

М422388

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ И
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ
ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ТАТЕВОСЯН Леонид Семенович

УДК 621.74:621.6.053

ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ
ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ С ПОВЫШЕННОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬЮ

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство"

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

Москва 1987

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище имени Н.Э.Баумана и Ереванском ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте имени К.Маркса.

Научный руководитель — доктор технических наук, профессор Васильев В.А.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор Мирзоян Г.С.
кандидат технических наук,
доцент Абакумов Ю.Ф.

Ведущее предприятие — НИО "Борец"

Защита состоится "18" сентября 1987 г. на заседании специализированного совета К.053.15.13 в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени высшем техническом училище им. Н.Э.Баумана по адресу: 107005, Москва, 2-я Бауманская д. 5.

Ваш отзыв в I экземпляре, заверенный печатью, просим выслать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ. Члены совета на защите должны заблаговременно ознакомиться с диссертацией в библиотеке заинтересованных организаций

267-05-14.

" " 1987 г.

вета

И. И. И. ИСТИН И.И.

мана, тир. 100 экз., зак. 702
.., объем 1,0 п.л.

M472388

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В решениях XXVII съезда КПСС и в постановлениях ЦК КПСС и СМ СССР указывается на необходимость улучшения качества литья. Увеличение срока службы современных и вновь создаваемых машин и механизмов — одно из важнейших звеньев общей проблемы повышения качества изделий.

Машины горношахтного оборудования работают в особо тяжелых условиях. В частности, гидравлические центробежные насосы, установленные на обогатительных фабриках, работают в средах с повышенной агрессивностью, жесткостью, высоким содержанием углекислоты, что приводит к быстрому изнашиванию рабочих органов. В этих условиях детали имеют довольно низкий межремонтный ресурс работы вследствие интенсивного гидроабразивного воздействия перекачиваемой среды.

Изучение процессов износа и повышение износостойкости деталей машин проводилось в различных условиях, однако многие важные вопросы остаются недостаточно изученными и не нашли соответствующего отражения в литературе.

Анализ существующих способов изготовления литых деталей машин показывает, что эффективным и наиболее технологичным средством повышения износостойкости являются процессы модифицирования и легирования серых чугунов, направленные на формирование структуры с заданными свойствами. Исследования износостойкости полученных таким образом сплавов показали, что они обладают достаточно высокой стойкостью к изнашиванию, значительно превышающей стойкость обычного серого чугуна.

Цель работы заключается в оптимизации структуры чугунов литых деталей гидравлических центробежных насосов с повышенной износостойкостью, работающих в условиях гидроабразивного изнашивания.

Научная задача, на основе решения которой достигается указанная цель работы, заключается в изучении механизма износа и установлении параметров, ответственных за процессы изнашивания литых деталей гидравлических центробежных насосов, работающих в гидроабразивных средах с повышенной агрессивностью и на основе установленных параметров в разработке комплексного кри-



терия оценки сравнительной износостойкости и методики его определения.

Материалы и методы исследований. Исследовалась гидроабразивная стойкость железоуглеродистых сплавов с содержанием углерода от 0,4 до 4 %; кремния — от 1,36 до 2,8 %; марганца — от 0,23 до 1,29 %; хрома — от 0,04 до 0,98 %; никеля — от 3,7 до 12 %; меди — 1 %. Исследовались перлитные и ферритные чугуны с пластинчатой и шаровидной формами графита. Таким образом, поставленные в работе задачи применены к широкому классу чугунов.

В работе использовались металлографический, микрорентгено-спектральный, химический, анодно-поляризационный, кондуктометрический и гравиметрический методы анализов, методы лабораторных, стендовых и натурных испытаний. При обработке результатов экспериментальных исследований использовались методы математической статистики с применением ЦВМ.

Основные положения выносимые на защиту:

1. Установлено, что износостойкость литых деталей из серых чугунов зависит от соотношения структурных составляющих фаз отливки. Данное положение вытекает из правила Шарпи и находит экспериментальное подтверждение при исследованиях, проведенных в условиях гидроабразивного износа;

2. Гидроабразивная стойкость материала гидравлических центробежных насосов лимитируется его коррозионной стойкостью. Применение анодно-поляризационного метода исследования коррозионной стойкости материалов позволяет установить взаимосвязь между структурой металла и его износом.

