

TECHNICAL SCIENCES

FRI-116-2-TS(S)-01

INVESTIGATION THE ENERGY EFFICIENCY OF INDUSTRIAL
MELTING ELECTRIC FURNACES FOR FERROUS METALS

Assoc. Prof. Konstantin Koev, PhD

Department of Electric Power Supply and Electrical Equipment,
Department of Philological and Natural Sciences, Silistra Branch,
University of Ruse "Angel Kanchev"
Phone: +359 82 888/ 201, 661
E-mail: kkoev@uni-ruse.bg

Assist. Svetlozar Grigorov, M.Sc.Eng.

Department of Philological and Natural Sciences, Silistra Branch,
University of Ruse "Angel Kanchev"
E-mail: sgrigorov@uni-ruse.bg

***Abstract:** The paper analyses energy efficiency performances of industrial melting electric furnaces for ferrous metals. The values of consumed electric energy are measured. The values of specific energy consumption are calculated for measured consumed electric energy and mass of melted material. The specific energy consumption is (1,337...2,568) MWh/t according to (316,9...262,5) t melting material for an year. The results are analysed.*

***Keywords:** industrial melting electric furnaces, ferrous metals, electric energy, energy efficiency, specific energy consumption.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ефективното използване на енергията в различните ѝ форми е особено актуално предизвикателство в условията на ограничени конвенционални енергийни ресурси и непрекъснато нарастване на енергопотреблението.

Металургията е важен отрасъл за развитието на машиностроенето. Основните съоръжения в металургичните обекти са топилните пещи. Те се характеризират с големи габарити и мощност (няколко стотици/хиляди kW), които определят количеството на консумираната от тях енергия, включително електрическа. Повишаването на енергийната ефективност на тези съоръжения изисква технико-икономически обоснован избор на подходящо решение (Belgaum Foundry Cluster, Kermeli, 2016). То може да бъде предложено след изследване и анализ на енергопотреблението на разглеждания обект.

Целта на доклада е да представи резултати от изследване на енергийни характеристики и показатели на топилни пещи за стомана.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Характеристики на изследвания обект

Изследванията са проведени в промишлен обект за производство на стоманени изделия за различни отрасли на машиностроенето. Използват се съоръжения за получаване на течен метал (стомана) с необходимите характеристики (топилни пещи) и машини за изработване на различни детайли чрез леене. Завършителните дейности към тези два основни производствени процеса са свързани с допълнителна механична обработка на изделията и контрол на качеството.

В обекта се използват 4 бр. индукционни пещи с мощности: 2 бр. x 400 kW, 1 бр. x 800 kW, 1 бр. x 1600 kW (фиг.1). Освен тях, са инсталирани и работят леярски машини (центробежни): 6 бр. x 75 kW, 1 бр. x 55 kW; цехови мостови кранове: 2 бр. x 55 kW, 1 бр. x 35 kW. Инсталираната мощност е приблизително 3850 kW. В нея не са включени спомагателни

уредби като вентилация, осветление и др., чиято мощност е значително по-малка от тази на основните съоръжения.



Фиг.1. Индукционни пещи.

Електрическата енергия се измерва със статични електромери на фирма АВВ, монтирани стационарно на изходите на трансформаторите, захранващи съоръженията. Електромерите записват информацията за количеството и параметрите на консумираната електрическа енергия.

