

УДК 621.791:011-92.04

**РЕМОНТ ЛИТЫХ ЧЕРПАКОВ ДРАГ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ****Э.П. Москвитин<sup>1</sup>, Н.В. Вулых<sup>2</sup>**Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
Россия, 664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены причины и виды износа черпаков драг в рабочей зоне, изготовленных из конструкционной высокомарганцевой литой стали 110Г13Л для добычи золота. Представлены предельные значения износа некоторых деталей драг. Для повышения износостойкости рассмотрены две технологии наплавки рабочей зоны черпака, а также технология заливки вставок из износостойкого чугуна ЧХ22 сталью 110Г13Л.

Ил. 3. Библиогр. 7 назв.

*Ключевые слова: сталь 110Г13Л, черпаки драг, износ, наплавка.***REPAIR OF CAST DREDGE BUCKETS GOLD MINING ENTERPRISES****E. Moskvitin, N. Vulykh**Irkutsk National Research Technical University,  
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation.

The reasons and types of wear of dredge buckets in a working zone made of structural high-manganese cast steel 110G13L for gold mining are considered. Extreme values of wear of some details of dredge are presented. For increase in wear resistance two technologies of a surfacing of a working zone of a dredge and also technology of filling of inserts from wearproof ChH22 cast iron are considered by steel 110G13L.

*Keywords: steel 110G13L, dredge buckets, wear, surfacing.***Введение**

Одним из важнейших условий повышения производительности труда является техническое перевооружение горно-обогатительных предприятий, создание мощной специализированной техники, в том числе драг, работающие в условиях Крайнего Севера. Практика эксплуатации драг показывает, что надежность и долговечность литых деталей из высокомарганцевых сталей является недостаточной. Ремонт деталей методами сварки и наплавки используется на золотодобывающих предприятиях как в полевых условиях на приисках, так и в центральных ремонтно-механических мастерских. Для проведения ремонта применяется ручная дуговая и полуавтоматическая сварка, наплавка штучными электродами и порошковыми проволоками. Восстановление и упрочнение черпаков наплавкой производится серийно выпускаемыми и специально разработанными сварочными материалами. Используется также приварка козырька (режущей части черпака) к изношенному черпаку. Черпаковая цепь состоит из цельнолитых черпаков, изготавливаемых из марганцевой стали, а также черпаков со съемными козырьками, отлитыми из той же стали. Черпаки соединяются между собой пальцами из ковanej хромоникелевой или хромоникельмолибденовой стали. Для предохранения от повышенного износа заднее ухо черпаков армируется съемными полувтулками из высокомарганцевой стали. На черпаке имеются две группы полозков. Боковыми полозками черпак опирается на катушки черпаковых скатов и грани нижнего черпакового барабана, центральными - на грани верхнего барабана [1]. Такая конструкция черпака значительно увеличивает его долговечность.

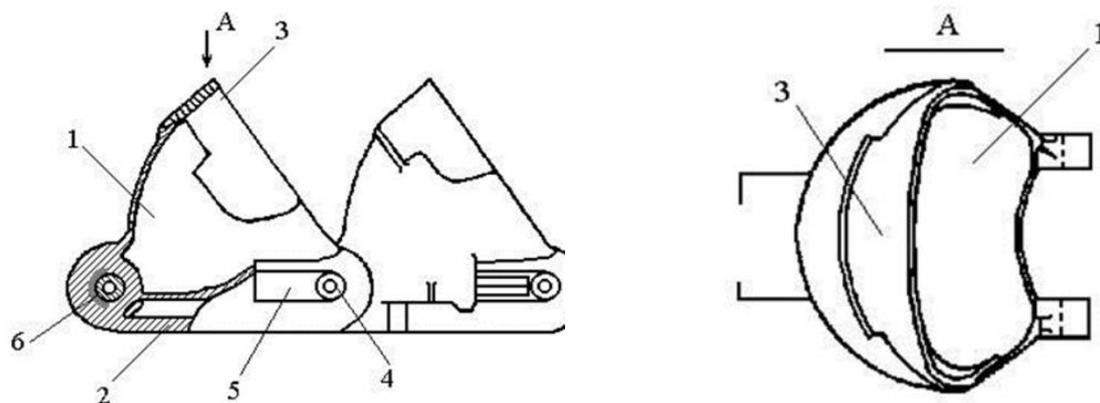
Вместимость черпака проекта драги 250Д-13 составляет 250 литров. Черпаки драги изготавливают из высокомарганцевой стали 110Г13Л. Это сталь сочетает в себе высокую прочность, пластичность, вязкость и работоспособность при низких температурах с относительно высокой износостойкостью в условиях ударных нагрузок. Попытки заменить эту сталь показали, что никакая другая сталь не поможет достаточно надежно работать в тяжелых условиях, когда проявляется способность воспринимать удары без хрупкого разрушения. На рис. 1 показана часть черпаковой цепи, где прослеживается общее устройство черпака.

