

Fig. 5. Relation between cooling rate and hardness.

4. 結 言

これまでの結果をまとめると、

(i) 厚み 28 mm, 初期温度 930°C の炭素鋼の冷却速度 V_{500} (800→500°C), V_{300} (800→300°C) と冷却水々量 W , 水温 θ の間には、

$$V_{500} = 54 \cdot 3 W^{1/3} (1 - 5 \cdot 0 \times 10^{-3} \theta)$$

$$V_{300} = 53 \cdot 2 W^{1/3} (1 - 5 \cdot 0 \times 10^{-3} \theta)$$

[V_{500} , V_{300}]: deg/sec

[W]: $l/cm^2 \cdot min$ 範囲 0.02~0.30

[θ]: °C " 0~100

の関係のあること。

(ii) 上記試料の場合、 V_{500} と V_{300} はほぼ等しいこと。

(iii) 上記試料の場合、冷却速度と硬度は比例関係にあること。
などがわかった。

(262) 炭素鋼の強制冷却による熱伝達率測定実験について

(鋼材の冷却に関する研究—III)

八幡製鉄, 技術研究所

島田 道彦・○三塚 正志

On Heat Transfer Coefficient by Forced Water Cooling to Carbon Steel.

(Study on cooling of steel—III)

Michihiko SHIMADA, Masashi MITSUTSUKA.

1. 緒 言

各種設備の設計, 工程の自動制御, 熱応力の解析など

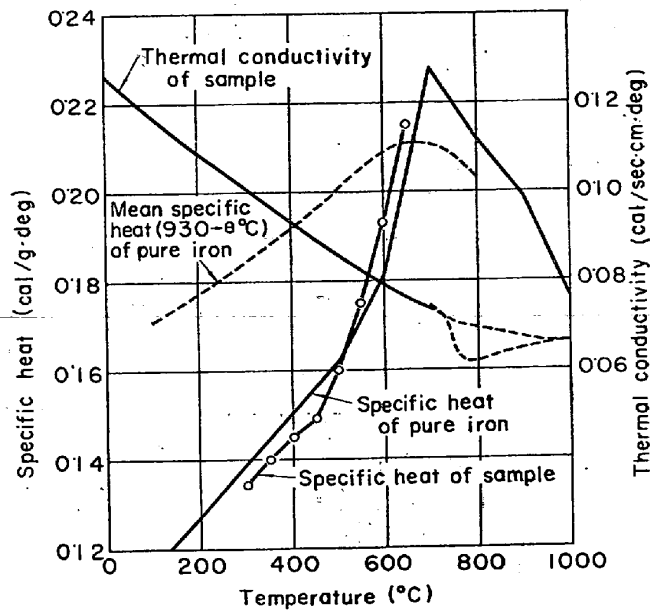


Fig. 1. Specific heat and thermal conductivity of sample.

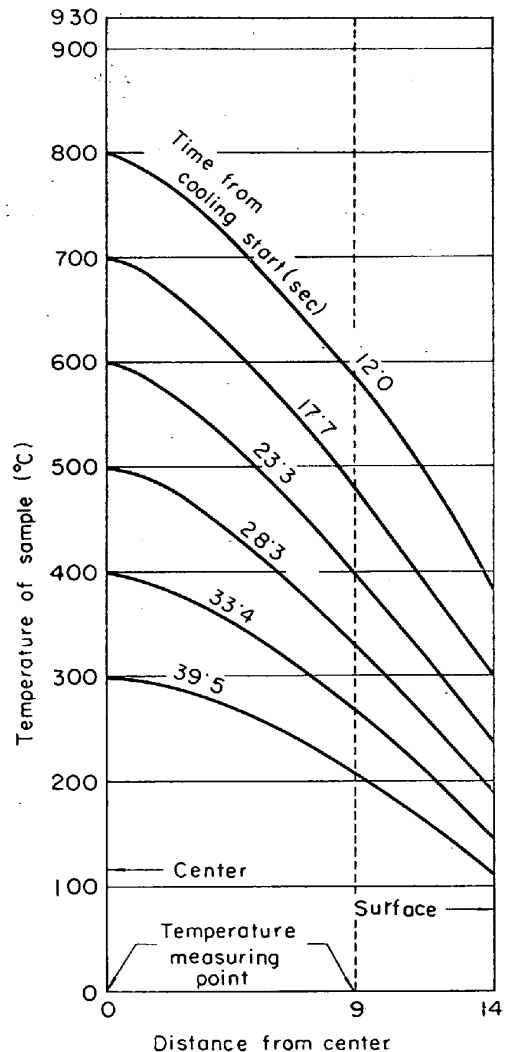


Fig. 2. Temperature distribution in sample.

