ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВНУТРЕННЕЙ БРОНИ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ ДЛЯ КАМНЯ И ПОВЫШЕНИЕ Е ЭФФЕКТИВНОСТИ

К.Косимов
Д.Зухриддинов
Андижанский государственный технический институт

М.Мансуров
О.Тошпўлатов
Наманганский государственный технический университет
E-mail: mtmansurov@gmail.com
https://doi.org/10.5281/zenodo.23261570

Аннотация. В данной статье проанализированы проблемы, связанные с износом рабочих органов конусных дробилок для камня, в частности футеровки внутреннего конуса, и их влияние на эффективность процесса дробления. Предложено изготовление брони внутреннего конуса в виде сборной конструкции, состоящей из 16 сегментов, а также выполнение стыковочных кромок сегментов Z-образной формы. Геометрическое свойство самоблокировки Z-образного соединения позволяет снизить относительное смещение сегментов и оптимально распределить нагрузку на сварные швы. Проанализирован угол стыка сегментов в диапазоне 45–60°, и обосновано уменьшение сдвигающего усилия, действующего на сегменты, при угле 60°. Также разработана методика своевременной регулировки разгрузочной щели с учетом износа футеровки и её изменения. Технико-экономические показатели усовершенствованной дробилки сопоставлены с существующей конструкцией. В результате установлено увеличение производительности на 15,3%, повышение рабочего ресурса футеровки внутреннего конуса на 57,1%, снижение удельного расхода электроэнергии на 12,4% и сокращение времени простоев из-за ремонта на 100 часов в год.

Ключевые слова: конусная дробилка, внутренний конус, броня, футеровка, Z-образное соединение, сегмент, износ, камера дробления, разгрузочная щель, КСД-900, щебень.

Введение

При производстве нерудных строительных материалов, в том числе щебня, важное значение имеют производительность и надежность дробильного оборудования. По причине того, что дробильно-сортировочные комплексы работают в условиях высоких динамических нагрузок, абразивного трения и периодических ударных воздействий, их рабочие органы быстро изнашиваются. В результате увеличивается время, затрачиваемое на ремонт и замену футеровок, и снижается эффективность производства.

Одним из наиболее изнашиваемых элементов в конусных дробилках является футеровка внутреннего и наружного конусов. Из-за неравномерности износа традиционной сплошной брони даже в случае непригодности к работе лишь отдельной её части требуется замена всей футеровки. Это приводит к увеличению расхода запасных частей и времени ремонта.

Основная цель исследования — повышение рабочего ресурса и эффективности процесса дробления путем усовершенствования конструкции внутреннего конуса конусной дробилки для камня.

Методы исследования

В предлагаемой конструкции броневая часть внутреннего конуса разделена на 16 вертикальных сегментов. Боковые кромки сегментов выполнены Z-образной формы и соединены сваркой через фаску под углом 60°. Такая конструкция позволяет осуществлять отдельную замену изношенного сегмента.

Основным преимуществом сегментированной конструкции является возможность замены только наиболее изношенных частей в условиях неравномерного распределения нагрузки по камере дробления. Кроме того, транспортировка и монтаж 16 небольших сегментов удобнее по сравнению со сплошной броней.

Однако в сегментной конструкции могут возникать такие проблемы, как стыковые швы, зазор между сегментами и их взаимное смещение. По этой причине предложено выполнять кромки сегментов Z-образной формы. Данное решение обеспечивает геометрическую самоблокировку сегментов и ограничивает относительное смещение при динамических нагрузках.

Одним из важных параметров Z-образного стыка является угол наклона фаски. В материалах исследования для дробления горных пород средней твердости оптимальным указан диапазон $2\alpha=45–60°$. При угле 60° размер и прочность сварного шва выше, а сила, сдвигающая сегменты относительно друг друга, уменьшается. Расчеты показали, что увеличение угла с 45° до 60° снижает сдвигающее усилие, действующее на сегмент, до 30%.

При размещении сегментов также учитывается направление вращения конуса дробилки. При этом Z-образные кромки располагаются по принципу «инерционной блокировки», обеспечивая распределение касательных сил, возникающих в процессе дробления, по сегментам и снижение степени усталости сварных швов.

Износ футеровки и регулировка разгрузочной щели

В результате износа футеровки в конусной дробилке изменяются геометрические параметры камеры дробления и расширяется разгрузочная щель. Это приводит к увеличению доли фракций, превышающих требуемый максимальный размер в составе готового щебня.

При оценке износа футеровки можно использовать показатели линейного и массового износа. Линейный износ определяется по уменьшению толщины брони, а массовый износ — по разности масс новой и использованной брони. Скорость износа оценивается по отношению ко времени или объему произведенной продукции.

В исследовании предложено определять срок службы футеровки на основе допустимой толщины износа и средней скорости линейного износа. На износ влияют абразивность горной породы, степень дробления, влажность, степень загрузки и режим работы дробилки.

Для стабильного сохранения качества продукции необходимо регулировать разгрузочную щель в зависимости от износа футеровки. В исследовании принят критерий проведения регулировки при достижении доли крупной фракции 10%. Общий ресурс футеровки ограничен её износом до 70% от первоначальной толщины.