<sup>1</sup> Москвитин Эдуард Прокопьевич, магистрант гр. МТМ-16 кафедры машиностроительных технологий и материалов, e-mail: moskvit.e@mail.ru

Moskvitin Eduard, undergraduate group МТМ-16 of the Department of Machine -Building Technologies and Materials, e-mail: moskvit.e@mail.ru

<sup>2</sup> Вулых Николай Валерьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, e-mail: vulix2011@yandex.ru

Vulykh Nikolai, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Machine -Building Technologies and Materials, e-mail: vulix2011@yandex.ru



**Рис. 1. Черпаковая цепь:**

**1 – кузов черпака; 2 – салазки; 3 – козырек; 4 – палец; 5 – хвостовик; 6 – полуштулки**

*Причины и виды износа черпаков драг, изготовленных из стали 110Г13Л*

Качество поверхностей деталей оказывает решающее влияние на характеристики внешнего трения, износа, развитие усталостных явлений, коррозию и другие процессы, возникающие при эксплуатации машин. Известно, что до 70 % причин выхода из строя механизмов машин связано с износом узлов трения. Трение и износ тесно связаны между собой. Износы, появляющиеся при эксплуатации черпаковой цепи и скатов, барабанов, можно разделить на естественные и аварийные [2]. Естественные износы деталей машин происходят в результате действия сил трения и определяются условиями работы деталей, качеством материала, характером обработки и др. Эти износы являются неизбежными и появляются в результате относительно длительного периода работы машины. Аварийные износы являются результатом быстро нарастающего естественного износа и нарушения нормального режима работы машины, нарушения правил технического ухода, эксплуатации и ремонта машин. Эти износы почти всегда характеризуются резкими деформациями деталей, разрушением отдельных узлов, агрегатов и всей машины.

Сталь 110Г13Л обладает низкой твёрдостью, но в то же время обладает и необычайно высокой износоустойчивостью при трении в условиях высокого давления и ударов. Это можно объяснить тем, что данная сталь обладает повышенной способностью к наклёпу.

К главным видам износа можно отнести следующие виды [2]:

1. Адгезионный износ возникает в условиях трения, когда два гладких тела скользят друг по другу и частицы материала, вырванные с одной поверхности, прилипают к другой. Этот вид износа имеет место, когда атомы контактирующих поверхностей входят в близкий контакт. На площадях контакта при скольжении поверхностей всегда существует вероятность того, что из-за адгезионных сил разрушение этого контакта происходит не по первоначальной поверхности раздела одного материала, а внутри него.

2. Абразивный износ возникает в условиях трения, когда более твёрдые шероховатые поверхности скользят по более мягким, царапают или пропахивают её, образуя свободные частицы. Абразивный износ может возникнуть и тогда, когда твёрдые частицы попадают между поверхностями фрикционной связи и изнашивают их.

3. Коррозионный износ поверхностей происходит в коррозионных средах. Коррозия постепенно проникает вглубь металлов.

4. Усталостный износ наблюдается во время многократного скольжения или качения по одним и тем же поверхностям с непрерывно повторяющимися циклами нагрузки и разгрузки.

5. Ударное изнашивание проявляется в виде образования небольших, перерастающих в более крупные трещины, которые приводят к разрушению режущих кромок черпака. Это возникает при работе на каменистых твердых грунтах.

6. Абразивно-ударное изнашивание происходит при работе на гравийно-песчаных и твердых скалистых грунтах, по недосмотру начала разрушения черпака, несвоевременной профилактике черпаковой цепи и т.д.

