

(330)

分光放射率測定に及ぼす迷光の影響

中部工業大学 ○山口隆生 藤田清比古
(株)山崎鉄工所 中野英樹

分光器と光電子増倍管を組合せた装置を用いて鉄鋼の可視域における分光放射率の測定を試みたが、分光器内の迷光が測定結果に大きく影響することがわかったのでこれについて考察した。任意の波長 λ_0 (分光波長幅 $\Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2$) に分光器を設定し、温度 T に加熱した試料を測定した場合の測定される光電子増倍管の分光出力 $I_{(\lambda_0, T)}$ と分光器の出力となる放射エネルギー $B_{(\lambda_0, T)}$ の関係は(1)式ようになる。

$$I_{(\lambda_0, T)} = \alpha \cdot A \cdot \int_{\lambda_0 - \Delta\lambda_1}^{\lambda_0 + \Delta\lambda_2} \omega(\lambda) \cdot \varepsilon_{(\lambda, T)} \cdot N_{(\lambda, T)} d\lambda = \alpha \cdot A \cdot \int_{\lambda_0 - \Delta\lambda_1}^{\lambda_0 + \Delta\lambda_2} B_{(\lambda, T)} d\lambda \quad (1)$$

ただし α , A は測定条件で決まる定数; $\omega(\lambda)$ は光電子増倍管や測定光路の分光特性; $\varepsilon_{(\lambda, T)}$ は測定物体の分光放射率; $N_{(\lambda, T)}$ は完全放射体の分光放射輝度であり, $I_{(\lambda_1, T)}/I_{(\lambda_2, T)} = B_{(\lambda_1, T)}/B_{(\lambda_2, T)}$ が成立する。(1)式より直ちに $\varepsilon_{(\lambda, T)}$ を求めるには $\alpha, A, \omega(\lambda)$ の絶対値を知らなければならないが、これは困難なので、著者らは前報¹⁾で述べた通り、まずある温

度 T_0 において分光放射率 $\varepsilon_{(\lambda, T_0)}^0$ が既知の基準物体の分光出力 $I_{(\lambda, T_0)}^0$ を測定し、それとその中かの特定波長 λ_0 の分光出力 $I_{(\lambda_0, T_0)}^0$ との比をとって(2)式で $R(\lambda_0)$ を決定する。ついで試料の分光出力の測定値 $I_{(\lambda, T)}$ も $I_{(\lambda_0, T)}$ で除し、これと $\varepsilon_{(\lambda_0, T)}$ および $R(\lambda_0)$ を用いれば(3)式より各波長の $\varepsilon_{(\lambda, T)}$ が算出できる。

$$R(\lambda_0) = \frac{\alpha \cdot A \cdot \omega(\lambda_0)}{\alpha \cdot A \cdot \omega(\lambda_0)} = \frac{I_{(\lambda, T_0)}}{I_{(\lambda_0, T_0)}^0} \cdot \frac{\varepsilon_{(\lambda_0, T_0)}^0}{\varepsilon_{(\lambda, T_0)}} \cdot \frac{N_{(\lambda_0, T_0)}}{N_{(\lambda, T_0)}} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{(\lambda, T)} = \frac{I_{(\lambda, T)}}{I_{(\lambda_0, T)}} \cdot \frac{1}{R(\lambda_0)} \cdot \frac{N_{(\lambda_0, T)}}{N_{(\lambda, T)}} \cdot \varepsilon_{(\lambda_0, T)} \quad (3)$$

以上は迷光を考慮しない場合である。一方入に分光した光に混入する迷光で光電子増倍管に検出されるもののうち設定波長 λ に依存しないものを θ_{WT} 、依存するものを $\theta_{WT}(\lambda)$ とすれば、その場合の出力は $I_{(\lambda, T)}^0 = I_{(\lambda, T)} + \theta_{WT} + \theta_{WT}(\lambda)$ となる。このうち θ_{WT} は分光器内の散乱光などに起因し、これが迷光の大部分をしめるので微小な $\theta_{WT}(\lambda)$ は無視でき、出力は(4)式ようになる。

$$I_{(\lambda, T)}^0 = I_{(\lambda, T)} + \theta_{WT} \quad (4)$$

また(5)式に示すように θ_{WT} と全波長域での入射光のうち光電子増倍管で検出し得ると予想される光エネルギーとの比を迷光度 $\theta(m)$ と定義した。

$$\theta(m) = \theta_{WT} / \left\{ \alpha \cdot A \cdot \int_{\lambda_{P1}}^{\lambda_{P2}} \omega(\lambda) \cdot \varepsilon_{(\lambda, T)} \cdot N_{(\lambda, T)} d\lambda \right\} \quad (5)$$

ただし λ_{P1} , λ_{P2} は光電子増倍管の感度波長域の下限値と上限値である。つぎに(4)式を用いて(3)式を導いたのと同様の方法で迷光のある場合の $\varepsilon_{(\lambda, T)}^0$ を求め、これと迷光のない場合の $\varepsilon_{(\lambda, T)}$ との比をいれれば測定分光放射率に及ぼす迷光の影響が定量化できる。

$$\frac{\varepsilon_{(\lambda, T)}^0}{\varepsilon_{(\lambda, T)}} = \frac{1 + \theta_{WT}/I_{(\lambda, T)}}{1 + \theta_{WT}/I_{(\lambda_0, T)}} \cdot \frac{1 + \theta_{WT}^0/I_{(\lambda_0, T)}^0}{1 + \theta_{WT}^0/I_{(\lambda, T)}^0} \quad (6)$$

測定物体の T は $1000 \sim 2000^\circ\text{C}$, λ は $0.38 \sim 0.80 \mu\text{m}$, $\varepsilon_{(\lambda, T)}$ は λ に対して直線 $[\varepsilon_{(\lambda, T)} = a\lambda + b, (a, b \text{ は定数})]$ とし, $\theta(m)$ が $10^{-3} \sim 10^{-8}$, (2)式の $T_0 = T$ について迷光の影響を(6)式で検討した。その結果、低い温度ほど、波長は短くなるほど、また分光放射率が灰色体から偏るほど迷光の影響が大きくなり、そして鉄鋼を測定対象とした場合迷光の影響を $\pm 1.0\%$ 以内にするには $\theta(m)$ が 10^{-7} 以下の分光器が必要となることがわかった。以上のことは温度 $1100 \sim 1300^\circ\text{C}$ の鉄の分光放射率を迷光度 10^{-7} の分光器(ダブルモノクロメータ)を用いて測定した結果が波長に対してほぼ直線的であったのに対して迷光度 $10^{-3.5}$ の分光器(シングルモノクロメータ)を用いた場合のそれは特に $0.50 \mu\text{m}$ より短い波長側で差を生じた実験結果とよく一致した。なお分光器の迷光度の決定は2温度の $R(\lambda_0)$ を測定し、この比から求める方法を考えた。

* [鉄と鋼 60 (1974) No. 11 (講演概要) 568 1]