

УДК 621.73.03

Рей Р. И.
Абдулганиев М. А.**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КРИВОШИПНЫХ
ГОРЯЧЕШТАМПОВОЧНЫХ ПРЕССОВ И ШТАМПОВОЧНЫХ ШАБОТНЫХ
МОЛОТОВ**

Основным оборудованием для производства поковок объемной штамповкой являются шаботные молоты и кривошипные горячештамповочные прессы (КГШП).

В настоящее время коэффициент полезного действия (КПД) технологического оборудования определяется отношением полезной работы к затраченной электроэнергии на приводе машины в действие.

В последние, по меньшей мере, 50 лет кузнечные молоты приводятся в действие сжатым воздухом. Преимущества сжатого воздуха, по сравнению с паром, с экономической точки зрения находим в работе С. В. Порецкого [1], опубликованной в 1935 г. А. И. Зимин в 1935 г. [2] производит анализ коэффициентов полезного действия молотов как отношение полезной работы к энергии, заключенной в топливе, сжигаемом в топке тепловой электростанции при рассмотрении воздушного привода и в топке котла, производимого пар непосредственно для привода молота. Этот же анализ А. И. Зимин выполнил в 1940 г. [3], получив КПД молотов, работающих на паре, 1,24 %, на сжатом воздухе – 2,7 %. Такой же анализ выполнил В. И. Залесский в 1973 г., КПД установки молот-тепловая электростанция у него равен 3,9 %, против 2,3 % у А. И. Зимина, т. е. КПД оказался выше в 1,44 раза. Л. И. Живов [5] приводит КПД молота по отношению энергии топлива, равным 2,65 %.

Несмотря на то, что в известных нам работах по кузнечному оборудованию КПД прессы всех модификаций определяется по отношению к электроэнергии, затраченной на приводе, в справочнике «Ковка и штамповка» [5] находим следующее: «При объемной штамповке широко используют КГШП благодаря следующим их преимуществам по сравнению с молотами: «... более высокому КПД, достигающему 6–8 %; экономический (приведенный к энергии топлива)...». К какой электростанции подсоединен КГШП, зачем обращаться к энергии топлива, если и молоты и прессы работают от электропривода.

Целью работы является определение КПД установки молот-компрессор по отношению полезной работы, отнесенной к затратам электроэнергии на приводе компрессора, и его сравнения с цикловым КПД КГШП, а так же сравнение некоторых технических показателей.

Предлагается КПД установки молот-компрессор определять по зависимости:

$$\eta = \frac{A_y}{A_k} \cdot \eta_{mp} \cdot \eta_{px}, \quad (1)$$

где A_y – выработка энергии 1 м³ воздуха в цилиндре молота;

A_k – затраты энергии на сжатие 1 м³ воздуха на компрессоре;

η_{mp} – КПД трубопровода учитывается при проектировании молота и опускается, если расчет выполняется по экспериментальным данным A_y , согласно данным Л. И. Живова [6]:

$$\eta_{mp} = (1 - K_m \ell), \quad (2)$$

где K_{mp} – коэффициент потерь в трубе, для воздуха $K_{mp} = 0,59 \cdot 10^{-3} \text{ м}^{-1}$;

ℓ – длина трубопровода,

η_{px} – КПД рабочего хода молота;

$$\eta_{px} = (1 + K) / [K + 2 / (1 + \varepsilon)], \quad (3)$$

где K – коэффициент кратности шабота, равен отношению массы шабота к массе падающих частей, для штамповочных молотов $K \geq 20$;

ε – коэффициент отскока, $\varepsilon < 0,5$.

Выработка энергии 1 м^3 воздуха в цилиндре молота, согласно данным исследователей, составляет следующие величины:

А. И. Зимин [3], $A_y = 0,8 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$;

И. В. Климов [8], $A_y = 1,33 \dots 1,59 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$;

А. И. Карабин [7], $A_y = 2 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$.

Рассчитанный по зависимости (1) КПД установки молот-компрессор при коэффициенте кратности шабота $K = 20$; коэффициенте отскока $\varepsilon = 0,25$; расходе энергии на сжатие 1 м^3 воздуха на компрессоре модели ЕКО200-VST при мощности электродвигателя 200 кВт и производительности $37,2 \text{ м}^3/\text{мин}$ составляет $3,22 \cdot 10^5 \text{ Дж/м}^3$ и по выработке энергии 1 м^3 воздуха в цилиндре молота, согласно данным указанных ранее авторов, составил величину: А. И. Зимин, $\eta = 0,23$; И. В. Климов, $\eta = 0,39 \dots 0,47$; А. И. Карабин, $\eta = 0,58$.

