

分野:伝熱解析

テーマ:ジュール熱

1. ジュール熱考慮の必要性

発熱部を有する電子部品を伝熱解析する場合、使用するケーブルの大きさ(長さ、太さ等)あるいは流す電流によっては、電流の入・出力ケーブルに発生するジュール熱を考慮する必要がある場合がある。

そこで、ジュール熱によるケーブル内温度の概略計算とケーブルの比抵抗についてまとめた。

2. ジュール熱による概略温度計算

問題を簡単にするために、被覆の無いケーブル(導体)とする(図1)。

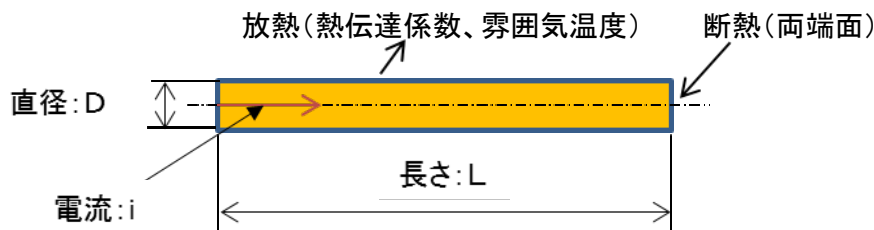


図 1

①ケーブルの諸元及び放熱条件は以下とする。

- ・ 直径: $D=2(\text{mm})$ → 断面積: $A=\pi * D^2/4$
- ・ 長さ: $L=500(\text{mm})$
- ・ 電流: $i=20(\text{A})$
- ・ 比抵抗: $\rho = 2(\Omega \cdot \text{cm})$ → 比抵抗は温度で変化するが、ここでは一定とする。
比抵抗を温度依存とした場合は、収束計算が必要。
- ・ 熱伝達係数: $h=20(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K})$
- ・ 雰囲気温度: $\theta_2=20(^{\circ}\text{C})$

② ケーブルの抵抗値: $R(\Omega)$

$R=\rho * L/A$ で計算される。

図1のモデルの場合、上記諸元を代入して計算すると、 $R=0.00318(\Omega)$ となる。
計算時は比抵抗 ρ の単位に注意のこと。

③ ケーブルの発熱量Q(W)

ケーブルの発熱量Qは、

$$Q = V \cdot i = i^2 \cdot R = V^2 / R \text{ (W)} \text{ となる。}$$

図1のモデルの場合、上記諸元を代入して計算すると、 $Q = 1.2732 \text{ (W)}$ となる。

④ ケーブル内の温度 θ_1 (°C)

ケーブル内の温度が均一であるとする、

$$Q = h \cdot \pi \cdot D \cdot (\theta_1 - \theta_2) \text{ となる}^1)。$$

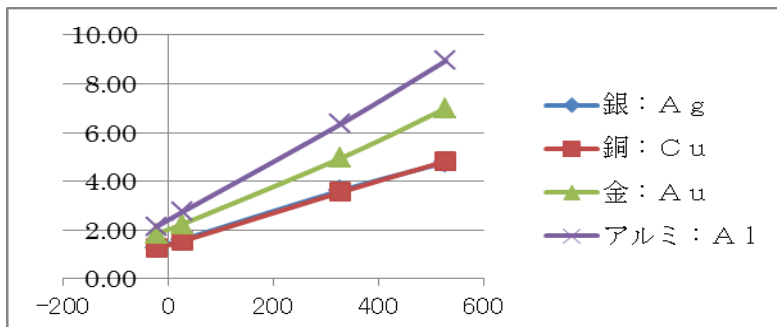
図1のモデルで計算すると、 $\theta_1 = 60.5 \text{ (°C)}$ となる。

なお、実際はケーブルの被覆の影響、ケーブル端面からの放熱で、ケーブル内温度はこれより低くなるが、安全サイドの評価となる。

3. 電線(ケーブル)材料の比抵抗²⁾

温度 °C	比抵抗: $\mu \Omega \cdot \text{cm}$			
	銀: Ag	銅: Cu	金: Au	アルミ: Al
-23	1.27	1.25	1.85	2.14
27	1.61	1.55	2.25	2.75
327	3.62	3.55	4.95	6.35
527	4.78	4.83	7.00	8.95

注: 絶対温度=273(°C)として換算した。 $\Omega \cdot \text{m} = \mu \Omega \cdot \text{cm} \times 10^{-8}$



* 引用、参考文献

1. スコーレ・テクニカル・ブリーフ 第12号
2. 日本機械学会: 伝熱工学資料 改訂第5版(発行: 丸善株) P281

*****問題解決のお手伝いをします*****

(有)スコーレ・ティー・エー・リサーチ

電話: 052-723-9227、FAX: 052-723-9228

E-mail: info@schole-rd.co.jp ホームページ: <http://www.schole-rd.co.jp>