Наиболее интенсивно изнашивание имеют полозки каретки и режущей кромки (kozyрька). Износ полозков каретки черпака допускается до 40% первоначальной толщины; отклонение от круглости отверстий для втулок не должно превышать 7% первоначального диаметра. За 1 сезон работы происходит истирание полоз и режущих кромок, разрушение корпуса черпака. Втулки черпаковой цепи изнашиваются в среднем на 4—6 мм, пальцы — на 0,12—0,14 мм, из-за чего цепь удлиняется на 800—900 мм и, соответственно, увеличивается шлейф цепи. Чрезмерная длина шлейфа приводит к увеличению растягивающих усилий в цепи и интенсивному изнашиванию сочленений «втулка—палец» и барабанов. Кроме того, из-за несоответствия длины шлейфа цепи глубине опускания рамы

возможны сход цепи с нижнего барабана и повреждение корпуса земснаряда, что вызывает его длительный простой и значительные затраты на восстановление работоспособности [3]. Поэтому длину цепи необходимо периодически (не реже одного раза в месяц) измерять и регулировать с помощью натяжного устройства. В необходимых случаях цепь укорачивают на 1—2 черпака.

Техническое обслуживание черпаковой цепи заключается в ежесменной проверке шплинтовой черпаковых пальцев, ежедневных проверках состояния черпаков (наличия трещин) и натяжения цепи, еженедельных проверках правильности расположения цепи относительно земснаряда, измерении шлейфа и регулировке длины цепи.

При периодическом техническом обслуживании частично наплавляют козырьки черпаков, заменяют изношенные втулки и пальцы.

В процессе эксплуатации драг ремонтные простои, связанные с заменой или ремонтом черпаков, вызывают значительные потери времени. Снижается также и производительность драг за счет уменьшения объема черпаков, вызываемого значительным износом рабочих кромок.

**Задачей исследования** является увеличение срока службы черпака драги различными технологическими способами.

#### Материал и методы исследования

В качестве материала черпака использована сталь 110Г13Л. Стандартный химический состав стали: %: С=0,9-1,4; Mn=11,5-15,0; Si=0,3-1,0; S≤0,05; P≤0,12; Cr=1,0; Ni≤1; Cu≤0,3. В литом состоянии микроструктура стали – аустенит с карбидной фазой переменного состава (Fe,Mn)<sub>3</sub>C. Карбиды располагаются в основном по границам зерен. Кроме карбидов в структуре могут присутствовать перлит и тройная фосфидная эвтектика. Сталь упрочняется при холодной пластической деформации. Высокое упрочнение стали достигается из-за образования мартенсита деформации. Механические свойства стали 110Г13Л представлены в таблице [4].

**Механические свойства отливок стали 110Г13Л**

Температура испытаний, °С	Условный предел текучести, $\sigma_{0,2}$ , МПа	Прочность на растяжение, $\sigma_b$ , МПа	Относительное удлинение, $\delta$ , %	Относительное сужение, $\psi$ , %	Ударная вязкость, КСЧ, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость по Бринеллю, НВ
+20	360–380	654–830	34–53	34–43	260–350	186–229
-20					240–320	
-40					220–300	
-60					190–300	
-80					90–210	

Предел выносливости стали 110Г13Л после 10<sup>6</sup> циклов составляет 176...196 МПа.

Сталь 110Г13Л не применяется для сварных конструкций. При сварке этой стали следует учитывать следующие её особенности: обладает теплопроводностью, которая в 4...6 раз меньше, чем у других сталей. Коэффициент теплового расширения в 1,9 раз больше, чем у сталей малоуглеродистых, что влияет на вероятность появления холодных трещин в зоне термического воздействия и в наплавленном металле; есть вероятность появления и горячих трещин, так как литейная усадка стали 110Г13Л в 1,6 раз больше усадки малоуглеродистой стали [2]. Сталь 110Г13Л не чувствительна к образованию флокенов, не склонна к отпускной хрупкости.

#### Экспериментальная часть

Рассмотрим технологии ремонта рабочей части черпаков.

1. Упрочнение рабочей части черпака наплавкой электродами.

При восстановительной наплавке первоначально наплавляют режущие кромки черпаков качественными электродами, а затем износоустойчивыми электродами марки ОМГ-Н, диаметром 5 мм. Электроды для наплавки ОМГ-Н изготавливаются из специальной низколегированной проволоки с фтористо-кальциевым покрытием (1).

Э-65Х11НЗ- ОМГ –Н-Ж-НД

Е-300/33-1-Б40

ГОСТ9466-75

(1)

Наплавку выполняют в нижнем и наклонном положениях, постоянным током 100–150 А обратной полярности и предельно короткой дугой.