Научная новизна. Установлено, что при гидроабразивном изнашивании основными факторами, оказывающими решающее влияние на износостойкость материала, являются статистические параметры распределения микротвердости поверхностного слоя и физико-химический фактор разупрочняющего воздействия среды. При этом, для серых перлитных и перлитно-ферритных чугунов с пластинчатым графитом наиболее тесная связь существует между величиной износа и отношением дисперсии распределения микротвердости к квадрату средней микротвердости. Для более широкого класса чугунов эта зависимость существенным образом нарушается из-за антагонизма между требованиями к структуре металла с точки зрения механичес-

кой и коррозионной стойкости. Измерение токов коррозии металлов в гидроабразивных средах с помощью анодно-полиризационного метода позволяет, в первом приближении, установить взаимосвязь между структурой и износом.

В результате исследования зависимости износа от указанных факторов разработан комплексный критерий оценки сравнительной износостойкости для чугунных деталей центробежных насосов, работающих в гидроабразивных средах, позволяющий однозначно установить зависимость между структурой и износом. Разработана также методика его определения.

На основании разработанного критерия выявлены требования и установлена рациональная структура чугуна с повышенной износостойкостью и предложены варианты управления процессом структурообразования с помощью модифицирования и легирования.

Практическая ценность работы заключается в том, что установленные закономерности позволили уточнить и откорректировать технологические режимы получения отливок с повышенной гидроабразивной стойкостью.

Решена задача установления комплексного критерия оценки сравнительной износостойкости чугунов.

При проведении опытных плавов в производственных условиях получены чугуны с шаровидной формой графита и ферритной матрицей, отличающиеся повышенной гидроабразивной стойкостью по сравнению с применяемыми ранее серыми чугунами с пластинчатой формой графита и перлитно-ферритной матрицей. Получены чугуны легированные никелем, обладающие высокой коррозионной стойкостью и повышенной гидроабразивной стойкостью.

На ЕОМЗ Главмашводостроя изготовлена и опробована опытная партия литых деталей гидравлических центробежных насосов типа ЦН400-210 из полученных чугунов. Достигнутый экономический эффект от внедрения в производство деталей из модифицированных никель-магниевого легированного серых чугунов составит 467 руб. на единицу изделия, а от легированных никелем - 699 руб. на единицу изделия.

Апробация работы. Основные материалы диссертации доложены и обсуждены: на семинаре "Литые износостойкие материалы, их разработка и применение", (Киев, 1985 г.); на XXXII и XXXIII научно-

технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов ЕрПИ им. К.Маркса, (Ереван, 1985 - 1986 гг.); на научных семинарах кафедры "Металлургии и литейного производства" ЕрПИ, (Ереван, 1983 - 1984 гг.); на научных семинарах кафедры АМ-5 МВТУ им. Н.Э.Баумана, (Москва, 1983 - 1986 гг.).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 4 печатные работы и получено 1 авторское свидетельство на изобретение.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов, списка использованной литературы и приложений. Работа изложена на 94 страницах машинописного текста, содержит 13 таблиц, 60 рисунков и список литературы из 90 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава I посвящена характеристике объекта исследования, выбору параметров, ответственных за процессы изнашивания деталей гидравлических центробежных насосов, путям повышения их гидроабразивной стойкости.

Объектом исследования являются гидравлические центробежные насосы марок ЦНСТ850, ЦН400, ЦН1000, ЭЦВ-12, установленные на окважинах и подъемах промвodoзабора горнообогатительных предприятий. Указанные насосы предназначены для перекачивания чистой воды и жидкостей, имеющих сходные с водой свойства по вязкости и химической активности. Однако, ввиду повышенной агрессивности шахтных вод наблюдается быстрый выход из строя оборудования. Срок службы до капитального ремонта составляет в среднем 8000 - 10000 часов. Особенно слабым местом в конструкции насосов является рабочее колесо, которое выходит из строя в 2 - 7 раз быстрее, чем корпус. Повышением износостойкости одних только рабочих колес (с учетом затрат на ремонт) можно заметным образом увеличить межремонтный ресурс.

