

ЛИТЫЕ ЧУГУННЫЕ МЕЛЮЩИЕ ТЕЛА ЭЛЛИпсоИДНОЙ  
ФОРМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ РЕСУРСО- И  
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ИЗМЕЛЬЧЕНИИ СЫРЬЯ И  
МАТЕРИАЛОВ

В.А. Игнатов, А.А.Пахомов, А.А. Троянский, В.Л. Жук,  
А.И. Туяхов, А.И.Ярмоленко, А.Н.Соболев  
ОАО «Макеевский труболитейный завод», ДНТУ

*У статті викладені результати досліджень застосування мелючих тіл із чавуну удосконаленої форми у вигляді еліпсоїдів, які вживаються у гірничорудній промисловості для дрібнення залізородних матеріалів. Показано їх переваги у порівнянні з катаними та литими кулями по собівартості виготовлення та ефективності дріблення матеріалів при однакових умовах експлуатації на діючому обладнанні.*

В горнорудной, цементной, энергетической, керамической и других областях промышленности во всем мире ежегодно измельчается более двух миллиардов тонн сырья, при этом на Украине - более 70 млн. тонн.

Одним из основных видов оборудования для измельчения сырья используются мельницы барабанного типа, в которых измельчающими телами являются, в зависимости от стадии измельчения и вида измельчаемого сырья, катаные, кованые или штампованные стальные стержни, шары, цельпечсы или литые мелющие тела шаровидной, параболоидной или эллипсоидной формы. До 30 % от общих затрат на измельчение сырья и материалов приходится на долю мелющих тел. От формы, материала, способа изготовления и размеров мелющих тел зависят параметры работы мельниц и их производительность.

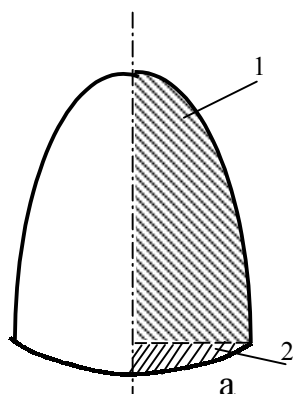
В промышленно развитых зарубежных странах (США, Англия, Германия, Франция и др.) от 20 до 35% общего объема производства мелющих тел составляют литые из нелегированного и легированного различных по химическому составу чугунов литьем в песчано-глинистые, металлические или комбинированные формы [1, 2].

Исторически сложилось представление, что наиболее рациональной и эффективной формой мелющего тела для измельчения материалов различной крупности является шар. В то же время установлено [3], что в процессе эксплуатации мелющих тел различной формы они после определенного периода приработки в

мельнице по форме приближаются к эллипсоидной. Такая форма обеспечивает более эффективный процесс измельчения сырья из-за большой контактной поверхности соприкосновения между измельчаемым продуктом и мелющим телом. Поэтому в последние годы для измельчения сырья и материалов в различных отраслях промышленности все чаще стали применять мелющие тела эллипсоидной и другой формы, отличной от шара, отливаемые из чугуна.

В странах СНГ ведущим и самым крупным изготовителем литых чугунных мелющих тел является ОАО «Макеевский труболитейный завод» (МТЗ) [1]. В настоящее время МТЗ специализируется на производстве мелющих тел эллипсоидной формы одиннадцати типоразмеров и шаров диаметром 40 и 60 мм из белого чугуна с отливкой в кокили на машинах конвейерного типа и шаролитейной кокильной машине соответственно. Предприятием совместно с УкрНИИМет, Донецким национальным техническим университетом (ДонНТУ), предприятиями энергетической и горнорудной промышленности разрабатываются технологии и оборудование для производства литых мелющих тел из нелегированного и легированного чугунов эллипсоидной формы с повышенными эксплуатационными характеристиками. Так, МТЗ совместно с УкрНИИМет была разработана новая форма мелющего тела [4], состоящая из двух сопряженных основаниями частей, одна из которых выполнена с эллипсоидной поверхностью в виде полуэллипсоида, а другая, сопряженная с основанием полуэллипсоида, выполнена со сферической поверхностью, центр которой расположен в вершине полуэллипсоида (рис. 1). Такая форма мелющего тела, в которой все поверхности являются криволинейными, дополнительно увеличивает площадь поверхности новой формы по сравнению с шаровидной и эллипсоидной формами при одинаковой массе. Так, например, при массе мелющего тела 0,8 кг, поверхность тела новой формы на 28% больше, чем шаровой и на 8% больше, чем гиперболической формы.

