

Критерии за оценка продължителността на измерване на температурата на разтопен метал

Иван Евстатиев

Criteria for estimation the duration of measurements of melted metal temperature: A method for measurement the temperature of melted metal has been suggested. For this purpose is gathered information about the heating dynamics of the device end, in contact with the melted metal. A criterion for duration of the measurement of the metal temperature has been substantiated. A heating model of the device end, by which is calculated the temperature of the metal has been developed. A structure of an electronic measurement system has been suggested.

Keywords: *model, electronic system, melted metal temperature.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Измерването на температурата на разтопен метал по контактен метод се характеризира със следната специфика. При по-кратко контактуване на крайника на уреда с разтопения метал, той не се нагрява достатъчно и измерването на температурата е неточно. При продължително контактуване на крайника с метала, той се износва бързо. От тези особености следва че е необходимо да се оценява автоматично времето на контакт на крайника с разтопения метал и да се повиши точността на измерване чрез използване на симулация на нагряването на крайника.

Цел на изследването е да се обосноват критерии за оценка на продължителността на измерването на температурата на метала и чрез симулация с модел на нагряването да се повиши точността на измерването.

ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Обект на изследването е процесът на измерването на температурата на разтопения метал в лярски цех. Точността на измерването зависи от степента на изравняване на температурата на крайника на уреда с тази на разтопения метал. Крайникът представлява цилиндрично тяло с закрепена в него термодвойка (фиг.1.). При потапянето му в разтопения метал започва топлообмен между метала и повърхността на крайника. Процесът се описва чрез топлообмен между тяло и флуид.

ТЕОРЕТИЧНА ОБОСНОВКА

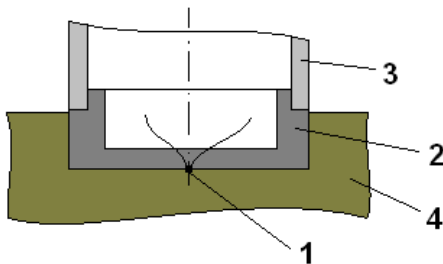
Методика на измерването

За постигане на необходимата точност на измерване се използва критерий за оценка продължителността на измерването. На базата на информацията от измерването, чрез разработен модел и симулация, се оценява реалната температура на метала. За целта е необходимо да се получи основната част от графиката, описваща динамиката на нагряването на измервателния крайник.

Чрез модела се симулират криви на изменението на температурата на крайника, формиращи се при различни задания за температура на разтопения метал и задания за коефициента на конвективен топлообмен. Те се сравняват с измерената крива. Търси се симулираната крива, най-близка до измерената крива. Заданието на температурата на разтопения метал за тази крива се приема за реалната температура на метала.

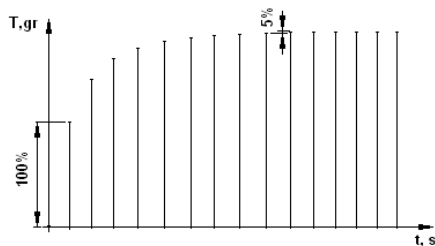
Критерий за продължителността на измерването на температурата на метала

За край на измерването се приема моментът, когато разликата между две съседни дискрети от измервания стане по-малка от 5% от най-голямата разлика между две съседни дискрети (фиг.2). Отчитайки факта, че най-големия температурен градиент е в началото на контакта, най-голямата разлика е между първите две дискрети. Съгласно критерия, измерването се прекратява след преминаването на основната част от преходния процес, което е достатъчно за сравнение на реалната крива със симулираната чрез модел.

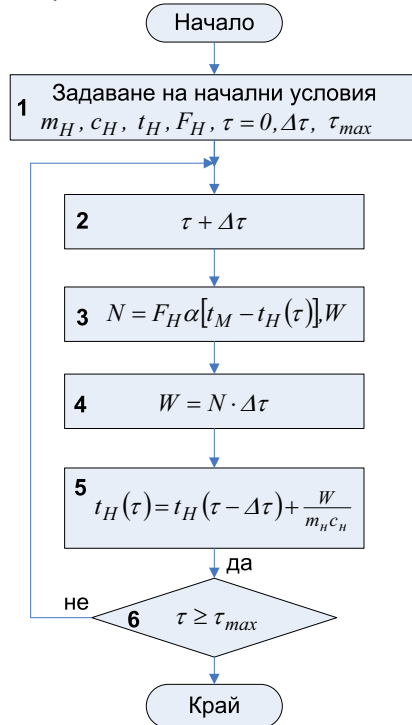


Фиг.1.Общ вид на накрайник за измерване на температура на разтопен метал.

1-термодвойка; 2-керамичен сменяем накрайник; 3-държач; 4-разтопен метал.



Фиг.2. Визуализация на критерия за продължителността на измерването на температурата на метала



Фиг.3.Алгоритъм на модела на нагряването на измерителния накрайник.