Износ материалов при гидроабразивном изнашивании является сложной и неоднозначной функцией многих факторов взаимодействия материала с абразивными частицами и средой:

$$W = f(\tau; \Pi; d; K_T; v; \alpha; \xi),$$

где τ — продолжительность изнашивания, час; Π — концентрация абразива, г/л; d — размер частиц, мм; K_T — коэффициент твердости, равный отношению твердости материала к твердости абразива; v — скорость абразивных частиц в момент удара о поверхность детали, м/сек; α — угол наклона вектора скорости частицы к изнашиваемой поверхности, град.; ξ — коэффициент, характеризующий снижение механических свойств материала в результате разупрочняющего физико-химического действия среды. При исследовании закономерностей влияния этих факторов на износ выявлено, что зависимость износа от τ , Π , d носит линейный характер и в определенных пределах не приводит к инверсии износостойкости. В отличие от этого, зависимость износа от K_T , v , α и ξ нелинейна и для разных материалов заметно отличается друг от друга.

Одновременный учет влияния всех перечисленных факторов на износ является сложной задачей и во многих случаях не оправдан. Для оценки сравнительной износостойкости деталей надо выбирать те факторы, которые наиболее значимы при определенных условиях изнашивания, влияние же остальных факторов надо учитывать только при переходе от одних условий изнашивания к другим, а также при количественной оценке износа.

При работе насосов на шахтных водах Π и d остаются неизменными в течение всего времени эксплуатации. Скорость удара v ограничивается частотой вращения рабочих колес и остается неизменной для каждого типа насоса. α также постоянен и равен 12–15°. Поэтому, при оценке сравнительной износостойкости, перечисленные факторы не учитывались.

Внимание было уделено фактору ξ , так как разупрочняющее физико-химическое воздействие зависит не только от химического состава среды, в которой осуществляется износ, но и от структуры и свойств материала. Причем, по сравнению с факторами механического воздействия абразивных частиц на поверхность металла, его влияние проявляется наиболее сильно вследствие того, что концентрация абразива в шахтной воде невелика и равна 5–10 г/л. При углах атаки лопаток рабочих колес 12–15° удара абразивной частицы о поверхность почти не происходит и взаимодействие абразива с поверхностью сводится к микрорезанию. За счет этого постоянно происходит очищение поверхности от образующихся в про-

цессе контакта металла со средой окисных пленок; в результате чего повышается электрохимическая активность самого металла. При таких условиях физико-химическое взаимодействие металла со средой можно оценивать по плотности токов коррозии, протекающих вблизи поверхности, а также по характеру распределения микротвердости металла.

Исходя из сказанного, оценка сравнительной износостойкости литых чугунных деталей насосов производилась (при прочих равных условиях) посредством двух факторов: распределению микротвердости между фазами чугуна и по плотности токов коррозии, протекающих вблизи поверхности металла.

Анализ литературных данных показал, что, несмотря на достаточно большое количество научных и экспериментальных работ, в настоящее время нет единой точки зрения к требованиям структуры литых деталей машин, работающих в условиях гидроабразивного изнашивания. Обобщение литературных и производственных данных показывает, что получаемые в настоящее время отливки по качеству не всегда отвечают требованиям к механизмам, работающим в шахтных водах в условиях гидроабразивного изнашивания. При разработке структур металлов не полностью учитывается взаимное влияние различных факторов, участвующих в процессе износа.

Связывая износостойкость со структурой металла часто приходится сталкиваться с противоречиями. Так, в гидроабразивных средах малой агрессивности металл, подверженный, в основном, абразивному износу, должен иметь повышенную механическую стойкость. В противоположность этому, в средах с повышенной агрессивностью, каковыми являются шахтные воды, структура металла должна обеспечивать повышенную коррозионную стойкость. В этом случае приходится выбирать оптимальную структуру, так как металл, имеющий более высокие показатели износостойкости в условиях абразивного износа, оказывается мало износостойким в условиях совместного воздействия абразивного и коррозионного износов.

