

Технические науки

**Айтпаев Ерлан**

*магистрант*

*Карагандинского государственного технического университета*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОПРОЧНЫХ РАБОЧИХ КОЛЕС ПУЛЬПОВЫХ НАСОСОВ**

*Аннотация.* Представлено детальное описание получения стабильных характеристик структуры, механических и специальных свойств хромоникелевых чугунов, используемых в настоящее время для изготовления деталей насосов, за счет усовершенствования их химического состава и разработка нового состава прочного чугуна с высокими служебными свойствами. Для получения поставленной цели решались следующие вопросы:

- установление взаимозависимости химического состава, структуры, механических свойств и износостойкости хромоникелевых чугунов и улучшение на основе этого их состава для получения стабильных показателей свойств и структуры отливок;
- изучение структурообразования и свойств сплавов систем  $Fe-V$  и  $Fe-C-V$  в зависимости от типа литейной формы и выбор базового легирующего комплекса для оптимального состава износостойкого чугуна;
- установление взаимосвязи химического состава, структуры, механических свойств и прочности комплексно-легированных ванадиевых чугунов для выбора нового состава с требуемыми свойствами;
- исследование взаимосвязи типа литейной формы на структуру и свойства ванадиевых чугунов;

- *промышленное опробование и внедрение в производство отливок из улучшенного и нового составов чугуна.*

**Ключевые слова:** *горно-обоганительное оборудование, пульповые насосы, рабочие колеса.*

Одной из главных задач горной промышленности является повышение надежности и долговечности машин, работающих в сложных условиях эксплуатации.

Для многих машин и механизмов долговечность и надежность тесно связаны с износостойкостью их деталей. Особенно велико значение долговечности для быстроизнашивающихся деталей горно-обоганительного оборудования, так как оно работает в условиях наиболее интенсивного износа.

Измельчение и основные процессы обогащения руд цветных и черных металлов, угля и горно-химического сырья связаны с необходимостью перемещения больших объемов рудных материалов. Для реализации сложных технологических схем обогащения на современных фабриках и удаления хвостов широко применяют центробежные песковые и грунтовые насосы. Повышение прочности и долговечности рабочих деталей насосов представляет особый интерес вследствие их быстрого износа под воздействием абразивных частиц. Из строя, в первую очередь, выходят рабочие колеса, уплотняющие элементы, что приводит к значительным расходам и снижению производительности оборудования.

Для ремонта износившихся деталей требуется вывод насосов из эксплуатации либо установка дублирующих насосов по основным технологическим цехам, на что затрачивается до 20-25 % полезного времени и увеличивается себестоимость обогащенного концентрата. Если учесть, что по причине износа данных деталей насосы работают с пониженной

производительностью, то общие потери и расходы в масштабе страны составляют десятки миллионов тенге в год.

Низкая прочность литых рабочих деталей насосов связана с тем, что применяемые сплавы не всегда соответствуют по своим свойствам условиям производства. При выборе состава для изготовления данных деталей следует учитывать определённые условия их эксплуатации. Но даже детали, изготовленные из одного и того же сплава чугуна и работающие в одних и тех же условиях, имеют различный срок службы. Это связано с тем, что изменение состава легирующих элементов в пределах марочного состава сильно влияет на их свойства.

Так, например, ТОО «Maker» (бывшее название Карагандинский литейно-машиностроительный завод) изготавливает рабочие детали насосов из хромоникелевых чугунов типа ИЧХ28Н2, которые поставляет различным горно-обогатительным предприятиям. Ресурс работы данных деталей нестабилен в одних и тех же условиях и различается в 2-3 раза.

В связи с этим проблема изготовления надежных, прочных и недорогих литых рабочих деталей насосов является актуальной задачей и имеет большое производственное значение.

На основании анализа сделан вывод о том, что повышение свойств чугунов и стойкости отливок деталей насосов можно достичь как за счет совершенствования составов применяемых чугунов, так и путем разработки нового состава.