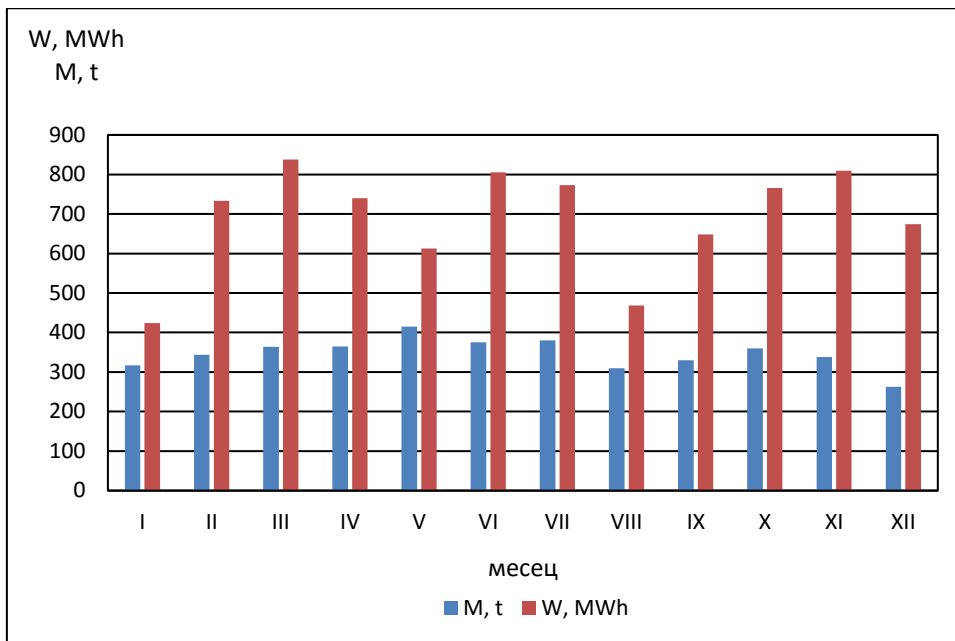
Изследване на енергийната ефективност

Изследването на енергийната ефективност на различни обекти може да се проведе чрез количествени показатели, които характеризират процесите на преобразуване на енергия (Velchev, 1988, Пиев, 2011).

Коефициентът на полезно действие (к.п.д.) е универсален показател за оценка на енергийната ефективност. Той показва каква част от консумираната енергия се преобразува в полезна. Поради наличие на загуби в процесите на преобразуване на енергията, стойността на к.п.д. е по-малка от 100 %. Ако енергията се трансформира многократно, стойността на общия к.п.д. ще бъде значително по-малка, в сравнение с еднократно преобразуване.

Друг показател за оценка на енергийната ефективност е специфичният разход на енергия (електроенергия) СРЕ, kWh(MWh)/kg(t) (Пиев, 2011). Този показател дава информация за количеството енергия, необходимо за производство на единица продукция.

Енергийната ефективност на индукционните пещи, като всички производствени съоръжения, може да се изследва чрез количеството консумирана електроенергия и показателя СРЕ (Velchev, 1988, Пиев, 2011).



Фиг.2. Разпределение на консумираната активна електрическа енергия W, MWh, и на произведеното количество стомана M, t, по месеци, за една календарна година.

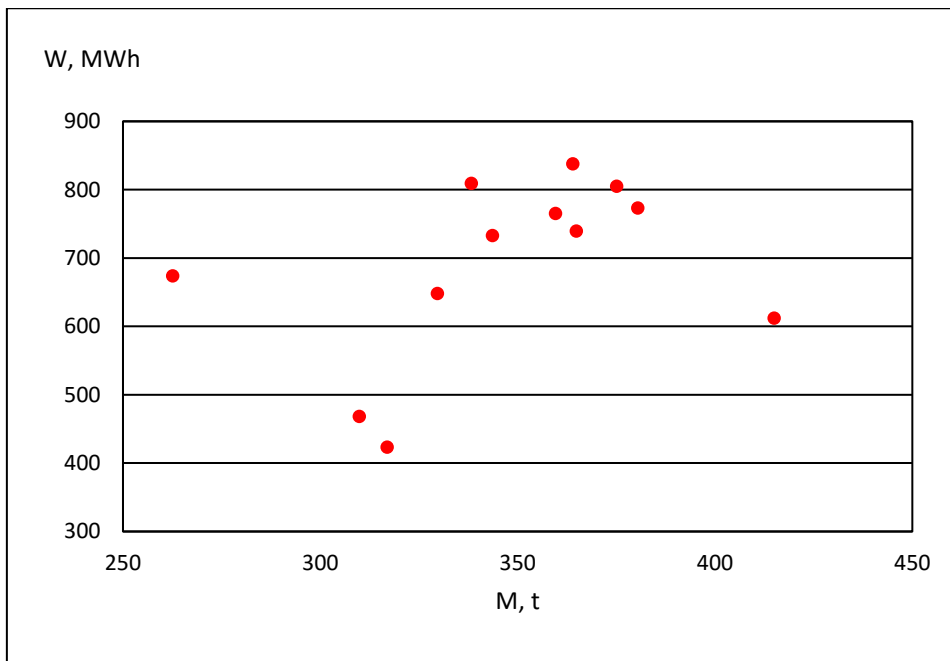
Представените графики на фиг.2 показват периодичен характер на изменението на общото количество консумирана електрическа енергия W, MWh за топене на стомана. Масата на произведения продукт също не е постоянна величина, но се изменя в много по-малка степен, отколкото електрическата енергия. Максималното електропотребление е регистрирано през пролетните и есенните месеци, най-голямата стойност е за месец март – 837,918 MWh, а подобна на нея е за ноември – 809,447 MWh. Отклонение от тази тенденция се забелязва през месеците юни и юли, когато количеството на консумираната електроенергия почти се изравнява със стойностите през пролетта и есента.