Проведенный анализ существующих способов изготовления литых деталей машин показывает, что эффективным и наиболее технологичным средством повышения износостойкости являются процессы модифицирования и легирования, направленные на формирование структуры металла с заданными свойствами. При этом требуется рациональный подход к выбору модифицирующих и легирующих приса-

док, так как они оказывают неоднозначное воздействие на износостойкость в различных условиях работы. К примеру, повышение содержания хрома в чугунах ведет к упрочнению металлической основы, однако он, являясь карбидообразующим элементом, оказывает отрицательное влияние на коррозионную стойкость металла, что ведет к понижению износостойкости деталей в гидроабразивных средах с повышенной агрессивностью. Более целесообразно вводить в чугун никель, который облагораживает металлическую основу и, тем самым, повышает коррозионную стойкость сплава. Модифицирование повышает как прочность чугуна, так и его коррозионную стойкость за счет формирования более компактной формы графитовых включений.

На основании анализа изученного материала и для достижения указанной цели работы поставлены следующие основные задачи:

1. Исследовать механизм износа литых деталей гидравлических центробежных насосов, работающих в гидроабразивных средах с повышенной агрессивностью;

2. Установить параметры, ответственные за процессы изнашивания и на их основе разработать комплексный критерий оценки сравнительной износостойкости и методику его определения;

3. Установить рациональную структуру чугуна на основе предложенного критерия;

4. Провести экспериментальные исследования зависимости износостойкости чугунов от структурных составляющих фаз отливки;

5. Разработать рациональную технологию получения чугунных отливок с повышенной гидроабразивной стойкостью;

6. Провести проверку результатов исследования в производственных условиях.

В главе 2 приведены результаты экспериментального исследования износостойкости чугунов. Обобщение этих результатов показало, что гидроабразивная стойкость серых чугунов СЧ 15 и СЧ 20, являющихся основным материалом в производстве деталей насосов, колеблется в довольно широких пределах, что объясняется большим различием в структуре, химическом составе, а также различием в форме и распределении графитовых включений. Выявлено, что наиболее тесная связь существует между износом W и струк-

турно-чувствительным параметром $\beta = 3 + 6 \frac{S^2}{HRV^2}$, где S^2 - диспер-

сия распределения микротвердости, $\overline{HRV}$ – средняя микротвердость. При изнашивании в шахтной воде с абразивом

$$W = (-4,2 + 16,3 \cdot \tau) \left(\frac{54,3 - 2,07 \cdot \tau}{\beta^2} + 1 \right).$$

Увеличение параметра β приводит к увеличению износостойкости серых чугунов перлитного и перлитно-ферритного классов с пластинчатым графитом. На рис. 1 показана зависимость W от β (кривая 1). Кривая 2 соответствует натурным испытаниям.

Исследование показало, что при небольших углах атаки графит играет положительную роль в повышении износостойкости, так как он способствует снижению сил трения при скольжении абразивных частиц по поверхности металла. Однако, чрезмерное увеличение количества графита, а также его размеров не приводит к увеличению износостойкости, так как при этом увеличивается поверхность раздела графит-матрица, которая в средах с повышенной агрессивностью работает как катод и приводит к повышенному коррозионному износу.

Не менее важное значение имеет форма графита. Исследование показало, что наиболее благоприятной формой является прямолинейная или слегка завитая с ровной поверхностью раздела графит-матрица. Именно поэтому отжиг серых чугунов не приводит к существенному повышению износостойкости, так как диффузия углерода к графиту, в результате отжига, ухудшает форму последнего и способствует повышению концентрации напряжений, а также увеличивает поверхность раздела графит-матрица.

При изнашивании серых чугунов в средах небольшой агрессивности увеличение содержания марганца положительно сказывается на увеличении износостойкости, так как марганец, образуя карбиды с железом, имеющие более высокую микротвердость, чем перлит и феррит, приводит к повышению механической стойкости. В противоположность этому, в средах с повышенной агрессивностью (шахтных водах), те же карбиды, имея более низкий стационарный потенциал коррозии и, поэтому, являясь катодами, способствуют более интенсивному разрушению металла, повышению его коррозионного износа.

Исследование кинетики износа серых чугунов в установке гидроабразивного изнашивания подтверждает сделанные выводы. Износ чугунов в дистиллированной воде с абразивом проходит более

или менее равномерно по всей поверхности. В отличие от этого, в шахтной воде с абразивом, уже после I часа испытаний проявляется неравномерность износа, появляются коррозионные язвы (питтинги) и их количество и размеры увеличиваются с увеличением времени испытаний.