Мелющие тела новой формы и обычной (для сравнения) одинаковых типоразмеров у основания были отлиты из чугуна с содержанием 2,8 – 3,6 % углерода и 1,2 – 1,8 % кремния в кокиль и испытаны на ударостойкость в условиях опытного завода УкрНИИМет. Мелющие тела новой формы по сравнению с обычными имели ударостойкость в 2 – 3 раза большую, что было обусловлено снижением литых дефектов и концентраторов напряжения по поверхности.



а – схема мелющего тела:

1 – эллипсоидная поверхность; 2 – сферическая поверхность;

б – внешний вид мелющего тела

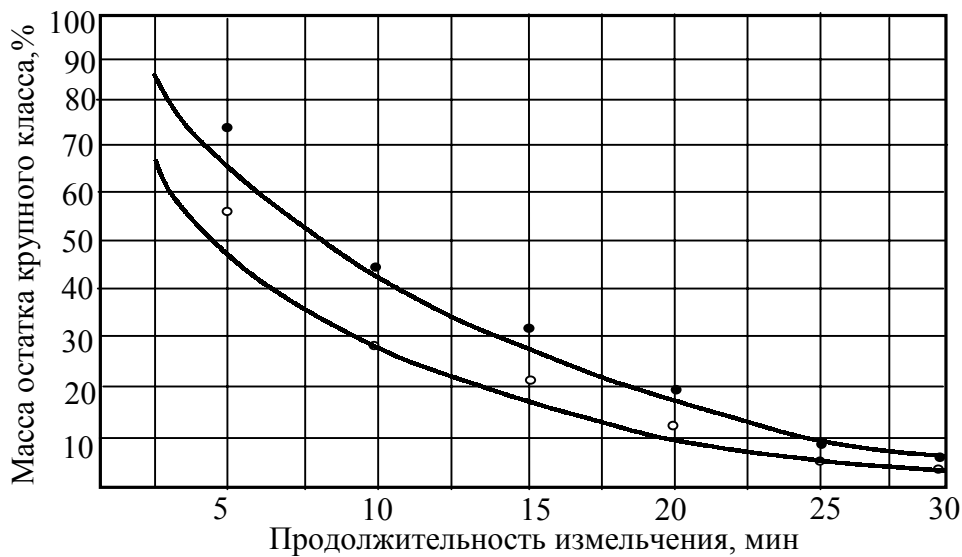
Рисунок 1– Мелющее тело эллипсоидной формы со сферическим основанием

В лабораторных условиях проведены экспериментальные исследования по определению влияния формы мелющих тел шаровидной и эллипсоидной формы на кинетику изменения фракционного состава измельчаемого материала. В шаровой мельнице полупромышленного типа измельчали железную руду класса 22 фракции 3 – 6 мм с использованием литых чугуновых эллипсоидов с диаметром основания 60 мм и литых чугуновых шаров диаметром 60 мм при одинаковой массе этих тел. В процессе измельчения железной руды отбирались пробы измельченного материала массой 0,1 кг через каждые 5 минут и определялась масса оставшейся, не подвергшейся измельчению, фракции 3 – 6 мм. Как показали исследования, убыль крупной фракции 3-6 мм при измельчении железной руды мелющими телами эллипсоидной формы происходит интенсивнее по сравнению с использованием тел шаровидной формы (рис. 2). Проведенные сравнительные испытания показали бóльшую эффективность качества помола мелющими телами эллипсоидной формы.

Промышленные испытания мелющих тел эллипсоидной формы типа ЭЧТ9-Н, изготовленные на МТЗ по техническим условиям У14-2-1258-2000, проводились на ОАО «Северный горно-обогатительный комбинат».

Целью испытаний являлось определение сравнительной износостойкости мелющих тел указанного типа по сравнению со стальными катанными мелющими шарами диаметром 60 мм из углеродистой рельсовой стали.

Сравнительные промышленные испытания проводились в условиях действующей рудо-обогатительной фабрики на железной руде текущей добычи на двух однотипных мельницах, в одну из



- - мелющие тела эллипсоидной формы;
- ° - мелющие тела шаровой формы

Рисунок 2 – Кинетика уменьшения доли крупного класса 3–6мм при измельчении железной руды на полупромышленной установке

которых были загружены стальные шары, а в другую – чугунные эллипсоиды. В ходе промышленных испытаний на сравнительных мельницах были выдержаны сопоставимые коэффициенты их заполнения в каждой стадии мелющими телами, производительность мельниц по исходному питанию, режимные параметры технологии и работающего оборудования. Степень заполнения объема мельниц телами опытно-промышленной партии составляла для шаров в среднем 37,7%, для эллипсоидов – 33,9%.

Результаты промышленных испытаний приведены в таблице 1.

Промышленными испытаниями установлено, что при практически равных исходных сопоставимых параметрах выход фракции железной руды – 0,05 мм во второй стадии измельчения на 4,6% выше в мельнице, загруженной мелющими телами эллипсоидной формы типа ЭЧТ9-Н по сравнению с мельницей, загруженной стальными шарами. Удельный расход мелющих тел эллипсоидной формы на 1 тонну руды и концентрата был выше на 8% в сравнении со стальными шарами. Ухудшения в работе мельницы, загруженной чугунными мелющими телами типа ЭЧТ9-Н, не установлено.

Таким образом, использование чугунных литых мелющих тел эллипсоидной формы взамен стальных катаных из углеродистой рельсовой стали в шаровых мельницах во второй стадии измельчения железной руды позволил увеличить количество мелкой фракции материала. Кроме того, стоимость чугунных литых мелющих тел в

сравнении с катаными стальными на 10 – 15% ниже.

Таблица 1 – Результаты испытаний на Сев ГоКе

Показатели	Единицы измерения	Тип измельчающих мелющих тел	
		шары	эллипсоиды
Материал		Сталь	Чугун
Твердость по Бринелю	НВ	375 - -570	415 – 510
Плотность	кг/см <sup>3</sup>	7,80	7,32
Насыпной вес -неизношенных до загрузки мельницы	т/м <sup>3</sup>	4,7	4,5
-изношенных внутри мельницы	т/м <sup>3</sup>	4,7	4,5
Площадь поверхности тела	см <sup>2</sup>	113,04	128,7
Диаметр мельницы	мм	3360	3360
Объем мельницы	м <sup>3</sup>	49	49
Скорость вращения	об/мин	18,5	18,5
Содержание кл. – 50 мкм в разгрузке мельницы			
- минимальное	%	35,6	45,3
- максимальное	%	57,6	58,3
- среднее	%	44,8	49,4
Вес измельчающих тел на период окончания испытаний	т	62,92	68,58
Расход мелющих тел на период испытаний	т	97,98	137,07
Удельный расход мелющих тел:			
- на 1 т руды	кг/т	0,439	0,477
- на 1 т концентрата	кг/т	1,167	1,269

Экономический эффект от использования чугунных литых мелющих тел вместо катаных стальных шаров составил 350 гривен на каждой тонне используемых мелющих тел.

## Литература

1. Игнатов В.А., Смирнов И.Х., Станиловский Г.Б., Солёный В.К. Использование чугунных литых мелющих тел – один из путей повышения эффективности производства// Металлургическая и горнорудная промышленность. –1997. - №4. –С.75-77.
2. Лифшиц М.И., Семенов О.Г., Сморгачев И.В. Повышение производительности промышленных мельниц в горнорудной промышленности. Науч. тр. МИСИС, т.38. –1988. –С.16-18.

3. Несвижский О.А. Производство мелющих тел для шаровых мельниц. – М.: Машгиз. – 1961. –149 с.
4. Станиловський Г.Б., Ігнатов В.О., Соболев О.Н. та інші. Патент на винахід, Україна, №17861, 03.12.96: Мелюче тіло.