Цикловой КПД кривошипных горячештамповочных прессов (КГШП) по данным следующих исследователей составляет величину:

Е. Н. Ланской [9] – $0,28 \dots 0,35$;

Л. И. Живов [10] – $0,26 \dots 0,34$;

М. И. Фейгин [11] – $0,24 \dots 0,29$.

В результате находим, что по данным А. И. Зимина, И. В. Климова, А. М. Карабина КПД установки молот-компрессор находится в пределах $0,23 \dots 0,58$; цикловой КПД кривошипных горячештамповочных прессов по данным Е. Н. Ланского и Л. И. Живова колеблется в пределах $0,26 \dots 0,36$; т. е. при определении КПД по отношению полезной работы к затраченной электроэнергии на привод машины КПД установки молот-компрессор находится на уровне или превосходит цикловой КПД КГШП.

С точки зрения КПД, затраты энергии на приводе КГШП и компрессора молота при штамповке одностипных поковок должны быть одинаковыми, но это при условии, что работа пластической деформации при штамповке одностипных поковок будет одинаковая.

Однако, одни исследователи считают, что с увеличением скорости деформирования сопротивления металла возрастает, другие – имеют противоположное мнение, что при штамповке на молоте сопротивление деформированию значительно меньше, чем при штамповке на КГШП. Так, Е. И. Семенов [12] предлагает работу деформации определять через удельное усилие в конечный момент штамповки на молоте увеличенное на величину скоростного коэффициента $\omega = 3$.

Брюханов А. Н. [13] предлагает удельное усилие при осадке определять по зависимости:

$$\rho = \sigma_s \omega \psi m, \quad (4)$$

где σ_s – предел текучести, равный пределу прочности σ_e , при данной температуре деформации;

ψ – масштабный коэффициент;

m – коэффициент, учитывающий условия трения;

ω – скоростной коэффициент, равный при ковке на гидравлических прессах 1,2–1,6 и возрастающий при ковке на молотах до 4.

Авторами работы [14] показано, что на основе экспериментальных исследований выполненных в ЭНИКМаше обнаружено, что при увеличении скорости деформирования от 0,3 м/с (КГШП) до 5 м/с (штамповка на молотах) при штамповке одинаковых поковок усилие деформации снижается на 45 %, при увеличении скорости деформирования от 7 м/с (штамповочные молоты) до 20 м/с (высокоскоростные молоты) – еще на 25 %. Авторы [14] отмечают, что уменьшение времени деформирования увеличивает тепловой эффект, сокращает тепловые потери, с повышением скорости деформирования снижается коэффициент контактного трения, что в итоге нейтрализует действие скоростного эффекта, и доминирующим становится температура деформирования.

Указанное уменьшение сопротивления деформации соответствует, примерно, повышению температуры деформации на 150–200 °С. Авторы работы [14] указывают, что аналогичные результаты получили отечественные [15] и зарубежные [16] исследователи.

На основе изложенного можно сделать вывод, что удельное усилие деформирования снижается с увеличением скорости деформирования, а это значит, что работа пластической деформации при производстве одинаковых поковок будет меньше при штамповке на молотах, по сравнению со штамповкой на КГШП.

Затраты энергии на приводе кузнечной машины определяются как:

$$A = A_d / \eta, \quad (5)$$

где A_d – работа пластической деформации;

η – КПД кузнечной машины.

Из этого следует, что при равных значениях КПД сравниваемых кузнечных машин затраты энергии на привод машины будут меньше у той машины, у которой меньше значение работы пластической деформации при штамповке одинаковых поковок.

На основе выполненного ранее анализа обнаружено, что КПД установки молот-компрессор находится на уровне или превышает КПД КГШП, а это значит, что с учетом (4), при меньших значениях работы пластической деформации при штамповке на молоте, затраты электроэнергии на приводе компрессора молотовой установки будут меньше затрат энергии на приводе КГШП на величину снижения работы пластической деформации, т. е. не меньше, чем на 45 %. При выборе кузнечной машины следует так же учитывать, что при примерно равных технологических возможностях масса КГШП в 2–3,5 раза больше массы молотов с шаботом и согласно [6] КГШП имеют в 3–4 раза более высокую стоимость. В более поздних работах новую информацию по поводу экономичности не находим. Так, например, Л. И. Живов в 2006 г в [17] приводит информацию, имеющуюся в работе [10], опубликованной в 1981 г.

