

УДК 621.927:69.059.4

П. Н. Каричковский, И. О. Шинский, Л. М. Клименко (ФТИМС НАНУ)

**Способы повышения технического ресурса, эксплуатационной надежности рабочих органов дробильно-размольного оборудования**

**Э**ксплуатационная надежность, долговечность механизмов, машин и оборудования являются важнейшими эксплуатационными характеристиками и имеют огромное экономическое и народнохозяйственное значение. С их повышением улучшаются безопасность, стабильность работы оборудования, уменьшаются расходы на техническое обслуживание, ремонтные работы, возрастают производительность труда и качество выпускаемой продукции, экономия энергоресурсов и материалов.

В большинстве случаев на надежность, долговечность машин и оборудования решающее значение оказывает износ рабочих поверхностей тяжело нагруженных деталей рабочих органов машин и оборудования. Известно, что изнашивание обусловлено сложными механическими, теплофизическими и химическими процессами на поверхностях деталей в условиях контакта их друг с другом или изнашивающей внешней средой. Интенсивность этих процессов, в значительной мере, зависит от структуры поверхности и условий работы деталей. Структура и свойства поверхностных слоев металла в процессе эксплуатации, изнашивания под воздействием деформирующих усилий, тепла, выделяющегося в процессе трения, химических и других процессов отличны от исходного состояния.

Представлены основные пути повышения технического ресурса, эксплуатационной надежности рабочих органов дробильно-размольного оборудования, работающих в условиях значительных ударно-динамических нагрузок и интенсивного изнашивания. Показано, что наиболее эффективным направлением повышения износостойкости, эксплуатационной надежности, технического ресурса рабочих органов дробильно-размольного оборудования является усовершенствование конструкции, оптимизация технических параметров биметаллических отливок с одновременным применением износостойких материалов. Приведены эксплуатационные характеристики рабочих органов дробильно-размольных машин

По материалам работы [1] в поверхностных слоях деталей из марганцовистых и хромомарганцовистых

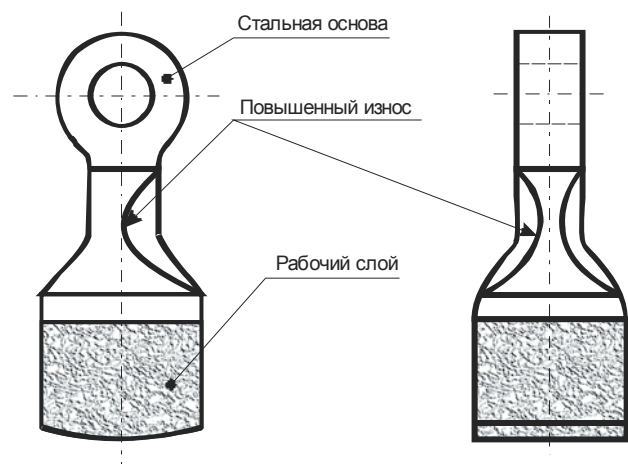
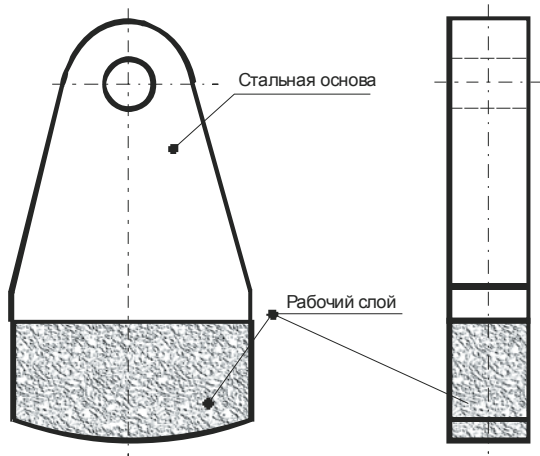