Масата на произведената продукция е максимална през месец май – 414,932 t, а през декември – минималната за годината – 262,542 t. Тези изменения се определят основно от обема на поръчките за производство на стоманени изделия. По тази причина през август се наблюдава логично намаляване на производството.

Увеличението на електроенергията през юни и юли, при малки изменения в количеството на произведената продукция, в сравнение с месец май, може да се обясни с по-високите температури на околната среда и по-големия разход на енергия за охлаждане на индукционните пещи.

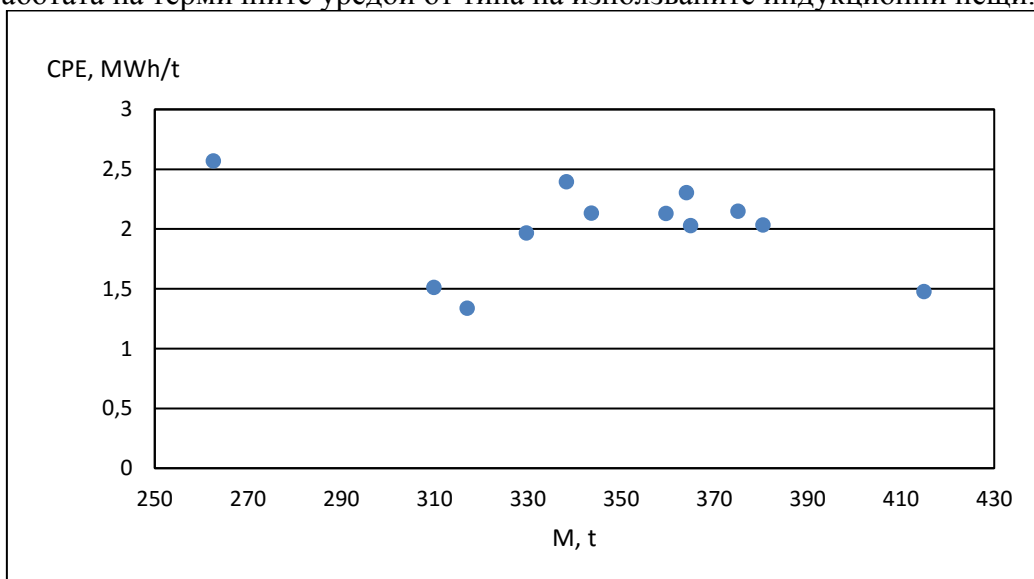
Зависимостта на консумираната електрическа енергия W, MWh, от масата на разтопения метал M, t, е показана графично на фиг.3.

Стойностите, представени на фиг.3, показват, че при нарастване на масата на продукцията, се увеличава и консумираната електрическа енергия. Най-големите стойности се получават при M = (338...380) t. Забелязват се две по-съществени отклонения от тази тенденция (двете крайни точки, съответстващи на месеците декември и май – фиг.2).



Фиг.3. Изменение на консумираната активна електрическа енергия W , MWh, в зависимост от произведеното количество стомана M , t, за една календарна година.

Възможни причини за тези резултати са влиянието на начина на зареждане на пещите и температурата на околната среда. Тя има важно значение за загубите на електрическа енергия при работата на термичните уредби от типа на използваните индукционни пещи.



Фиг.4. Изменение на специфичния разход на електрическа енергия CPE , MWh/t, в зависимост от произведеното количество стомана M , t, за една календарна година.