На обогатительных фабриках цветной и черной металлургии, горно-химического сырья и индустрии строительных материалов эксплуатируются дробилки, шаровые и стержневые мельницы, грохота, спиральные классификаторы, гидроциклоны, флотационные, песковые и грунтовые насосы, и другое оборудование.

Практика показывает, что определенные детали подвергаются либо одному, либо одновременно сразу нескольким видам абразивного

изнашивания. Общим для них будет характер взаимодействия свободных частиц с поверхностным слоем материала детали и наличие среды (жидкой или газообразной).

Из анализа изношенных образцов, следует, что для большинства деталей, указанных выше, характерен либо абразивный, либо ударно-абразивный механизм изнашивания со скольжением.

Появление местного износа в виде углублений или сквозных каверн приводит к резкому падению прочности всей отливки и, как следствие, выходу насоса из строя.

К основной причине, определяющей малые ресурсы рабочих деталей и надежность работы насосов типа ГР, ГРТ, ПС, ПБ, следует отнести не корректный выбор сплава для их изготовления. То есть прочность данных деталей определяется химическим составом, структурой и свойствами определенного сплава и выражается способностью данных деталей сопротивляться износу при заранее известных условиях эксплуатации.

Другими словами, отливки деталей насосов из конкретного сплава, хорошо зарекомендовавшие себя при работе на песчаных грунтах, показывают весьма невысокие результаты при работе на гравийных грунтах.

Анализ характера износа и мест его первоначального появления при работе на различных грунтах способствовало бы решению общей задачи по выбору наиболее рационального прочного материала для изготовления данных деталей. Для этой цели было проведено множество экспериментов, уточняющих характер износа и его расположение.

Проанализировав данные этих экспериментов, можно сделать выводы:

1. Износ подразделяется на местный и общий: первый из них распределяется по всей поверхности проточного канала, а второй концентрируется на отдельных участках и носит явный абразивно-ударный характер. Данный вид износа вызывает быстрое появление сквозных отверстий в деталях и изменение длины и формы лопаток, что является

основной причиной малого срока работы данных машин. Таким образом общий износ, распространяясь по всей поверхности канала, хотя и является основной причиной большой потери металла, но он менее влияет на ресурс работы данных деталей.

2. На характер износа деталей насоса влияет крупность и твердость перекачиваемого грунта. При работе как на песчаных, так и на гравийных грунтах наиболее интенсивному износу подвергаются выходные элементы лопаток, задний диск и улитка в расчетном сечении. На мелких песчаных грунтах износ более равномерен, а на крупных песчаных и гравийных грунтах износ носит явный неравномерный характер. Так, если на мелких песчаных грунтах весь износ можно охарактеризовать как общий абразивный износ, то на крупных песчаных и гравийных грунтах износ можно охарактеризовать как смесь общего абразивного и местного ударно-абразивного износа, притом, что общий абразивный износ увеличивается с увеличением площади мест, подверженных местному ударно-абразивному износу.

Для повышения срока службы рабочих деталей насоса следует выбирать сплав для их изготовления с учетом интенсивности работы насоса и характеристик перекачиваемого материала. В настоящее время данные детали для Жезказганской обогатительной фабрики изготавливаются в основном из хромоникелевых прочных чугунов типа ИЧХ28Н, которые не удовлетворяют по своим свойствам нынешние требования к сплавам, используемым для изготовления данных деталей. Следовательно, нужно разработать прочный чугун, хорошо работающий в условиях Жезказганской обогатительной фабрики и который по своим характеристикам превосходил бы известные сплавы. Белый легированный чугун имеет более высокие значения твердости и износостойкости, чем серый, так как весь углерод в нем связан в карбиды сильными карбидообразующими элементами (Fe, Ti, Cr, V, Mo, W, Mn и др.). Поэтому его используют в качестве конструкционного для

изготовления отливок, работающих в условиях абразивного износа с ударными и безударными нагрузками. Для увеличения надежности и долговечности отливок из таких чугунов их состав рекомендуется подбирать с учетом условий работы, которые влияют на характер их износа.