ВЫВОДЫ

КПД установки молот-компрессор находится на уровне или превышает КПД КГШП.

Работа пластической деформации при штамповке однотипных поковок на штамповочном молоте не менее, чем на 45 % ниже, чем при штамповке на КГШП, а это значит, что даже при равных значениях КПД затраты энергии на привод КГШП будут в такой же пропорции выше затрат энергии на привод компрессора.

Масса КГШП в 2–3,5 раза больше массы молота с шаботом; КГШП имеют в 3–4 раза более высокую стоимость при примерно равных технологических возможностях.

При выборе: КГШП или штамповочный молот, следует тщательно сопоставить все технико-экономические показатели. Преимущества КГШП, по нашему мнению, необоснованно завышены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Порецкий С. В. Курс кузнечного дела. Том 2. Машины кузнечного производства / С. В. Порецкий. – Л.-М. : ОНТИ НКТП, 1935. – 325 с.*
2. *Зимин А. И. Расчет и конструирование кузнечных машин. Ч. 1. Паровоздушные молоты / А. И. Зимин. – Машигиз, 1940. – 420 с.*
3. *Зимин А. И. Машины и автоматы кузнечного производства. Ч. 1. Молоты / А. И. Зимин. – М. : ГНТИ, 1953. – 460 с.*
4. *Залесский В. И. Оборудование кузнечно-прессовых цехов : учебник для вузов / В. И. Залесский. – М. : ГМТИ, 1953. – 632 с.*
5. *Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Молоты. Винтовые прессы. Ротационные и электрофизические машины / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников. – К. : Вища школа, 1985. – 279 с.*
6. *Ковка и штамповка. Справочник в 4-х томах. Том 2. Горячая объемная штамповка / под ред. Е. И. Семенова. – М. : Машиностроение, 1986. – 592 с.*
7. *Карабин А. И. Энергетика паровоздушных молотов / А. И. Карабин. – М. : Машигиз, 1955. – 316 с.*
8. *Климов И. В. Основы теории и теплового расчета паровоздушных молотов / И. В. Климов. – М. : Машиностроение, 1970. – 160 с.*
9. *Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для машиностроительных вузов / А. Н. Банкетов, Ю. А. Бочарев, Н. С. Добринский и др.; под ред. А. Н. Банкетова, Е. Н. Ланского. – М. : Машиностроение, 1982. – 576 с.*
10. *Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование. Пресса / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников. – Киев : Вища школа, 1981. – 376 с.*
11. *Фейгин М. М. Кривошипные машины / М. М. Фейгин. – Омск : Из-во Омского политехнического института, 1974. – 344 с.*
12. *Семенов Е. И. Ковка и объемная штамповка / Е. И. Семенов. – М. : Машиностроение, 1972 – 352 с.*
13. *Брюханов А. Н. Ковка и объемная штамповка / А. Н. Брюханов. – М. : Машиностроение, 1978. – 352 с.*
14. *Штамповочное оборудование ударного действия / Ю. А. Бочаров, А. А. Бочаров, Т. Я. Недоповз [и др.]. – М. : НИИМаш, 1971. – 82 с.*
15. *Влияние скорости деформирования на заполнение штампов / Ю. П. Согришин, В. А. Матъяж, В. Я. Мороз, И. Е. Трофимов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1969. – № 2. – С. 6.*
16. *Bühler H. Einschlag und Mehrehschlagumformung mit Ujesensschmiede hämuriern / H. Bühler, W. Ecker // Industrie Anzeiger. – 1969. – № 6.*
17. *Живов Л. И. Кузнечно-штамповочное оборудование : учебник для вузов / Л. И. Живов, А. Г. Овчинников, Е. Н. Складчиков. – М. : Из-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. – 560 с.*

Рей Р. И. – д-р техн. наук, проф. ВНУ им. В. Даля;

Абдулганиев М. А. – инженер ЧАО «Лугцентрокуз им. С. С. Монятовского».

ВНУ им. В. Даля – Восточнoукраинский национальный университет им. Владимира Даля, г. Луганск.

ЧАО «Лугцентрокуз им. С. С. Монятовского», г. Луганск.

E-mail: oomd@snu.edu.ua

Статья поступила в редакцию 01.03.2012 г.