За моделирането на процеса нагряване на накрайника се приемат следните основни допускания. Приема се, че температурата на накрайника се изменя еднакво по целия му обем. Това допускане може да се приеме поради сравнително малкия му обем и големия коефициент на топлопроводност на керамиката. Приема се също, че топлообменът между разтопения метал и накрайника е еднакъв по цялата контактна повърхност. За моделирането се прилага методът на крайните разлики [1, 2, 3, 4].

За изчисляването на топлообмена между разтопения метал и накрайника се използва зависимостта за конвективен топлообмен между тяло и флуид [4]

$$N = F_H \alpha (t_M - t_H), W, \quad (1)$$

където F_H е контактната повърхност на накрайника, m^2 ;

α - коефициентът на конвективен топлообмен, $W.m^{-2}K^{-1}$;
 t_M - температурата на разтопения метал, $^{\circ}C$;
 t_H - температурата на накрайника, $^{\circ}C$.

Динамичните свойства на топлообмена се определят от калориметричното уравнение [4]

$$W = m_H c_H (t_2 - t_1), J, \quad (2)$$

където W е количеството енергия, необходимо за загряването на накрайника от температура t_1 до температура t_2, J ;

m_H - масата на накрайника, kg ;

c_H - специфичният топлинен капацитет на тялото, $J.kg^{-1}K^{-1}$;

t_1, t_2 - начална и крайна температури на накрайника, $^{\circ}C$.

АЛГОРИТЪМ НА МОДЕЛА НА НАГРЯВАНЕТО НА ИЗМЕРИТЕЛНИЯ НАКРАЙНИК

За моделирането на процеса времето се разбива на безкрайно малки интервали. Във всеки времеви интервал се описва енергийния обмен между накрайника и разтопения метал. Алгоритъмът на модела е показан на фиг.3.

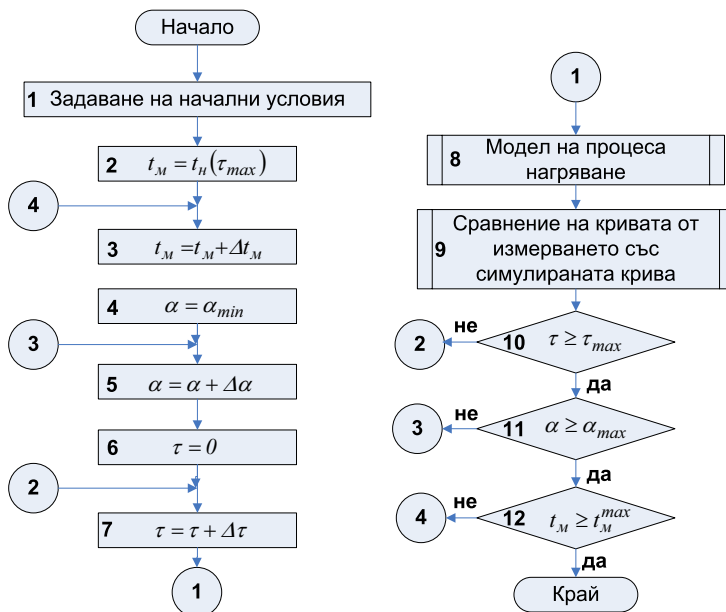
В блок 1 се задават началните условия. В блокове 2 и 6 се организира изменението на времето. Изчислението на топлинния поток, постъпващ от разтопения метал през контактната повърхност с накрайника, се извършва в блок 3. В блок 4 се определя постъпилото в накрайника количество енергия за време $\Delta\tau$, а изменението на температурата на накрайника се изчислява в 5. Цикълът се повтаря до достигане на зададената максимална стойност на времето за изчисление.

АЛГОРИТЪМ ЗА СРАВНЕНИЕ НА СИМУЛИРАНА КРИВА С КРИВАТА ОТ ИЗМЕРВАНЕТО

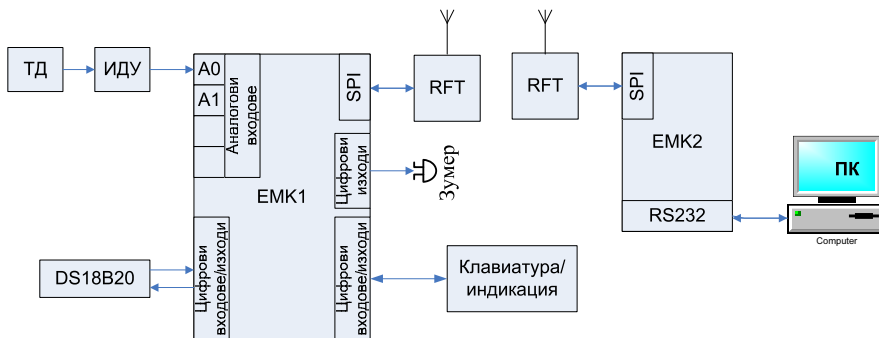
От описанието на процеса нагряване на накрайника (фиг.3) се вижда, че са неизвестни два параметъра – температурата на разтопения метал t_M и коефициентът на конвективен топлообмен $\alpha, W.m^{-2}K^{-1}$ между повърхността на накрайника и разтопения метал. При зададени t_M и α , с помощта на модела може да се изчисли графиката на изменението на температурата на накрайника. За целта се задават различни стойности на t_M и α и се симулират кривите на нагряването. Тези криви се сравняват с измерената крива. Алгоритъмът за сравнение е показан на фиг.4.