Для изготовления рабочих органов песковых, грунтовых насосов применяют хромомарганцевые, хромомолибденовые и хромоникелевые чугуны. Но в большинстве случаев широко используются хромоникелевые чугуны типа ИЧХ28Н2. Данные чугуны не показывают рекордных результатов по стойкости в различных условиях эксплуатации, но они не так чувствительны к отклонениям в технологии производства и условиям изнашивания, как хромомолибденовые и хромомарганцевые.

С другой стороны, для повышения механических и служебных свойств отливок из данных чугунов требуется двойная термообработка, которая зачастую не проводится на заводах-изготовителях из-за увеличения стоимости продукции.

Из этого следует, что для увеличения срока службы деталей насосов без увеличения их стоимости требуется либо усовершенствование химического состава хромоникелевых чугунов, либо разработка нового состава чугуна, обладающего высокими механическими и специальными свойствами в литом состоянии.

В этой роли могут выступить высокохромистые или ванадиевые износостойкие чугуны со следующими легирующими дополнениями: (Mn, Ni, Ti, Mo, Cu, B, Sb, Ca и др.), которые повысят механические и служебные свойства отливок из данных чугунов.

Содержание углерода в износостойких чугунах находится в пределах 1,7%. Углерод является главным регулятором количества карбидов в структуре чугуна, действуя сильнее хрома почти в 20 раз. Столь широкие пределы изменения концентраций углерода именно и связаны с целью получения в структуре определенных количества и типов карбидов.

Влияние углерода на износостойкость и прочность носит экстремальный характер с максимумом в пределах 2,8-3,6 % С, в то время как твердость непрерывно возрастает. Снижение прочности и износостойкости при более высоких концентрациях углерода связано с выделением заэвтектических первичных карбидов, а также карбидов которые оказывают большее влияние на износостойкость и прочность.

Хром является главным легирующим элементом группы белых износостойких чугунов. Он уменьшает растворимость углерода в железе, увеличивает степень устойчивости твердого раствора и количество эвтектической составляющей. В железе хром имеет неограниченную растворимость, в железе растворяется до 12% Cr. В чугунах даже при небольшом содержании хрома образуется карбидная фаза цементитного типа, обогащенная хромом.

Его содержание в чугунах достигает 35 %. От содержания хрома и углерода в чугуне зависит тип образуемого карбида. Хром может частично замещать атомы железа в орторомбическом карбиде железа или образовывать карбиды хрома, в которых часть атомов хрома замещена железом: тригональный и кубический.

При содержании хрома 12—24% образуются карбиды, что способствует повышению твердости, прочности и износостойкость сплава. Дальнейшее повышение содержания хрома снижает прочность сплава, так как в чугуне появляются крупные хрупкие иглы заэвтектических карбидов.

Кремний в белом чугуне можно рассматривать как легирующий элемент, распределяющийся при кристаллизации между аустенитом и эвтектическим расплавом. Его содержание может находиться в пределах 0,3 - 2,0%. Кремний повышает температуру эвтектической кристаллизации, расширяет интервал эвтектического превращения, препятствует переохлаждению, уменьшает влияние скорости охлаждения. Это приводит к снижению всех механических свойств.

Марганец стабилизирует аустенит во всех температурных зонах превращения. С увеличением количества марганца углерод перераспределяется между аустенитом и эвтектическим расплавом, и его концентрация в аустените существенно возрастает. При этом заметно снижается количество карбидов и возрастает доля остаточного аустенита. Износостойкость, прочность и твердость при этом снижаются.

С другой стороны, износостойкие чугуны, легированные марганцем, имеют высокие значения пластичности и вязкости, что оказывается полезным при работе в условиях абразивно-ударного изнашивания. При этом прочность марганцевых белых чугунов может возрастать за счет структурного и фазового превращения аустенита. При этом снижается твердость, повышаются пластичность и вязкость сплавов, что полезно для износостойких деталей, претерпевающих ударные нагрузки.

Молибден в износостойких чугунах может содержаться в пределах 0,3 - 5,0%. Он относится к числу элементов, сильно задерживающих распад аустенита в перлитной области, увеличивающих прокаливаемость и получение мартенсита. С увеличением концентрации молибдена износостойкость и твердость повышаются, особенно при 0,8%, а прочность достигает максимума в интервале 1,3-1,8% почти не изменяется с увеличением его концентрации.

