

ГОРНЫЕ МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 622.233

И.А. Жуков

ПОВЫШЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ СРЕД УДАРНЫМИ ВОЗДЕЙСТВИЯМИ ПУТЕМ ПОДБОРА ФОРМ БОЙКОВ В ВИДЕ КОМПОЗИЦИИ МАТЕРИАЛОВ

Подбор рациональных форм бойков ударных механизмов является одним из основных методов совершенствования машин ударного действия [1], предназначенных для разрушения хрупких сред, основная цель которого – повышение эффективности работы системы при неизменных остальных конструктивных и энергетических параметрах. При этом рациональными считаются бойки, которые генерируют в волноводе упругую волну деформации, обеспечивающую наибольшую передачу энергии удара в работу разрушения среды при удовлетворении требований к прочности элементов ударной системы.

Для хрупких сред высокой крепости зависимость силы сопротивления P среды от величины внедрения h в неё инструмента описывается функциями вида [2]:

$$P(h) = k_1 + k_2 \cdot \sqrt{k_3^2 + h^2}, \quad (1)$$

$$P(h) = b_1 \cdot \left(1 + (b_2 \cdot h)^{b_3}\right), \quad (2)$$

где $k_1, k_2, k_3, b_1, b_2, b_3$ – коэффициенты, определяемые экспериментально.

Доказано [3], что волна упругой деформации, или ударный импульс $F(t)$, соответствующий функциональным зависимостям (1), (2), должен иметь экспоненциально нарастающую амплитуду. Боек, генерирующий в волноводе импульс, удовлетворяющий этому условию, должен иметь форму тела вращения, образующая боковой поверхности которого должна быть вогнута в сторону продольной оси бойка (рис. 1). В качестве такой кривой, в зависимости от конкретных свойств разрушаемого объекта могут быть выбраны экспоненциальная кривая, цепная линия, гипербола т.д.

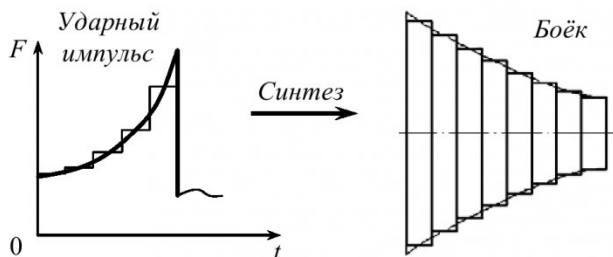


Рис. 1. Геометрия бойка в зависимости от формы ударного импульса

Синтезируемые в зависимости от свойств разрушаемого объекта бойки ударных систем, образованные в форме тел вращения, оказываются весьма сложными телами с точки зрения изготовления и встраивания в реальную конструкцию машины, т.к. не содержат поршневой ступени, способной обеспечить необходимый запас продольной устойчивости. Учитывая это обстоятельство, был предпринят поиск форм ударников, которые бы, обладая преимуществами синтезируемых тел вращения, могли быть установлены в конструкции современных ударных систем.

На рис. 2 показан один из возможных вариантов практической реализации синтезируемых бойков. Представленный биметаллический боёк [4] ударного механизма содержит цилиндрическую поршневую часть 1, обеспечивающую ему устойчивое положение в корпусе механизма, и цилиндрическую ударную часть 2. Переход между этими частями выполнен в виде конуса, что уменьшает количество отражений при проходе ударной волны. В основном материале бойка выполнена внутренняя полость 3, заполненная материалом с удельным весом, отличным от удельного веса основного материала бойка. При этом форма внутренней представляет собой тело вращения, радиус наружной окружности которого в поперечном сечении описывается формулой:

$$r = \sqrt{\frac{(R^2 - \rho^2)\lambda}{\lambda - 1}}, \quad (3)$$

где R – внешний радиус поперечного сечения основного материала бойка, ρ – радиус поперечного сечения синтезированного бойка, λ – параметр, обозначающий отношение удельных весов основного материала и материала внутренней полости бойка.

Формула (3) получена из условия равенства весов исходного синтезированного бойка и биметаллического. Это условие обеспечивает идентичность бойков по величине энергии удара.

Недостатком биметаллического бойка является отличие его волновых свойств от свойств синтезированного бойка, в силу различия модулей упругости, а также сложность технологического изготовления в случае применения опера-

ций механической обработки отдельных частей.