Ако температурата на околната среда е ниска (както е през зимния сезон), част от енергията за загряване на пещта се отделя в околното пространство като загуби, под формата на топлина. В този случай, за да се достигне определената технологична температура на топене, се консумира по-голямо количество електроенергия.

На фиг.4 е показана зависимостта на специфичния разход на електрическа енергия CPE , MWh/t, от произведеното количество стомана M , t, за една календарна година. Стойностите показват, че при маса на продукцията $M = (330...380)$ t специфичният разход на електрическа енергия се изменя в интервала $CPE = (2,0..., 2,5)$ MWh/t. Двете крайни стойности на фиг.4, подобно на фиг.3, могат да се дължат на начина на зареждане на пещите и топлинните загуби в околната среда. Съвременните пещи се характеризират със значително по-малки стойности на показателя $CPE = (0,5..., 0,8)$ MWh/t (Belgaum Foundry Cluster, Luzgin, 2008). Следователно може да се търсят решения за по-ефективното използване на енергията.

ИЗВОДИ

Проведеното изследване на характеристики и показатели на енергопотреблението на топлилни пещи за черни метали (стомана) показва, че:

1. Консумираната електрическа енергия не се изменя равномерно през годината, като се забелязва тенденция за периодичен характер с някои изключения. Минималните количества са регистрирани през месеците януари и август, съответно 423,7 MWh и 468,4 MWh.
2. Консумираната електрическа енергия и специфичният разход на електрическа енергия CPE се увеличават при нарастване на масата на продукцията M, с някои изключения. Най-голям разход на електроенергия $W = (733,0...837,9)$ MWh се получава, съответно при маса $M = (338...380)$ t, т.е. специфичният разход на електрическа енергия за същото количество продукция е $CPE = (2,0...2,5)$ MWh/t.
3. Наблюдават се някои особени стойности на консумираната електрическа енергия (юни, юли и декември) и специфичния разход на електрическа енергия CPE, които могат да бъдат обяснени с влиянието на начина на зареждане на пещите и топлинните загуби в околната среда.
4. Необходимо е разработване и прилагане на обосновани технико-икономически решения за повишаване на енергийната ефективност на пещите.

REFERENCES

Belgaum Foundry Cluster, Best Operating Practices, **A GEF-UNIDO-BEE Project**, Promoting Energy Efficiency and Renewable Energy in Selected MSME Clusters in India, Ministry of New and Renewable Energy, Bureau of Energy Efficiency, MICRO, SMALL & MEDIUM ENTERPRISES, <https://beeindia.gov.in/sites/default/files/BOP-Belgaum.pdf>.

Danilov, N. I., Y. M. Schtelokov (2006). Fundamentals of energy saving. Manual, Ekaterinburg. **(Оригинално заглавие: Данилов, Н. И., Я. М. Щелоков. (2006). Основы энергосбережения. Учебник, Екатеринбург. ГОУ ВПО УГТУ – УПИ).**

Илиев, П. (2011). Handbook of energy efficiency and energy management. Program “Energy efficiency and green economic” (BEECIFF): Preparing of the project, learning of the staff and help of realization. Consultant contract № C22081/EEFF-2011—5-03. **(Оригинално заглавие: Илиев, Ил. и др. Наръчник по енергийна ефективност и енергиен мениджмънт. Програма „Енергийна ефективност и зелена икономика“ (BEECIFF): Подготовка на проекта, обучение на персонала и помощ при внедряване. Консултантски договор № C22081/EEFF-2011—5-03).**

Kermeli, K. et al. (2016). Energy Efficiency and Cost Saving Opportunities for Metal Casting. An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers. Document Number 430-R-16-001. United States Environmental Protection Agency. January.

Luzgin, V. I. (2008). Induction systems and methods for the medium-frequency refining of ferrous metals. Metallurgist, Vol. 52, Nos. 5–6, pp. 283-288.

Termolit LLC („Термолит“ ООО), <https://termolit.com/>.

Velchev, V. (1988). Normalization, planning and control of energy. Technic, Sofia. **(Оригинално заглавие: Велчев, В., Г. Христов. 1988. Нормиране, планиране и контрол на енергията. Техника, София).**