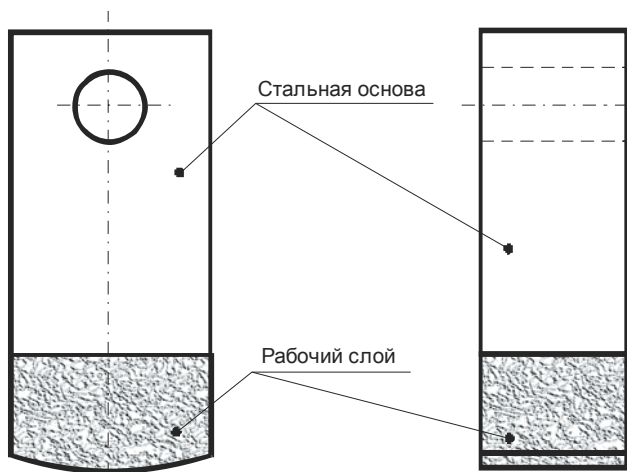
Рис. 1. Молоток исходной серийной конструкции



**Рис. 2.** Молоток с усиленной стальной конструкционной основой

сталей, подвергающихся изнашиванию, возникают внутренние напряжения, способствующие образованию микро- и макротрещин. В процессе нагревания значительно усиливаются физико-химические реакции (фазовые превращения, окисление, оплавление и другие) на поверхностях деталей, особенно в условиях высоких давлений, скоростей, интенсивного потока абразивных материалов.

Абразивное истирание поверхностей деталей машин и механизмов осуществляется мелкими твердыми частицами, перемещающимися с определенной скоростью относительно этих поверхностей и ударяющимися о них с различной силой под углами атаки от 0 до 90°. Сопротивление поверхности деталей абразивному изнашиванию в значительной мере определяется их твердостью. Поэтому для таких деталей необходимо применять материалы, в структуре которых содержится достаточно твердых, термодинамически устойчивых составляющих на основе карбидов. Изнашивание многих деталей и составных частей машин при их эксплуатации является неизбежным процессом, однако, в ряде случаев интенсивность процесса изнашивания поверхностей деталей чрезвы-



**Рис. 3.** Молоток с усиленной стальной конструкционной основой

чайно высока. К числу таких деталей относятся рабочие органы дробильно-размольного оборудования ударно-отражательного, центробежно-ударного и молоткового типов, предназначенные для дробления гранита, базальта, клинкера, кварцита, стекла, известняка, перлита, гипсового камня и другого минерального сырья в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания. Недостаточные износостойкость и долговечность деталей, значительные затраты на их восстановление снижают экономическую эффективность, надежность и долговечность машин и оборудования, приводя к возрастанию безвозвратных потерь металла и, как следствие, вынуждают иногда отказываться от применения указанных типов оборудования ударного действия. Вместе с тем, спрос на продукты переработки природных минералов во многих отраслях промышленности постоянно возрастает. Так, для строительства современных автомобильных дорог и скоростных железнодорожных линий по новым технологиям ежегодно требуется более 6 млн. т кубовидного щебня. С этой целью только за последние два года на территории Винницкой, Житомирской, Ровенской, Черновицкой и других областей Украины введены в эксплуатацию более 20-ти дробильных агрегатов, способных перерабатывать около 2 млн. т гранита и базальта в год на кубовидный.

Таким образом, проблема повышения износостойкости материалов, увеличения технического ресурса деталей машин и оборудования, работающих в условиях активного изнашивания при значительных динамических нагрузках, сокращения безвозвратных потерь металла, снижения расхода высоколегированных дорогостоящих сплавов является одной из наиболее актуальных в Украине и мире на сегодняшний день. По данным статей [2, 3] следует, что перспективным направлением решения указанной проблемы является использование биметаллических отливок, обладающих уникальным комплексом свойств, дифференцированных по объему и поверхности изделий. Благодаря оптимальному сочетанию физико-механических, технологических и эксплуатационных характеристик, биметаллические отливки нашли широкое применение в горно-металлургическом производстве, нефтехимической, цементной промышленности, энергетическом и сельскохозяйственном машиностроении, строительной индустрии и других отраслях.