Наплавочным электродам ОМГ-Н присущи хорошие сварочно-технологические свойства: хорошая устойчивость горения дуги, малый коэффициент набрызгивания (около 1%), хорошее формирование наплавленного валика, неплохая отделимость шлаковой корки. Наплавленный электродами ОМГ-Н металл обладает высокой износоустойчивостью и высоким сопротивлением ударным нагрузкам, имеет умеренную склонность к образованию трещин. Наплавку рекомендуется производить при минимально возможном разогреве детали. Типичный химический состав наплавленного металла следующий: углерод около 1,0%, марганец около 0,7%, кремний около 0,26%, хром около 11,3%, ни-

кель около 2,6%, сера около 0,02%, фосфор около 0,013%. Твердость наплавленного металла (на третьем слое) составляет 25 HRC. Наплавленные детали обрабатываются только шлифованием.

2. Упрочнение рабочей части черпака электрошлаковой наплавкой.

Способ может быть использован при изготовлении или ремонте деталей, подвергающихся интенсивному износу. Осуществляют электрошлаковую наплавку рабочей части инструмента со свободным формированием слоя наплавленного металла. Производят расплавление слоя на глубину упрочнения неплавящимся электродом с использованием имеющейся шлаковой ванны. Одновременно легируют упрочняемый слой путем введения в зону расплава легирующих элементов – хрома, никеля, молибдена, церия, ванадия входящих в состав электродных материалов: 06Х19Н9Т, 06Х20Н11М3ТБ, порошковой проволоки ПП-АНВ2у и др. Упрочняемый слой поддерживают в расплавленном состоянии до получения слоя заданного химического состава и структуры. Сразу после окончания процесса формирования слоя проводят термообработку. Введение легирующих элементов можно производить за счет их электролизного осаждения путем подачи в зону расплава минеральных концентратов. Поддержание упрочняемого слоя в расплавленном состоянии в процессе легирования и непрерывность термического цикла предотвращают появление горячих и холодных трещин. Способ обеспечивает химическую однородность упрочненного слоя и его высокую износостойкость при достаточной вязкости основы.

Недостатками вышеуказанных методов наплавки являются либо низкая износостойкость металла наплавки, либо ограниченная высота наплавки (до 40 мм) при удовлетворительной износостойкости. Следствием данных недостатков является необходимость проведения ремонтных работ, связанных с наплавкой, с периодичностью 1-1,5 месяца во время промывочного сезона. Простои драги из-за высокой трудоемкости наплавочных работ вызывают серьезные потери объема добычи.

Кроме того наплавочные плановые работы, в основном, выполняют в межсезонный зимний период. Этому предшествует трудоемкая работа по снятию с рамы черпаковой цепи, так как наиболее качественная наплавка осуществляется только в нижнем положении.

3. Упрочнение козырька заливкой вставок сталью 110Г13Л.

Упрочнение козырька осуществляется путем введения стальной основы, армированной вставками из износостойкого чугуна марки ЧХ22. Вставки, представляющие собой зубья черпака, выполнены в виде штырей диаметром 13–25 мм, длиной 53–160 мм. Они расположены равномерно по длине режущей кромки черпака с шагом 19,5–75 мм.

Черпак состоит из основы 1, выполненный из стали 110Г13Л и вставок 2 цилиндрической формы на козырьке, отлитых из износостойкого чугуна, с элементами крепления (рис. 2). Готовые вставки 1 с элементами крепления 2 устанавливаются в литейную форму черпака (рис. 3).

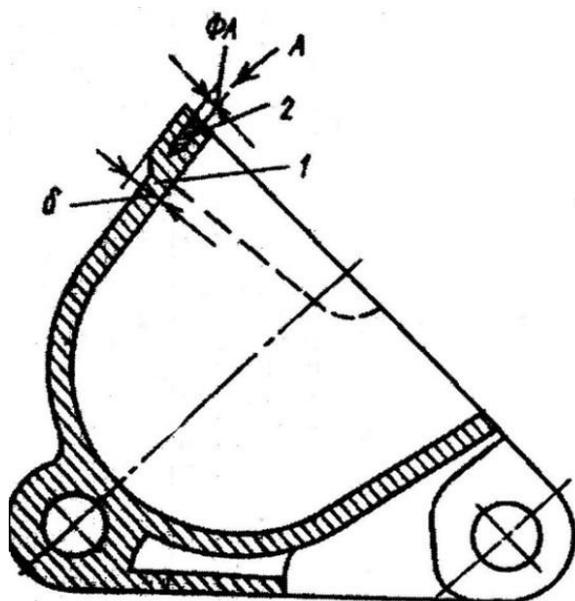


Рис. 2. Литой черпак:  
1 – основа; 2 – вставки

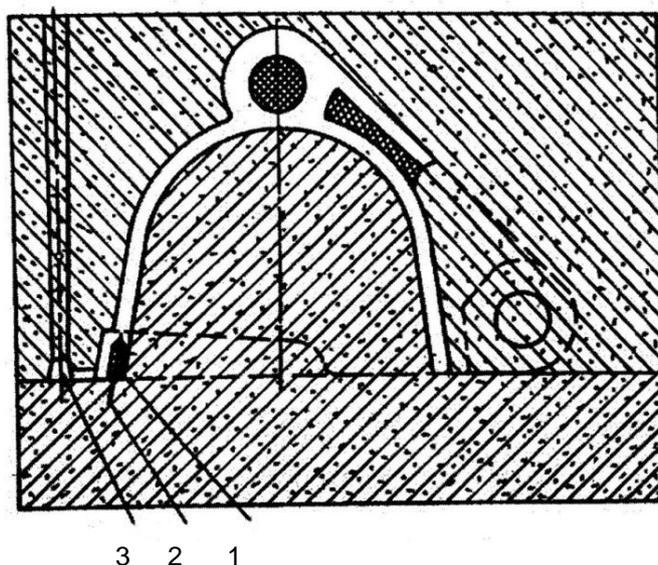


Рис. 3. Литейная форма черпака:  
1 – готовые вставки; 2 – элементы крепления;  
3 – литейная система

Собранная литейная форма со вставками заливается через литниковую систему 3 сталью 110Г13Л (см. рис. 3). После затвердевания и очистки отливки черпак подвергается закалке: нагрев до 1100 °С, затем охлаждается в воде. Твердость вставок после закалки составляет 58–60 HRC, а у основы – 207 НВ.

Вставки черпака, изготовленные из износостойкого чугуна и проставленные по рабочей кромке, способны защитить от износа стальную основу. Приведенная технология упрочнения черпака позволяет сочетать в себе высокую прочность и ударную вязкость, присущие стали 110Г13Л, с высокой износостойкостью, присущей износостойким чугунам.

Черпаки драги, изготовленные по данной технологии, имеют повышенный срок службы, и как следствие, снижаются затраты на ремонт и восстановление черпаков, уменьшаются простои драги в период сезона.

Недостатком данного способа является высокая трудоемкость работ, а также возможность появления неоднородности литого металла по химическому составу.

В настоящее время с целью увеличения срока службы черпаков исследуют перспективный способ повышения износостойкости стали 110Г13Л за счет насыщения рабочей поверхности карбидами титана. Введение титана измельчает структуру стали при первичной кристаллизации, устраняет столбчатое строение отливок, повышает твердость и износостойкость. Однако титан плохо растворяется в цементите и имеет склонность к образованию собственных карбидов. Лабораторные исследования данной задачи изложены в [5-7].

### **Заключение**

Для увеличения износостойкости стали 110Г13Л, и как следствие повышение срока службы изделий, рассмотрены две технологии наплавки рабочей зоны черпака драги, а также технология заливки рабочих вставок из чугуна ЧХ22 сталью 110Г13Л. Показаны достоинства и недостатки вышерассмотренных методов.

### **Библиографический список**

1. Меркулова Г.А. Материаловедение и термическая обработка цветных сплавов: учеб. пособие. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2008. 312 с.
2. Черняк С.С., Бройдо В.Л. Повышение эксплуатационной стойкости конструкций и деталей горных машин для работы в условиях Севера. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2001. 353 с.
3. Арзамасов Б.Н., Мухина Г.Г. Материаловедение. М.: Из-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 646 с.
4. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение. М.: ИД «Альянс», 2009. 528 с.
5. Бройдо В.Л. Технология сварки при изготовлении, ремонте и восстановлении крупных отливок из высокомарганцевых сталей // Сварочное производство. 2014. № 8. С. 44–48.
6. Бройдо В.Л., Черняк С.С. Комплексная технология восстановления черпаков драг // Вестник ИргТУ. 2016. № 11 (118). С. 184–193.
7. Бройдо В.Л., Москвитин Э.П. Насыщение стали 110Г13Л карбидами титана: материалы VII Всеросс. науч.-техн. конф. с междунар. участием «Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации)». Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2017. С. 276–283.