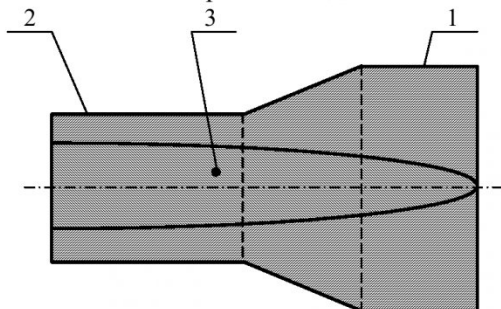


Рис. 2. Биметаллический боёк

Решение поставленной проблемы возможно путем создания триплекс-бойка [5] (рис. 3), содержащего основное тело 3 удобной для встраивания геометрии, имеющего внутреннюю полость 2 и вставку 1, выполненные из материалов с различными удельными весами, причем криволинейная поверхность вставки является внешней, что значительно упрощает процесс технологического изготовления бойка.

Для обеспечения идентичности волновых свойств триплекс-бойка и синтезированного в виде тела вращения бойка должно выполняться условие равенства не только их весов, но и модулей упругости. В соответствии с этим материалы бойка, форма вставки и полости находятся из соотношений:

$$\gamma = \frac{\gamma_1 R_1^2 + \gamma_2 (R_2^2 - R_1^2) + \gamma_3 (R_3^2 - R_2^2)}{\rho^2}; \quad (4)$$

$$E = \frac{E_1 R_1^2 + E_2 (R_2^2 - R_1^2) + E_3 (R_3^2 - R_2^2)}{R_3^2}, \quad (5)$$

где γ , E – удельный вес и модуль упругости синтезированного бойка,

γ_i , E_i – удельный вес и модуль упругости основного тела бойка, внутренней полости и вставки,

R_i – наружный радиус поперечных сечений

частей бойка.

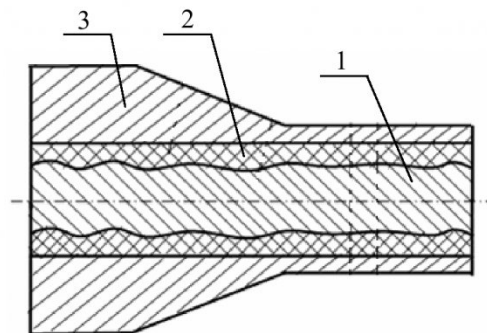


Рис. 3. Триплекс-боёк

При выполнении условий (4) и (5) подбора материалов и форм внутренних частей, триплекс-боёк не только по величине энергии удара, но и по генерируемому ударному импульсу будет представлять собой синтезированное тело вращения.

Практический анализ новых конструкций бойков, приведенных на рис.2 и 3, позволил сделать следующие выводы:

- в первом случае подбор материалов не вызывает сложностей, а изготовление такого бойка при условии обеспечения точной формы внутренней поверхности вполне реализуемо способом литья по газифицируемому моделям;

- во втором случае подобрать существующие материалы по заданным условиям невозможно, но этот вопрос решаем с применением композиционных материалов нужной структуры, однако при этом существенно возрастает себестоимость изготовления таких деталей.

Таким образом, разработанные новые конструкции бойков ударных механизмов в виде композиции материалов являются одним из перспективных вариантов решения проблемы встраивания в корпуса механизмов рациональных форм бойков, позволяющих повысить эффективность передачи энергии удара.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дворников, Л.Т. Рациональное проектирование ударных систем технологического назначения / Л.Т. Дворников, И.А. Жуков // Вестник СибГИУ. – 2012. – №2. – С. 15-20.
2. Жуков, И.А. О результатах экспериментального исследования разрушения горной породы ударными воздействиями / И.А. Жуков, В.Н. Цвигун // МашиноСтроение. – 2009. – №19. – С. 125-137.
3. Сараханова, Е.В. Алгоритм определения форм ударного импульса по зависимости «сила-внедрение» для крепких горных пород / Е.В. Сараханова, И.А. Жуков // Машиностроение. – 2010. – №20. – С. 93-98.
4. Патент №2234583, РФ, МПК 7 E21B1/38, B25D17/02. Боёк ударного механизма / Сибирский государственный индустриальный университет; Л.Т. Дворников, И.А. Жуков. – Оpubл. в Б.И., 2004. – №23.
5. Патент №2395383, РФ, МПК B25D 17/02. Боёк ударного механизма – триплекс-боёк / Сибирский госуд. индустр. университет; И.А. Жуков, Е.В. Сараханова, А.Е. Бурда. – Оpubл. в Б.И., 2010; Бюл. №21.

Автор статьи

Жуков

Иван Алексеевич

канд.техн. наук, доцент каф. теории и основ конструирования машин-СибГИУ, email: tmmiok@yandex.ru