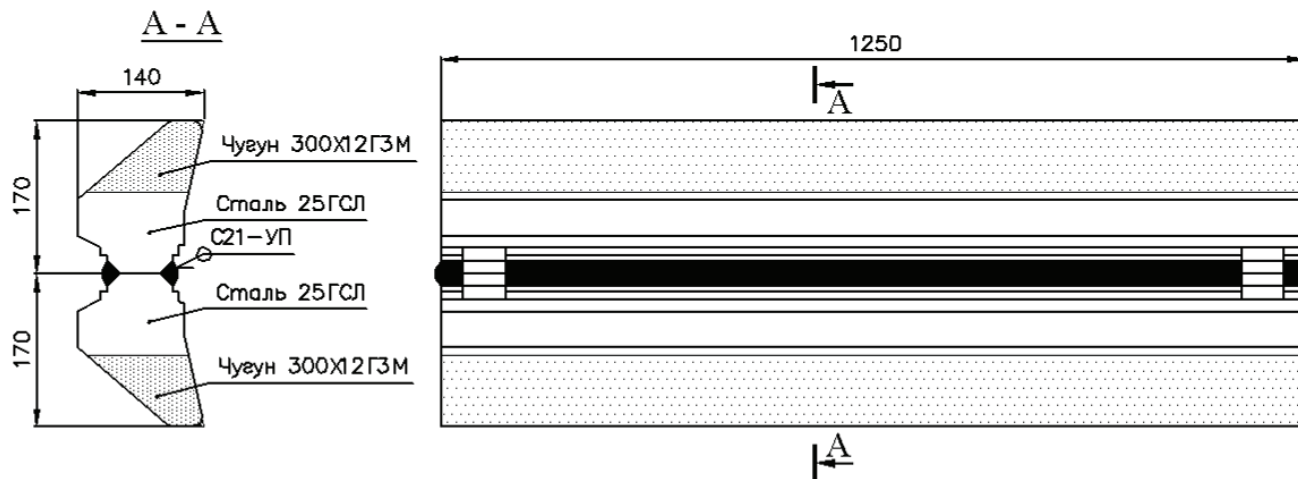
Однако в ряде случаев использование биметаллических отливок при комплектации ими рабочих органов взамен монометаллических из марганцовистой стали (рис. 1) имело эксплуатационные недостатки из-за преждевременного износа конструкционной стальной основы, изго-

Таблица

Эксплуатационные характеристики рабочих органов дробильно-размольных машин, работающих в условиях абразивного и ударно-абразивного изнашивания

Наименование рабочих органов	Технический ресурс серийных рабочих органов		Интенсивность изнашивания серийных рабочих органов, г/т продукции	Технический ресурс биметаллических отливок		Интенсивность изнашивания биметаллических отливок, г/т продукции	Примечание
	материал	часов		биметаллическая пара	часов		
Била углеразмольных мельниц тепловых электростанций	сталь 110Г13Л	987	330	сталь 25Л – чугун ЧХ16М2	2962	110	
	сталь 70ХЛ	1538	209				
	сталь 25Л – напл. Т-590	1851	176				
Лопатки мельниц-вентиляторов	сталь 09Г2С – ППАН - 170	2000	149	сталь 09Г2С – чугун ЧХ16М2	6500	46	
	сталь 09Г2С – напл. Т-590	2600	115				
Червячные втулки линий сушки и выделения синтетического чугуна	сталь 12Х18Н9Т – напл. ЦНЧ	4700	–	сталь 12Х18Н10Т – стеллит	9500	–	
Линейки прокатных станов	сталь 20Х2ГМРСЛ – напл. Т-590	1000	–	сталь 20Х2ГМРСЛ – бидулоид	1400	–	
Молотки дробилок типа КС-75	сталь 110Г13Л	1500	11,32	сталь 25Л – чугун 300Х20М2	6448	2,64	при дроблении клинкера
Молотки дробилок типа ММТ 1300/2030/ 735МШ	сталь 110Г13Л	1160	7,90	сталь 25Л – чугун 300Х12Г3М	2900	3,17	при дроблении гипсового камня
Молотки дробилок типа СМД-15	сталь 110Г13Л	620	15,36	сталь 35ХГСЛ – чугун 300Х12Г3М	2500	3,84	при дроблении перлита
Била роторных дробилок Р1000х500	сталь 110Г13Л	480	15,66	сталь 20Л – чугун 300Х12Г3М	1440	5,22	при дроблении гранита
Била роторных дробилок Р1500х500	сталь 110Г13Л	385	16,54	сталь 35Л – чугун 300Х12Г3М	1080	5,91	
Била роторных дробилок ДР1500х1000	сталь 110Г13Л	288	18,30	сталь 35Л – чугун 300Х12Г3М	720	7,32	
Реверсивные била роторных дробилок Н-С1-130-125LT	сталь 125Г18Х2МНА	189	8,64	чугун 300Х20М2 – сталь 25ГСЛ – чугун 300Х20М2	756	2,16	
Отбойные плиты роторных дробилок Н-С1-130-125LT	сталь 38Х3МЛ	285	11,34	сталь 25Л – чугун 300Х12Г3М	1200	2,70	
Футеровочные плиты роторных дробилок Н-С1-130-125LT	сталь 38Х3МЛ	373	10,71	сталь 20Л – чугун 300Х12Г3М	1680	2,38	
Отбойные плиты роторных дробилок ОДВ 1050х1000	сталь 110Г13Л	274	22,68	сталь 30Л – чугун 300Х12Г5	960	6,48	
Реверсивные била роторных дробилок SBM	сталь 110Г13Л	86	9,40	чугун 300Х20М2 – сталь 25Л – чугун 300Х20М2	275	2,94	при дроблении базальта
Мукомольные вальцы	белый чугун – серый чугун*	9667	0,0108	чугун 350ХН2 – чугун СЧ 20	14500	0,0072	