В приведенном примере расчета для дробилки КСД-900 общая толщина новых футеровок принята равной 117 мм, толщина на пределе замены — 35 мм, а начальная разгрузочная щель — 15 мм. Установлена необходимость регулировки разгрузочной щели при достижении 18 мм по максимально допустимой фракции продукта. При этом интервал регулировки составляет 3 мм.

Результаты исследования

Эффективность усовершенствованной конструкции внутреннего конуса с 16 сегментами и Z-образным стыком сопоставлена с существующей дробилкой. Результаты представлены следующими показателями:

Показатель	Существующая дробилка	Усовершенствованная дробилка	Изменение
Годовой фонд рабочего времени, ч	4000	4000	—
Средняя производительность, т/ч	85	98	+15,3%
Годовая выработка, тыс. т/год	340	392	+52
Ресурс футеровки внутреннего конуса, ч	700	1100	+57,1%
Замена футеровки в год, раз	5,7	3,6	−2,1 раза
Время замены сегментов, ч/раз	20	5	−75%
Простои из-за ремонта, ч/год	120	20	−100 ч
Расход электроэнергии, кВт·ч/т	1,85	1,62	−12,4%
Себестоимость 1 т продукции, сум/т	18 500	16 200	−12,4%

Данные показатели характеризуют эксплуатационную эффективность усовершенствованной конструкции. В частности, увеличение ресурса футеровки с 700 до 1100 часов и сокращение времени замены с 20 до 5 часов оказывают существенное влияние на процесс технического обслуживания.

Согласно расчетам, за счет сокращения годового количества замен футеровок получен экономический эффект в размере 60,1188 млн сумов, а за счет снижения расхода электроэнергии — 21,824 млн сумов. В результате роста производительности

рассчитан дополнительный эффект в размере 962 млн сумов, а в результате сокращения времени ремонта — 181,3 млн сумов. Общий годовой экономический эффект составил **1 225 242 800 сумов/год**.

Обсуждение

Полученные результаты показывают, что перевод броневой части внутреннего конуса на сегментную конструкцию не ограничивается лишь повышением удобства ремонта. Z-образный стык обеспечивает взаимную блокировку сегментов, ограничивая их смещение под действием динамических нагрузок. В результате создается конструктивная возможность для повышения эксплуатационного ресурса футеровки.

Другой важный аспект — регулировка разгрузочной щели в зависимости от фактического состояния износа футеровки. Своевременная регулировка щели позволяет сохранять стабильность гранулометрического состава продукции и более полно использовать имеющийся ресурс футеровки. В материалах исследования отмечается, что методика прогнозирования разработана именно на основе взаимосвязи между допустимым отклонением качества продукции и критическим пределом износа футеровки.

Заключение

- Предложено изготовление броневой части внутреннего конуса конусной дробилки в виде сборной конструкции, состоящей из 16 сегментов.
- Z-образный стык сегментов позволяет ограничить их взаимное смещение и оптимально распределить динамические нагрузки в процессе дробления. Среди углов в диапазоне 45–60° фаска 60° обоснована с точки зрения высокой прочности и сопротивления смещению.
- Методика регулировки разгрузочной щели с учетом состояния износа футеровки служит для сохранения требуемого гранулометрического состава продукции.
- На усовершенствованной дробилке средняя производительность увеличилась с 85 т/ч до 98 т/ч, а ресурс футеровки внутреннего конуса — с 700 ч до 1100 ч.
- Удельный расход электроэнергии снизился на 12,4%, себестоимость 1 тонны продукции уменьшилась на 12,4%, а время простоев из-за ремонта сократилось на 100 часов в год.
- Расчетный общий годовой экономический эффект составляет 1,225 млрд сумов/год.

Список литературы

1. Z. M. Sattorov. Qurilish industriyasining mexanik uskuna va mashinalari [Matn]: o‘quv qo'llanma. Z.M.Sattorov. — Toshkent: «O‘zbekiston faylasuflari milliy jamiyati» nashriyoti, 2019. — 296 b.
2. Boboyev R. M. Chaqiq toshning kerakli donadorligini olish uchun konusli inersion maydalagichning ratsional parametrlarini asoslash. Texnika fanlari nomzodi ilmiy darajasini olish uchun dissertatsiya avtoreferati. Sankt-Peterburg.-2005.- 24 b.
3. Горелов, Ю. В. Повышение эффективности эксплуатации конусных дробилок: дис. ... канд. техн. наук : 05.05.06 / Горелов Юрий Викторович ; [Место защиты:

Уральская государственная горно-геологическая академия]. — Екатеринбург, 2000. — 132 с.

4. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкция, расчет и особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва : Машиностроение, 1990. – 320 с.
5. Zuxritdinov, A. Results of the study on the wear resistance of stone crusher working parts / A. Zuxritdinov, D. Zukhriddinov, N. Mahammadjonov // International Bulletin of Applied Science and Technology. – 2024. – Volume 4, Issue 11. – P. 112-118.
6. Abdullaev, A. A. Maydalash agregatlarining ishchi organlari eyilishini kamaytirish usullari / A. A. Abdullaev va boshqalar // O‘zbekiston konchilik xabarnomasi. – Navoiy, 2021. – № 3. – B. 45-48.
7. UZ IAP 8136 Inertsiyali konusli maydalagich. Zo’xriddinov D.K.; Zuxritdinov A.F.; Ruziyev A.Y.; Mahammadjonov N.A.; Qosimov K.Z.; Yo’ldashev Sh.X. 2025y.