Модифицированные чугуны с шаровидной формой графита имеют более высокую износостойкость за счет компактной формы графитовых включений. Причем наиболее высокую гидроабразивную стойкость имеют ферритные чугуны.

Легированные никелем (10-12 %) чугуны имеют более "благородную" матрицу и более высокое значение стационарного потенциала коррозии. Поэтому, несмотря на уменьшение количества и размеров графитовых включений, имеют существенно более высокую гидроабразивную стойкость по сравнению с серыми и высокопрочными чугунами. Легирование серых чугунов хромом (до 0,98 %) не привело к существенному повышению износостойкости, несмотря на высокие показатели β и HRV. Сравнительная гидроабразивная стойкость исследованных чугунов приведена на рис.2.

В главе 3 описывается методика экспериментальных исследований. Различие в коррозионной стойкости чугунов, наблюдаемое при потенциостатических исследованиях, может быть связано с неоднородным распределением микропримесей в структуре, которое может оказать влияние на микрогальванические токи, протекающие в приповерхностном слое. Поэтому, проведено микрорентгеноспектральное исследование распределения Si и Mn между фазами и внутри фаз серого чугуна перлитно-ферритного класса с пластинчатым графитом, а также - Si , Mn и Ni в сером чугуне легированном никелем. Исследование проводилось на микрозонде "Microscan-5" фирмы Кембридж, Англия. Локальность анализа в пределах 1-1,5 мкм. Анализировались спектральные линии MnK_{α} и SiK_{α} , как по точкам, так и путем сканирования электронного луча по линии со скоростью 3 мкм/мин с записью результатов на ленту самописца. Проведенный анализ показал, что неоднородность распределения основных примесей Si и Mn и легирующего элемента Ni между фазами и внутри фаз незначительна и, потому, появлением дополнительных микрогальванических токов за счет неоднородности распределения примесей в первом приближении можно пренебречь.

На коррозионную стойкость металлов существенное влияние

оказывает электропроводность среды. Известно, что электропроводность растворов в области низких концентраций растворенных в них веществ меняется линейно с концентрацией. При больших концентрациях эта закономерность существенным образом нарушается из-за изменения химической активности растворенных веществ. Основываясь на этом проведены исследования зависимости коррозионных токов чугунов от электропроводности в разных средах (от дистиллированной воды, отфильтрованной после испытаний в ней образцов на износостойкость, до 4-х процентного раствора соляной кислоты). Проведенные исследования показывают, что коррозионные токи для каждого чугуна в отдельности прямо пропорциональны электропроводности растворов и, что они различны для разных чугунов при одной и той же электропроводности раствора. С увеличением электропроводности наблюдается сближение токов коррозии между двумя различными чугунами, что подтверждает выводы, сделанные при исследовании кинетики износа о повышении удельного веса фактора коррозионного износа в средах с повышенной агрессивностью.

Для установления взаимосвязи между структурой и износостойкостью чугунов в гидроабразивных средах применен анодно-поляризационный метод исследования коррозионной стойкости, который в сочетании с проведенными исследованиями однозначно дал ответ на выбор структуры чугунов с повышенной износостойкостью. Для изучения поведения металла в коррозионной среде определялся стационарный потенциал коррозии φ_c и зависимость изменения токов коррозии i от потенциала. Измерения проводились на потенциостате П5827М в потенциостатическом режиме. По полученным поляризационным кривым строилась зависимость i от φ в координатах $lgi-\varphi$. По точке пересечения анодной и катодной поляризационных кривых на оси абсцисс вычислялась величина φ_c , а на оси ординат величина коррозионного тока i . Так как вблизи φ_c зависимость $lgi-\varphi$ нелинейна (а в некоторых случаях она везде нелинейна), то токи коррозии определялись по точке пересечения экстраполированных поляризационных кривых. Описанный метод является основой быстрого контроля скоростей коррозии. Он имеет то преимущество, что небольшие изменения в значениях потенциала, необходимые для анализа, не разрушают значительно систему электролит-металл.