\* – сплавы, применяемые фирмой «BUHLER»



**Рис. 4.** Било ударное литосварной биметаллической конструкции

товленной из обыкновенной литой стали. При этом технический ресурс был увеличен в 2 раза, а износостойкий рабочий слой имел незначительный износ и был пригодным для дальнейшей эксплуатации. С целью дальнейшего увеличения срока службы рабочих органов выполнена оптимизация геометрических размеров биметаллических отливок (рис. 1) и замена их на рабочие органы с усиленной стальной конструкционной основой (рис. 2, 3).

Также нецелесообразным является использование биметаллических отливок вследствие особенностей конструкций, больших габаритных размеров и сложной конфигурации деталей, затрудненного монтажа и замены рабочих органов. К таким деталям, в частности, относятся реверсивные ударные била роторных дробилок, крупногабаритные рабочие органы молотковых дробилок, шнеки флотационных обогатительных агрегатов и др. Указанные группы изделий согласно данной статьи [4] наиболее рационально изготавливать в виде литосварных биметаллических конструкций, которые представляют собой соединение биметаллических отливок с монометаллической конструкционной основой или биметаллических отливок между собой при помощи сваривания и полностью воспроизводят геометрические размеры и конфигурацию рабочих органов оборудования (рис. 4).

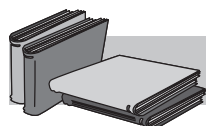
Промышленная эксплуатация рабочих органов в составе дробильно-размольных машин, результаты которой отражены в таблице, засвидетельствовала повышенную износостойкость, эксплуатационную надежность, долговечность рабочих органов, изготовленных из усиленных биметаллических отливок с оптимальными конструктивными параметрами, литосварных биметаллических конструк-

ций по сравнению с рабочими органами, изготовленными из монометаллической марганцовистой стали.

Таким образом, наиболее эффективным приемом повышения износостойкости, эксплуатационной надежности, технического ресурса рабочих органов дробильно-размольного оборудования является усовершенствование конструкции, оптимизация технических параметров биметаллических отливок с одновременным применением износостойких материалов для рабочего слоя.

### Выводы

Применение усиленных биметаллических отливок с оптимальными конструктивными параметрами, литосварных биметаллических конструкций позволяет существенно увеличить (в 2-4 раза) технический ресурс рабочих органов, надежность дробильно-размольного оборудования, сократить расход высоколегированных сплавов, обеспечить возможность многократной замены изношенных рабочих частей при длительном использовании конструкционной основы и, таким образом, повысить эффективность использования металла, значительно снизить затраты при дроблении и других видах подготовки минерального сырья, повысить конкурентоспособность оборудования на отечественном и мировом рынках. Производственные испытания опытных литосварных биметаллических конструкций реверсивных ударных бил роторной дробилки Н-С1-130-125LT в условиях ООО «Селищанский гранитный карьер» и дробилки SBM (Австрия) в условиях ОАО «Рафаловский карьер» засвидетельствовали повышение технического ресурса в 3,2 раза. Результаты производственных испытаний подтверждены соответствующими актами испытаний.



## ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков А. А., Сильман Г. И., Фрольцов М. С. Износостойкие отливки из комплекснолегированных белых чугунов. – М.: Машиностроение, 1984. – С. 4-5.

2. Костенко Г. Д., Пеликан О. А., Болгар С. А., Костенко Д. Г. Износостойкие биметаллические отливки на основе сплавов железа // Металл и литье Украины. – 1998. – № 9-10. – С. 30-33.

3. Исследование физико-химических процессов при формировании биметаллических отливок на основе железоуглеродистых сплавов / Г. Д. Костенко, Л. М. Диук, Д. Г. Костенко, О. А. Пеликан, С. А. Болгар, Л. М. Клименко. – Процессы литья. – 2006. – № 3. – С. 37-41.

4. Технологические основы получения крупногабаритных литосварных биметаллических конструкций / И. О. Шинский, О. А. Пеликан, В. В. Ширяев, П. Н. Каричковский, Ю. Н. Романенко. – Литейн. пр-во. – 2008. – № 9. – С. 4-7.

## Summary

P. Karychkovsky, I. Shynsky, L. Klymenko

### Methods of increasing of the technical resource, operation reliability of the working parts of crushing-and-milling equipment

The main ways of increasing of technical resource, operation reliability of the working parts of crushing-and-milling equipment working in the conditions of considerable impact-dynamic loadings and intensive wear. It is shown that the most effective direction of increase of wear resistance, operation reliability, technical resource of the working parts of crushing-and-milling equipment is a construction improvement, optimization of the technical parameters of the bimetallic castings with simultaneous application of wear resistant materials. The operational characteristics of the working parts of crushing-and-milling machines are given.

## Анотація

П. М. Каричковський, І. О. Шинський, Л. М. Клименко

### Способи підвищення технічного ресурсу, експлуатаційної надійності робочих органів дробильно-розмелювального обладнання

Представлено основні шляхи підвищення технічного ресурсу, експлуатаційної надійності робочих органів дробильно-розмелювального обладнання, що працює в умовах значних ударно-динамічних навантажень та інтенсивного зношування. Показано, що найбільш ефективним напрямком підвищення зносостійкості, експлуатаційної надійності, технічного ресурсу робочих органів дробильно-розмелювального обладнання є вдосконалення конструкції, оптимізація технічних параметрів біметалевих виливків з одночасним застосуванням зносостійких матеріалів. Наведено експлуатаційні характеристики робочих органів дробильно-розмелювальних машин.

## Ключевые слова

Биметаллические отливки, технический ресурс, эксплуатационная надежность

УДК 669.111.2:53.083.8

**А. И. Шевченко, А. В. Наривский** (ФТИМС НАНУ)

## Метод неразрушающего контроля формы графита в изделиях из чугуна

Теплофизические свойства изделий из чугуна зависят от состава и структуры литого металла. Известно, что теплоемкость отбеленного чугуна выше, чем железа. Объясняется это наличием в чугуне карбида железа с более высокой теплоемкостью [1]. Большое влияние на теплоемкость чугунов оказывает также степень их графитизации.

Теплопроводность чугунов существенно зависит от формы графита. Химический состав и структура мало влияют на теплопроводность чугуна с шаровидным или вермикулярным графитом

Представлены контактный метод и прибор для определения формы графита в чугунах

том (рис. 1) [1, 2]. Это подтверждается тем, что на величину коэффициента тепловой активности  $\alpha$  таких чугунов основное влияние оказывает теплопроводность, а не их удельная теплоемкость и плотность, которые входят в уравнение

$$\alpha = \lambda c \rho, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ ;  $c$  – удельная теплоемкость,  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$ ;  $\rho$  – плотность материала,  $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ .