

работки. С целью выявления зависимости изменения гранулометрического состава измельченного компонента по контролируемым фракциям 10 и 30 мкм от времени измельчения рецептурных компонентов шоколадных масс (какао, сахар) были проведены серии опытов в аппаратах ЭММА – С и ЭММА – К (патенты РФ № 1457881 и № 2007094). В результате исследований получено общее уравнение кинетики по «Rückstand» фракции размером более 30 мкм

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{3,664 \cdot G_s \cdot t} + 2,664}$$

и более 10 мкм

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{3,710 \cdot G_s \cdot t} + 2,701}$$

здесь t – время диспергирования; G_s – коэффициент, характеризующий скорость диспергирования в начальный момент времени и определяющий наклон кинетической кривой к оси абсцисс в начале процесса).

На аппарате ЭММА-С уравнение кинетики имеют следующий вид

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{0,3619 \cdot t} + 2,664}$$

и

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{0,1103 \cdot t} + 2,701}$$

На аппарате ЭММА-К получены следующие уравнения

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,664 \cdot R_{\delta H(30)}}{e^{0,388 \cdot 4 \cdot t} + 2,664}$$

и

$$R_{\delta(30)} = \frac{3,701 \cdot R_{\delta H(10)}}{e^{0,1258 \cdot t} + 2,701}$$

Расчетные значения «остатков» при различной продолжительности измельчения сравнивались с результатами опытов. Средние квадратические отклонения расчетных значений от опытных составили не более 1,22%. Кинетические закономерности использованы при анализе энергоемкости процессов в ЭММА.

Список литературы

1. Беззубцева М.М. К вопросу интенсификации процесса измельчения продуктов // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5-3. – С. 356-357.
2. Беззубцева М.М. Научное обоснование внедрения импортозамещающего способа электромагнитной механоактивации в аппаратно-технологические системы шоколадного производства // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5-3. – С. 351-352.
3. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования диспергирующих нагрузок в электромагнитных механоактиваторах // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 8-5. – С. 847-851.

УСЛОВИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ МЕХАНОАКТИВАТОРОВ

Беззубцева М.М.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, e-mail: mysnegana@mail.ru

Способ формирования диспергирующих нагрузок, положенных в основу создания нового типа оборудования – электромагнитных активаторов (ЭММА), позволяет снизить энергозатраты на десятки процентов [1]. Доказано, что эти аппараты можно рассматривать как усилители мощности [2]. Для обеспечения условий повышения энергоэффективности процесса диспергирования в ЭММА необходимо соблюдать принцип «необходимости и достаточности подвода энергии» (или соблюдение силовых и энергетических условий) с учетом кинетических и энергетических закономерностей измельчения продуктов [3, 4]. Энергия, поступающая от электродвигателя, затрачивается на преодоление сопротивления заполнителя рабочего объема. Следует устанавливать равенство между моментами, развиваемыми двигателем на своем валу, и моментами, необходимыми для преодоления бокового распора магнитного поля и взаимодействия размольных тел в рабочем объеме ЭММА. В связи с тем, что магнитный поток Φ обладает боковым распором, величина которого совпадает с тяжением магнитных линий, то для его преодоления к ротору необходимо приложить момент, равный электромагнитному моменту: $M_p = f_T R_2$ (здесь f_T – тяжение и боковой распор магнитных линий; R_2 – внешний радиус ротора). Тяжение магнитных линий определено по формуле:

$$f_T = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{m_1 m_2}{h_0^2}$$

здесь μ_0 – магнитная проницаемость рабочего объема; m_1, m_2 – соответственно магнитные массы статора и ротора; h_0 – ширина рабочего объема. По теореме Гаусса для свободного рабочего объема можно записать: $\Phi = \Phi_1 = 4\pi m_1 = \Phi_2 = 4\pi m_2$ (здесь Φ_1, Φ_2 – соответственно магнитный поток, входящий в верхнюю часть статора, и магнитный поток, выходящий из верхней половины ротора). После подстановки выражения $m_1 = m_2 = \Phi/4\pi$ в формулу для вычисления тяжения магнитных линий, получим:

$$f_T = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{1}{(4\pi)^2} \frac{\Phi^2}{h_0^2}$$

Тогда для электромагнитного момента M_p справедливо равенство:

$$M_p = \frac{1}{\mu_0} \frac{1}{16\pi^2} \frac{\Phi^2}{h_0^2} R_2$$

Внешний механический момент должен быть равен электромагнитному. В этом случае

соблюдается одно из необходимых условий энергоэффективности работы ЭММА.

