

Kalibrácia pyrometra Cyclops 153

Zákazník: Spojené oceliarnie a.s., Žilina, číslo objednávky 0100/12 zo dňa 12.09.10

CoK: 072/270/46/10

Meranie 22.09 .2010

Nastavenie pyrometra: emisivita 1,00; vzdialenosť od referenčnej roviny MCT 1500mm,

zorné pole priemer 5 mm na stred dna MCT, efektívna vlnová dĺžka 3,9 um.

Zdroj MCT B2: efektívna emisivita dna 0,988, doba ustalovania min. 1 hod.

Referenčný pyrometer: FEP1, vzdialenosť od referenčnej roviny 600 mm,

Teplota okolia 22,7°C, relatívna vlhkosť 45%

Koeficienty z rádiometrickej kalibrácie referenčného pyrometra:

$$c_2 := 14388$$

$$\lambda_{\max} := 0.66192$$

$$k_t := 0.00067$$

Aktivita pre nominálne teploty : Aktivita bola vypočítaná v programe - klik

$$K1_0 :=$$

C:\Aktivity\DAT

Voľba kalibrovaného zdroja MCT A1=0, pyrometrické žiarovky A1=1

$$A1 := 0$$

$$K1 := \text{if}(A1 < 1, \text{submatrix}(K1_0, 0, 14, 0, 1), \text{augment}(\text{submatrix}(K1_0, 0, 14, 0, 0), \text{submatrix}(K1_0, 0, 14, 2, 2)))$$

Interpolácia aktivity kubickým splinom

$$T_n := K1^{(0)} + 273.15 \quad a := \text{cspline}(T_n, K1^{(1)}) \quad K1(T) := \text{interp}(a, T_n, K1^{(1)}, T)$$

Koeficienty pre etalónové čierne teleso opravená hodnota T Au o gradient v dutine -0,2K

$$S_{Au} := 197.974$$

$$T_{Au} := 1337.13$$

$$\varepsilon_{Au} := 0.99965$$

$$K_{4Au} := 0.99843$$

$$t_{pyrAu} := 22.7$$

Koeficient K_4 pre pyrometer a kalibrovaný zdroj (pyrometrickú žiarovku alebo model čierneho telesa):

$$K_{4z} := 0.99799$$

Korekcia na nelinearitu

$$\text{koef}_3 := \begin{pmatrix} 0.0471815 \\ -0.0854248 \\ 0.0596616 \\ -0.0199513 \\ 0.0031902 \\ -0.0001955 \end{pmatrix} \quad K_3(S) := \left[1 + \left[\sum_{q=0}^5 \text{koef}_3_q \cdot (\log(S))^q \right] \right]$$

Korekčný koeficient pyrometra na teplotu

$$K_2(t_{pyrt}) := 1 + k_t \cdot (t_{pyrAu} - t_{pyrt})$$

Podmienky za ktorých bolo vykonané meranie teploty - teplota pyrometra, emisivita neznámeho zdroja, index lomu vzduchu pre vlnovú dĺžku 662 nm.

$$t_{pyrt} := 22.7 \quad \varepsilon_z := 0.998$$

$$n := 1.00027$$

Namerané hodnoty signálov v pA v 1.stl. , ich neistoty, nulové signály. v 0.stl. je nominálna teplota, citlivostné koeficienty. neistota realizácie

	Nom.teplota	IFEP1/pA	sd	I0 / pA	sd
$V^{(1)}$	1550	1.4716E+04	2.4474E+00	2.2680E+01	2.2618E-01
$V^{(3)}$	1500	1.0582E+04	1.9480E+00	1.8760E+01	1.9029E-01
$V^{(0)}$	1399	5.1309E+03	1.1409E+00	1.1580E+01	1.8806E-01
$T_m^{(0)}$	1297	2.2430E+03	9.9145E-01	6.7950E+00	2.0384E-01
u_S	1196	8.8477E+02	4.1353E-01	3.8220E+00	2.0649E-01
u_0	1094	3.0374E+02	3.1593E-01	2.3395E+00	1.5111E-01
CT_e	993	8.9948E+01	4.7900E-02	1.5831E+00	3.5000E-02
CT_k	890	2.0934E+01	3.2560E-02	8.8434E-01	2.9730E-02
u_p	789	4.1726E+00	2.6660E-02	6.2580E-01	3.0320E-02

Model

Korigovaný pomer signálov:

$$i := 0.. \text{rows}(V) - 1$$

$$S_i := \frac{\left(S_{Au} \cdot \frac{1}{\epsilon_{Au}} \cdot K_{4Au} \cdot K_3(S_{Au}) \right) \cdot \left(\exp\left(\frac{c_2}{\lambda_{max} \cdot T_{Au} \cdot n} \right) - 1 \right) \cdot K1(V_{i,0} + 273.15)}{(V_{i,1} - V_{i,3}) \cdot \frac{1}{\epsilon_z} \cdot K_{4z} \cdot K_3(V_{i,1}) \cdot K_2(t_{pyrt})}$$

Počiatočná hodnota pre iteračné riešenie rovnice $T := 1000$

$$F(T, S) := \exp\left(\frac{c_2}{\lambda_{max} \cdot T \cdot n} \right) - 1 - S$$

$$Tep_i := \text{root}(F(T, S_i), T) - 273.15$$

Teploty podľa etalónového pyrometra

Namerané teploty s Cyclops 153

1549.3
1500.1
1400.8
1300.0
1200.2
1099.8
1000.3
897.5
796.6

Tep =

1548
1499
1400
1300
1200
1099
1000
898
797

$T_m =$

Bilancia neistôt

B

St. neistota emisivity $u_\varepsilon := 0.05$

St. neistota pyrometra (stl. I)

$$u_{B_i} := \sqrt{(CT_{e_i})^2 \cdot u_\varepsilon^2 + (CT_{k_i})^2 \cdot u_\varepsilon^2 - 2 \cdot CT_{e_i} \cdot CT_{k_i} \cdot u_\varepsilon^2 + (u_{p_i})^2}$$

A

$$u_{A_i} := \sqrt{\left(\frac{u_{S_i} \cdot 100}{V_{i,1}}\right)^2 \cdot (CT_{e_i})^2 + \left(\frac{u_{0_i} \cdot 100}{V_{i,1}}\right)^2 \cdot (CT_{e_i})^2 + \left(\frac{0.5}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$U_{C_i} := 2 \cdot \sqrt{(u_{B_i})^2 + (u_{A_i})^2}$$

Vysledky := augment(Tep, T_m, Tep - T_m, U_C)

Vysledky =	1549.3	1548.0	1.3	1.2
	1500.1	1499.0	1.1	1.0
	1400.8	1400.0	0.8	1.0
	1300.0	1300.0	0.0	0.9
	1200.2	1200.0	0.2	0.8
	1099.8	1099.0	0.8	0.8
	1000.3	1000.0	0.3	0.7
	897.5	898.0	-0.5	0.8
	796.6	797.0	-0.4	1.3