Глава 4 содержит результаты исследования коррозионного износа и разработку комплексного критерия оценки сравнительной износостойкости чугунов. Измерения скорости коррозии проводились в электрохимической ячейке с применением специального держателя образцов, который, в отличие от держателей погружного типа, позволил исключить ватерлинию и выделить постоянную по сечению площадь электрода, что особенно важно при потенциостатических измерениях, где скорость коррозии характеризуется не силой тока, а его плотностью. В качестве вспомогательного служил платиновый электрод, а электродом сравнения — хлорсеребряный. Рабочим электродом служил испытуемый образец. Электрод сравнения подводился к рабочему электроду с помощью капилляра Габера-Дуггина на расстояние 5 мм от поверхности образца. Измерения проводились в потенциостатическом режиме с автоматической записью на диаграмму потенциометра. При достаточно низкой скорости изменения потенциала получаются практически стационарные поляризационные кривые. При более высокой скорости характер отдельных участков кривых может заметно изменяться. Имея ввиду эти ограничения, выбранная скорость развёртки потенциала составляла 30 мВ/мин для всех исследуемых образцов. При этом значения потенциалов изменялись на 80 мВ положительной и отрицательной φ_c .

Измерения коррозионной стойкости перлитных и перлитно-ферритных чугунов с пластинчатым графитом, проведенные в шахтной воде, показали, что с увеличением токов коррозии износ чугунов возрастает. Сопоставление величин скорости коррозии, рассчитанных по поляризационным кривым с полученными ранее данными убыли веса на установке изнашивания показало, что эти два ряда совпадают друг с другом. Имеется также определенная статистическая зависимость между β и i : с увеличением β уменьшается i . Аналогичные измерения проведены для отожженных, модифицированных и легированных чугунов, а также для бронзы и нержавеющей стали. Наибольшая скорость коррозии наблюдается у чугунов перлитного класса с пластинчатым графитом, а наименьшая — у нержавеющей стали. Промежуточные положения занимают отожженные, модифицированные и легированные чугуны, а также оловянистые бронзы. Исследования износостойкости показали, что при большой разнице в химическом составе и структуре металлов корреляционная связь между β и W , а также между i и W существенным образом на-

рушается. Это происходит по той причине, что в этом случае выявляются антагонистические взаимоотношения между структурой, химическим составом и гидроабразивной стойкостью материалов. Действительно, для уменьшения скорости коррозии необходимо гомогенизировать поверхность металла, то есть делать структуру однородной и эквипотенциальной, однако, в этом случае, перестает действовать правило Шарпи и металл становится менее износостойким по отношению к абразивному износу.

Исследование кинетики коррозии показало, что наиболее интенсивными очагами коррозии в большей части случаев являются перлитные фазы. Гораздо менее интенсивно коррозия протекает по межкристаллитным границам и по границам раздела графит-матрица.

Для разработки комплексного критерия оценки сравнительной износостойкости проведен корреляционно-регрессионный анализ. Исследовалось влияние на износ β , $\lg i$ и φ , а также влияние эффекта взаимодействия $\beta \cdot \lg i$. В результате анализа получено уравнение регрессии для износа в шахтной воде с абразивом

$$W = -48,75 + 8,65 \cdot \beta + 27,25 \cdot \lg i + 2 \cdot 10^{-3} \cdot \varphi + 0,67 \cdot \beta \cdot \lg i.$$

Проверялась значимость регрессии, адекватность выбранной модели, определялся доверительный интервал для функции отклика. Наиболее общей и тесной является связь износа W с $\beta \cdot \lg i$. На этом основании построена зависимость $W - \beta \cdot \lg i$ (рис.3, кривая I). Наиболее близкая связь между этими величинами описывается уравнением

$$W = 2,38 \cdot e^{0,45 \cdot \beta \cdot \lg i}.$$

Таким образом, $\beta \cdot \lg i$, при прочих равных условиях, хорошо описывает поведение широкого класса чугунов в гидроабразивных средах и может служить критерием оценки сравнительной износостойкости.