В блок 1 се задават началните условия. В блокове 2 и 4 се задават началните стойности съответно на температурата на разтопения метал и на коефициента на конвективен топлообмен между метала и накрайника. В блокове 3 и 4 се задават съответно нарастванията на температурата на метала и на коефициента α . В подпрограма 8 се изпълнява алгоритъмът, моделиращ процеса нагряване на накрайника, показан на фиг.3. Сравнението между двете криви – измерената и симулираната, се извършва в подпрограма 9 [5]. Излизането от циклите се изпълнява в блокове 10, 11 и 12.

Структурата на електронната система за измерване температурата на разтопения метал е показана на фиг.5.



фиг.4.Алгоритъм за сравнение на симулирана крива с кривата на нагряване на накрайника



Фиг.5.Структура на електронна система за измерване температурата на разтопения метал

Измерването на температурата се осъществява от термодвойка (ТД). Сигналят от нея се усилва чрез инструментален диференциален усилвател (ИДУ) и постъпва на аналогов вход на микроконтролера EMK1. За оценка температурата на студените краища на термодвойката е използван цифровия сензор DS18S20. Обменът на информация с него се осъществява чрез еднопроводна схема тип μCan . За задаване на начални условия и за извеждане на измерените стойности към цифровите входове/изходи на контролера е включена клавиатура с индикация. Сигнализацията за прекратяване на измерването съгласно разглеждания критерий се осъществява със зумер. За изчисляване температурата на разтопения метал чрез модела се използва персонален компютър (ПК). Връзката между измервателната система EMK1 и ПК се осъществява чрез безжичен обмен на информация (модули

RFT). Те се свързват с ЕМК чрез сериен интерфейс SPI. Връзката между вторият RFT и ПК се осъществява от ЕМК2.

Системата работи по следния начин. След потапяне на крайника в разтопения метал започва отчитането на стойностите на температурата на крайника през определени равни интервали от време. След изпълнение на критерий за продължителността на измерването на температурата на метала се включва сигнализацията чрез зумера. Стойностите на измерените дискрети се изпращат чрез модулите RFT към персоналния компютър, където се изпълняват алгоритмите, показани на фиг.3 и фиг.4, с цел определяне на неизвестните стойности на модела. Следва симулиране на кривите на нагряването чрез модела. Определя се реалната температура на разтопения метал. Стойността на получената температура на разтопения метал се изпраща на ЕМК1 и се извежда на индикация.

РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

Предложена е методика на измерването температурата на разтопен метал, отчитаща информация за динамиката на нагряването на контактуващия с разтопения метал крайник на уреда и използваща симулация на процеса чрез модел.

Обоснован е критерий за продължителността на измерването на температурата на метала.

Разработен е модел на нагряването на измерителния крайник, чрез който се изчислява температурата на метала.

Създаден е алгоритъм за сравнение на симулираната крива с кривата на нагряване на крайника.

Предложена е структура на електронна система за измерване.

Предложеният критерий, модел и структура на електронна система за контактно измерване температурата на разтопен метал дават възможност да се намали времето на контакт на крайника с метала, с цел да се увеличи времето на неговата експлоатация и да се подобри точността на измерване.

ЛИТЕРАТУРА

[1]Станчев Т., К. Андонов, И. Евстатиев. Моделиране на топлообмена в ограждение на животновъдна сграда. сп. „Селскостопанска наука”, 6/2008.

[2]Евстатиева Н., С.Табаков. Алгоритмы моделирования кинетических кривых процесса сушки в распылительной сушилке. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*, 1/2009, стр.104-114 (издание Сибирского отделения Российской академии сельскохозяйственных наук).

[3]Евстатиева Н. Моделиране на процеса сушене в разпръсквателна сушилка. „*Електротехника и електроника*”, 1-2, 2008 г., стр.22-27.

[4]Велев Д., Техническа термодинамика и топлообмен. 288 стр., Техника, София, 1984.

[5]Станчев Т. Система за експресно определяне съпротивлението на топлопреминаване на ограждения в животновъдни сгради. сп. „Селскостопанска наука”, 6/2008.

За контакти:

Доц. д-р Иван Евстатиев, Катедра “Електроника”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082-888 772, e-mail: jevstatiev@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.