулачков существующей конструкции соответствует периоду работы кулачка до его замены.

Средние значения износа при этом составляли для прямолинейного участка кулачка 0,01 мм и для переходного - в пределах 0,02 мм. Это соответствует скорости изнашивания  $\gamma = (1+2) \cdot 10^{-5}$  мм/ч. По таким эксплуатациям износ профиля кулачка допускается до 0,08 + 0,10 мм. Поэтому его износостойкость по крайней мере в 4 раза выше, чем у применяемой конструкции.

В настоящее время кулачки из серого чугуна, модифицированного ФЦМ-5 (сплав № 9), приняты машиностроительным заводом им. I Мая к внедрению.

#### ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

1. Анализ работы кулачковых механизмов текстильных машин в условиях эксплуатации и исследование работоспособности кулачков на специально созданной установке показали, что основное влияние на параметры механизма и возникновение динамических нагрузок оказывает износ пары кулачок-ролик.

Особое влияние на работоспособность кулачковой пары оказывает проскальзывание ролика относительно кулачка, так как при этом трение качения, которое теоретически должно иметь место в данной паре, сопровождается трением скольжения, что приводит к повышенному износу этой пары. Величина проскальзывания находится в пределах от 5 до 8% для новых кулачков и от 8 до 17% - для изношенных.

2. Микроструктурный анализ десяти составов чугуна, модифицированного легирующими ФЦМ-5, Si-Ca - р.з.м. и чистым иттрием, показал, что образование графита компактной и шаровидной формы произошло при введении в жидкий чугун 0,2 и более % церия, при 0,25 + 0,30% церия и иттрия или 0,2% чистого иттрия.

3. Испытания полученных сплавов показали, что модифицирование приводит к существенному повышению механических свойств серого чугуна. Так, для литых чугунов предел прочности на растяжение увеличился в 4-5 раз при модифицировании сплавом ФЦМ-5 и в 3-3,5 раза - при модифицировании Si-Ca-р.з.м.-лигатурой и чистым иттрием.

4. Исследование микротвердости неграфитных структурных составляющих показало ее рост с увеличением содержания р.з.м. в сплаве. Так, микротвердость перлита (сплав № 9) в литом чугуне увеличилась на 53% по сравнению с исходным серым чугуном и на 31% - после нормализации по сравнению с нормализованным исходным чугуном.

5. Исследование структуры сплавов на микроскопе "Камека" и микроанализаторе MAP-I показали, что при модифицировании серого ковтектического чугуна церий и иттрий наблюдаются только в неграфитных структурных составляющих и по их границам.

Это позволило объяснить значительное повышение механических свойств и, в частности, микротвердости неграфитных структурных составляющих модифицированных чугунов упрочнением металлической матрицы. Характерное для заэвтектических чугунов присутствие церия и иттрия в графите в данном случае не обнаружено.

6. Изучение структуры и свойств термически обработанных чугунов позволило определить характер перераспределения церия и иттрия в процессе нормализации и отжига, что дало возможность обоснованно выбрать режим термической обработки для достижения необходимых свойств. После нормализации модифицированных чугунов улучшилась их обрабатываемость и повысились прочностные характеристики: для чугунов с добавками ФЦМ-5 предел прочности на растяжение увеличился в 6 раз; для чугунов с добавками Si-Ca-р.з.м.-лигатуры и иттрия - в 4-4,5 раза.

7. Испытания на износ на машине МИ при трении качения с проскальзыванием в условиях, близких к эксплуатационным, показали, что скорость изнашивания литых чугунов уменьшается на два-четыре порядка по сравнению с исходным серым чугуном.

Скорость изнашивания чугунов в нормализованном состоянии уменьшилась на три-четыре порядка по сравнению с нормализованным исходным чугуном.

8. На основании результатов испытания на износ модифицированных чугунов и исследования их структуры на приборах "Камера" и МАР-I установлено, что износостойкость сплавов зависит не только от образования графита компактной формы и характера металлической матрицы, но и от упрочнения ее в процессе модифицирования, о чем свидетельствует также зависимость скорости изнашивания от микротвердости перлита и феррита с изменением содержания церия в сплаве. Это позволило рекомендовать в качестве материала с повышенной износостойкостью дозвтектический серый чугун, модифицированный р.з.м. и иттрием.

Для кулачков, работающих в условиях трения качения с про- скальзыванием, при контактных напряжениях до  $6 \cdot 10^8$  кг/см<sup>2</sup>, ре- комендуются три состава модифицированного чугуна (см. табл.2).

9. Изготовленные из рекомендуемых сплавов кулачки моталь- ного механизма крутильно-этажной машины КЭИ-250С были испытаны в производственных условиях на Московском машиностроительном заводе им. I Мая в течение 1000 часов и показали высокую изно- состойкость - отсутствие усталостного разрушения и незначи- тельную скорость изнашивания (в пределах  $(1+2) \cdot 10^{-5}$  мм/ч).

10. Применение рекомендованных составов чугуна не менее, чем в четыре раза повышает срок службы кулачковых механизмов (см. акт комиссии завода им. I Мая). Это дает экономию 400- 420 рублей в год на каждую крутильно-этажную машину, что при парке машин 900 штук составит годовую экономию до 0,4 миллиона рублей.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Установка для исследования работоспособности кулачко- вых механизмов текстильных машин. ЦНИИТЭИ. Механика и энерге- тика, М., 1970, № 1.

2. Работоспособность зевобразовательного кулачкового ме- ханизма ткацкого станка АТ100-5М. ЦНИИТЭИ, Механика и энергетика, М., 1970, РВ-3.

3. Влияние церия на микротвердость структурных составля- ющих серых чугунов, Тезисы доклада на четвертом научно-техни- ческом совещании по микротвердости, АН СССР, М., 1972 (соав- тор М.В. Дриц).

4. О применении чугунов, модифицированных редкоземельными металлами, для повышения долговечности кулачков и эксцентриксов текстильных машин. ЦИИТЭИ, экспресс-информация, Технологии машиностроения, М., 1973, выпуск 18. (соавтор М.Е.Дриц).

5. Исследование возможности применения серых чугунов, легированных р.з.м., для кулачковых механизмов текстильных машин. Сб. Всесоюзного семинара по повышению надежности оборудования в текстильной и легкой промышленности, Моск. Дом научно-тех. пропаганды им. Ф.Э.Дзержинского, М., 1974. (соавторы Дриц М.Е., Фуко И.И., Лиев Н.З.).

6. Влияние структуры цериевых чугунов на их износостойкость. Журнал "Металловедение и термическая обработка металлов", М., 1975, № 4. (оавтор Дриц М.Е.).

М26/8/2