В главе 5 описывается изготовление установочной партии отливок рабочих органов ЦН с повышенной износостойкостью в производственных условиях. Рассмотрены технологические трудности, возникающие при производстве отливок из модифицированных чугунов. Основное внимание уделено получению стабильной ферритной матрицы и графита шаровидной формы. С целью повышения эффективности действия модификатора и для удаления из расплава серы,

кислорода, азота, водорода на первой стадии проводилось рафинирование, для чего в расплав вводилась магний-кальциевая лигатура ЖМК-2. Через 3-5 мин после рафинирования следовала стадия модифицирования. Модифицирование проводилось никель-магний-цериевой лигатурой с одновременным введением алкмобария для стабилизации получения ферритной матрицы. Легирование проводилось никелем в количестве 10-12 %.

Стендовые испытания литых деталей насосов типа ЦН400 из полученных сплавов показали их повышенную износостойкость по сравнению с серийными.

Результаты стендовых испытаний хорошо совпадают с результатами, полученными в лабораторных условиях (рис.3, кривая I).

Экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составит 467 руб. на единицу изделия при введении в технологический процесс операции модифицирования и 699 руб. на единицу изделия от введения в технологический процесс операции легирования.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании результатов исследований, выполненных в диссертационной работе, можно сформулировать следующие выводы.

1. Предлагается рассматривать воздействие гидроабразивной среды на изнашиваемую поверхность металла в две стадии: абразивного изнашивания, под действием которого происходит механический износ материала, подчиняющийся общим законам трения; коррозионного изнашивания, при котором происходит электрохимическое растворение металла. При совместном действии обоих механизмов под действием абразивных частиц непрерывно происходит обновление поверхности металла, очищение ее от продуктов коррозии, что, в свою очередь, приводит к активации работы гальванических микроэлементов и интенсификации процесса изнашивания.

2. Исследование износостойкости серых чугунов перлитно-ферритного класса с пластинчатым графитом в гидроабразивных средах показало, что износостойкость поверхностного слоя зависит от соотношения структурных составляющих фаз отливки. Наиболее тесная связь существует между износостойкостью и структурно-чувствительным параметром β . Однако, при исследовании широкого класса чугунов в различных гидроабразивных средах, корреля-

ционная связь между этими величинами существенным образом нарушается. Причиной являются антагонистические взаимоотношения между требованиями к механическим и коррозионным свойствам материала.

3. Неоднородность поверхности материала и присутствие на ней металлических соединений с иными электрохимическими свойствами влияет не только на механическую стойкость, но и на скорость электрохимической коррозии. Анодно-поляризационным методом установлено, что критерием коррозионной стойкости материала в гидроабразивных средах может служить величина коррозионного тока, протекающего в непосредственной близости от корродирующей поверхности.

4. Разработан комплексный критерий оценки сравнительной износостойкости, который, при прочих равных условиях, хорошо описывает поведение широкого класса чугунов в условиях гидроабразивного изнашивания и позволяет прогнозировать величину износа на стадии проектирования гидравлических центробежных насосов.

5. На основе предложенного критерия установлена рациональная структура чугуна с повышенной износостойкостью:

- для модифицированных чугунов рекомендуются следующие показатели микроструктуры: Гф I2-I3; Граз90; Гр2; Г I0-I2; ПО при твердости 1700 - 1900 МПа;

- для легированных никелем чугунов: Гф2; Граз45; Гр2; Г I0-I2; ПО при твердости 2500 - 2800 МПа.

6. Проверка результатов исследований в производственных условиях показала, что модифицирование серых чугунов комплексными модификаторами с целью получения графита шаровидной формы и ферритной матрицы позволяет повысить гидроабразивную стойкость литых деталей гидравлических центробежных насосов в 1,4 раза по сравнению с серийными. Легирование серых чугунов никелем в количестве I0-I2 % повышает износостойкость в 2 раза.

7. На ЕОМЗ Главармвудостроя изготовлена и опробована установочная партия отливок рабочих колес насоса типа ЦН400. Экономический эффект от внедрения результатов работы в производство составит 467 руб. на единицу изделия при введении в технологический процесс операции модифицирования и 699 руб. на единицу изделия от введения в технологический процесс операции легирования.

Материалы диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Татевосян Л.С. Об износостойкости серых чугунов в средах с повышенной агрессивностью // Тр. по геологии, горному делу, минералогии и металлургии. - Ереван. - 1985. - С. 21-28.