Высокая износостойкость определяется также металлической основой, в которой закреплены карбиды. При испытаниях лопастей на дробеметных аппаратах с повышенной производительностью (до 250 - 300 кг/мин) установлено, что высоколегированные чугуны с 2,5% С и метастабильным аустенитом практически непригодны для работы в условиях ударно-абразивного износа.

Лучшая износостойкость у сплавов с мартенситной основой. Поэтому ввод в сплавы дорогих и дефицитных легирующих элементов (V, Mo, Ni, W и др.) оправдан только при условии получения необходимой структуры.



Статистический анализ химических составов хромоникелевых чугунов показал, что в большинстве из них содержание элементов находится в более широких пределах, чем регламентировано нормативно-технической документацией. Изменение концентраций легирующих элементов в столь широких пределах приводит к изменению структуры и нестабильности основных механических свойств и износостойкости, что снижает рабочий ресурс отливок деталей насосов.

Установлено, что наиболее высокая эксплуатационная прочность наблюдается у отливок деталей насосов, изготовленных из хромоникелевых чугунов, обладающих ферритно-перлитной структурой с карбидами, а также прочностью не ниже 550 МПа, твёрдостью и износостойкостью.

Получены математические зависимости, описывающие взаимосвязь химического состава, структуры, механических свойств и износостойкости хромо-никелевых чугунов. Их анализ позволил определить весовые коэффициенты влияния и установить пределы содержания химических элементов в чугунах, что обеспечило получение требуемой структуры и стабильных свойств отливок в условиях эксплуатации. Внедрение технологических рекомендаций по совершенствованию химического состава хромоникелевых чугунов позволило снизить расход ферросплавов при их выплавке на 10%.

Изложенный краткий технологический процесс, показывает, что повышения эксплуатационной стойкости отливок деталей насосов нельзя добиться дальнейшим улучшением химического состава хромоникелевого чугуна вследствие того, что невозможно существенно улучшить его структуру без применения дополнительных легирующих элементов. Для увеличения стойкости отливок деталей насосов их микроструктура должна быть качественно иной, что может обеспечить чугун с принципиально новым легирующим комплексом ферритно-перлитной структурой с карбидами.

## **Литература**

1. Повышение износостойкости горно-обогатительного оборудования / Пенкин Н.С., Капралов Е. П., Маляров П.В., и др. М.: Недра. 1992. 265 с.
2. Тенебаун М. М. Износостойкость и долговечность горных машин. М.: Госгортехиздат, 1960. 246 с.
3. Клейс И. Р., Умыс Х. Г. Износостойкость измельчителей ударного действия. М.: Машиностроение, 1986. 167 с.
4. Трение и износ в экстремальных условиях: Справочник / Ю. Н. Дроздов, В. Г. Павлов, В. Н. Пучков. М.: Машиностроение, 1986. 223 с.
5. Погодаев Л. И., Лукин Н. В. Режимы работы и долговечность деталей землесосных снарядов. М.: Транспорт, 1990. 192 с.
6. Карташов А.В., Пенкин Н.С., Погодаев Л.И. Износостойкость деталей земснарядов. Л.: Машиностроение, 1972. 160 с.
7. Супрун В. К. Абразивный износ грунтовых насосов и борьба с ним. М.: Машиностроение, 1972. 104 с.
8. Смйловская Л. А., Кожевникова Е. И., Цыбаев Н. Т. Повышение износостойкости грунтовых насосов. М.: ЦИНТИАМ, 1964. 128 с.
9. Цыпин И.И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства -М: Металлургия, 1988. 56 с.
10. Войнов Б. А. Износостойкие сплавы и покрытия. М.: Машиностроение, 1980. 126 с.
11. Львов П. Н. Основы абразивной износостойкости деталей строительных машин. М.: Стройиздат, 1970. 72 с.
12. Потапов М.Г. Разработка нового состава износостойкого чугуна для отливок деталей насосов, 2002. 156 с.