Список литературы

1. Беззубцева М.М., Волков В.С., Обухов К.Н., Котов А.В. Энергетическая теория способа формирования диспергирующих нагрузок в электромагнитных механоактиваторах // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 12-6. – С. 1157-1161.
2. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. К вопросу исследования физико-механических процессов в магнитоожигенном слое ферротел // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. – 2015. – № 7-2. – С. 191-195.
3. Беззубцева М.М., Обухов К.Н. Электромагнитный способ снижения энергоёмкости продукции на стадии измельчения // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2015. – № 8-3. – С. 399-400.
4. Беззубцева М.М. Энергетика технологических процессов (учебное пособие) // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2014. – № 8-3. – С. 77-77.

СПОСОБ ОБРАБОТКИ УГЛЕРОДИСТЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

^{1,2}Иванов Д.А.

¹*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург;*

²*Санкт-Петербургский государственный экономический университет, Санкт-Петербург, e-mail: tm_06@mail.ru*

Углеродистые инструментальные стали, содержащие более 0,8% углерода (заэвтектоидные) широко используют для изготовления различных инструментов, таких, как вытяжные штампы для холодной штамповки при диаметре пуансона до 25 мм и режущий инструмент, не испытывающий в процессе работы нагрева выше 190-200 °С. Стандартная упрочняющая термическая обработка подобных изделий из данных сталей заключается в неполной закалке с температуры 760-780 °С, соответствующей аустенитно-цементитной структуре с получением структуры, состоящей из мартенсита закалки и вторичного цементита и последующего отпуска при температуре, не превышающей 150-170 °С, что обеспечивает сохранение твёрдости на уровне 62-63 HRC и выдержки при данной температуре продолжительностью 1-2,5 ч. в зависимости от сечения изделия.

Актуальной является задача снижения продолжительности отпуска инструмента из заэвтектоидной углеродистой стали У10-У13 при обеспечении достаточной вязкости его материала. Перед изобретением поставлена задача сокращения продолжительности технологического процесса упрочняющей термической обработки заэвтектоидных углеродистых инструментальных сталей и обеспечения более высоких значений показателей твёрдости притом, что инструмент не становится более хрупким. Решение поставленной задачи достигается

тем, что углеродистые инструментальные стали У10-У13 подвергают закалке с температуры 760-780 °С на структуру, состоящую из мартенсита закалки и вторичного цементита, после чего при комнатной температуре подвергают в течение 10-15 минут воздействию пульсирующего дозвукового воздушного потока [1-5], имеющего частоту 1130-2100 Гц и звуковое давление 120-140 дБ, оказывающего комплексное влияние на метастабильную структуру мартенсита и способствующего протеканию в ней процессов, аналогичных превращениям при низком отпуске, вызывая при этом более значительное, чем при низком отпуске снижение остаточных напряжений.

Испытания, проведённые на образцах из углеродистой инструментальной стали У12 показали, что после описанной обработки их твёрдость до 2 единиц HRC превышает твёрдость после стандартного отпуска. При этом ударная вязкость после данной обработки не уступает ударной вязкости образцов после аналогичной закалки и стандартного отпуска, что может быть объяснено, прежде всего, более интенсивной, чем при отпускном нагреве релаксацией остаточных закалочных напряжений в результате распространения в стали механических волн, генерируемых пульсациями газового потока. Данный способ позволяет применять обработку пульсирующим газовым потоком к режущему, штамповому и другому инструменту из заэвтектоидных углеродистых инструментальных сталей, подвергаемых закалке на мартенситно-цементитную структуру. Таким образом изобретение позволило получить технический результат, а именно: сократить в 2-4 раза продолжительность технологического процесса упрочняющей термической обработки углеродистых инструментальных сталей и обеспечить более высокие значения показателей твёрдости притом, что инструмент не становится более хрупким.

Список литературы

1. Воробьева Г.А., Иванов Д.А., Сизов А.М. Упрочнение легированных сталей термоимпульсной обработкой // *Технология металлов*. – 1998. – № 2. – С. 6-8.
2. Иванов Д.А. Влияние дозвукового пульсирующего водовоздушного потока на напряжённое состояние сталей при термообработке // *Технико-технологические проблемы сервиса*. – 2007. – № 1. – С. 97-100.
3. Иванов Д.А. Закалка сталей, алюминиевых и титановых сплавов в пульсирующем дозвуковом водовоздушном потоке // *Технико-технологические проблемы сервиса*. – 2008. – № 2. – С. 57-61.
4. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка пульсирующим газовым потоком высокопрочных и пружинных сталей // *Двигателестроение*. – 2014. – № 3. – С. 34-36.
5. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Использование пульсирующего дозвукового газового потока для повышения эксплуатационных свойств металлических изделий // *Технология металлов*. – 2015. – № 1. – С. 34-38.