2. Татевосян Л.С., Васильев В.А., Авагян С.С. Исследование абразивной и коррозионной стойкости серых чугунов // Известия АН Арм. ССР. Серия технических наук. - 1986. - Т.39, №5. - С. 47-51.

3. Татевосян Л.С., Васильев В.А., Гаспарян Л.А. Повышение износостойкости литых деталей гидравлических насосов // Промышленность, строительство и архитектура Армении. - 1987. - №2. - С. 52-55.

4. Агбалян Ю.Г., Татевосян Л.С., Шархатунян Р.О. О возможности определения пересыщения раствора при выращивании кристаллов нодата лития // Кристаллография. - 1975. - Т. 20, вып. 4. - С. 863-885.

5. А.С. 746267 СССР, М. Кл²С 01 N 27/02. Трансформаторный погружной датчик / Л.С. Татевосян, Ю.Г. Агбалян, Р.О. Шархатунян; Ереванский государственный университет. - №2417934/18-25; Заявл. 03.II.76; Опубл. 07.07.80, Вол. №25 // Открытия. Изобретения. - 1980. - №12. - С. 82.

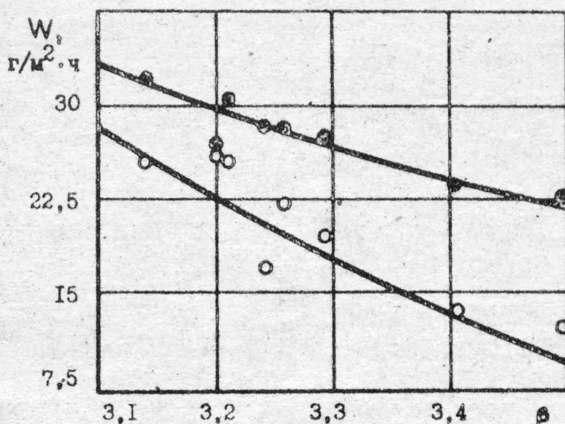


Рис.1. Износостойкость серых перлитных и перлитно-ферритных чугунов с пластинчатым графитом. ● - лабораторные испытания; ○ - натурные испытания.

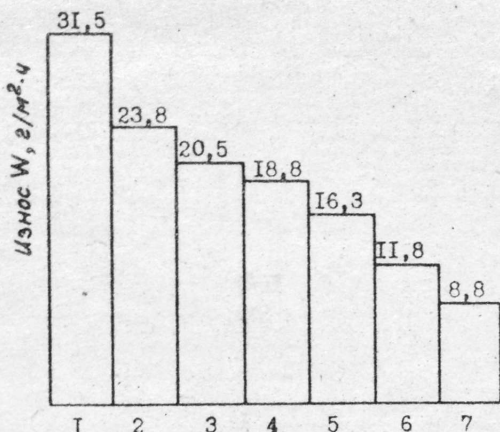


Рис.2. Влияние структуры и химсостава чугунов на износ в шахтной воде с абразивом. 1 - перлитная структура с пластинчатым графитом; 2 - перлитно-ферритная структура с пластинчатым графитом; 3 - перлитная структура с шаровидным графитом; 4 - перлитно-ферритная структура с шаровидным графитом; 5 - ферритная структура с шаровидным графитом; 6 - перлитный чугун легированный Ni и Cu ; 7 - ферритный чугун легированный Ni .

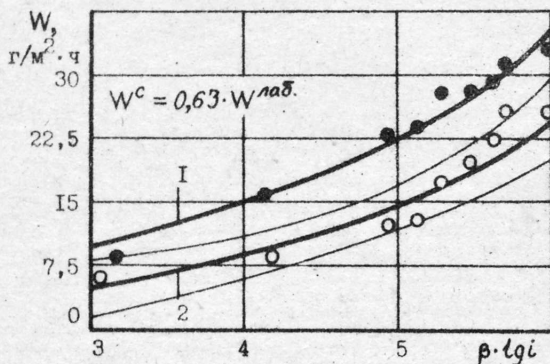


Рис.3. Зависимость износостойкости деталей насосов W от $p \cdot t_{gi}$ в шахтной воде с абразивом. 1 - лабораторные испытания; 2 - стендовые испытания.

Handwritten signature