のため、強制水冷される鋼材の温度分布の計算が広く行なわれている。これらの計算を行なうには、鋼材の熱的物性値や鋼材と冷却水間の非定常状態における平均熱伝達率が必要である。前報“炭素鋼の強制冷却による冷却速度測定実験について”のデータを用いて、強制水冷時における冷却水と炭素鋼間の平均熱伝達率を計算し、水量や水温と平均熱伝達率との関係求めた。

2. 熱伝達率の求め方

平板試料において、熱流が1次元(厚さ方向)の場合、試料中央の温度 $\theta_c(t)$ は、

$$\frac{\theta_c(t) - \theta}{\theta_0 - \theta} = f\left(\frac{at}{l^2}, \frac{\alpha l}{\lambda}\right) \dots\dots\dots (1)$$

- $(\theta_c - \theta) / (\theta_0 - \theta)$: 温度比
- at/l^2 : フーリエ数 (= F_0)
- $\alpha l/\lambda$: ビオー数 (= Bi_i)
- θ : 水 温
- θ_0 : 試料の初期温度
- a : " 温度伝導率
- λ : " 熱伝導率
- $2l$: " 厚み (ただし、両面から冷却)
- t : 冷却開始からの経過時間
- α : 冷却水と試料間の平均熱伝達率

ただし、試料は両面から均等に冷却されるものと仮定する。それゆえ、試料中央の温度を時間の関数として測定すれば、(1)式から平均熱伝達率が得られる。

今回の実験に用いた炭素鋼試料の比熱と熱伝導率を Fig. 1 に、冷却中の試料内の平均的溫度分布を Fig. 2 に示す。これらの図から求めた試料の溫度分布と物性値を Table 1 に示す。したがって、(1)式と Table 1 を用い、実験から得られた“時間溫度”曲線を使用して平均熱伝達率を求めた。

3. 実験結果および考察

3.1 水量、水温と平均熱伝達率の関係

実験結果(試料中央 930→500°C)を Fig. 3 および Fig. 4 に示す。このグラフから、水量 W と平均熱伝達率 α の間には、

$$\alpha \propto W^{0.55} \dots\dots\dots (2)$$

水温 θ と α の間には、

$$\alpha \propto (1 - 7.5 \times 10^{-3}\theta) \dots\dots\dots (3)$$

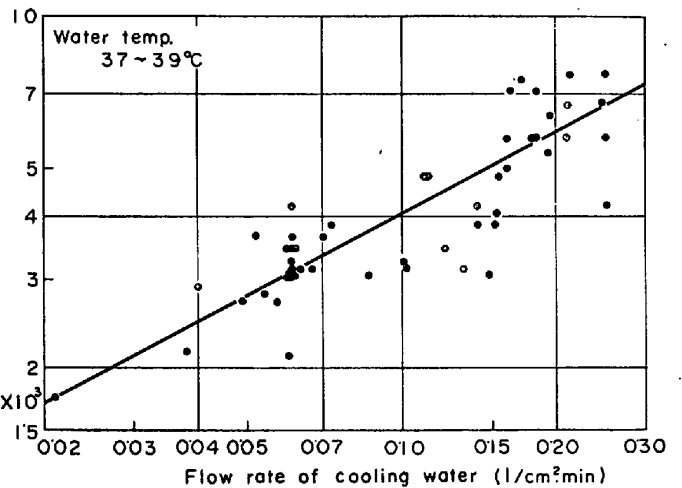


Fig. 3. Relation between water flow rate and heat transfer coefficient.

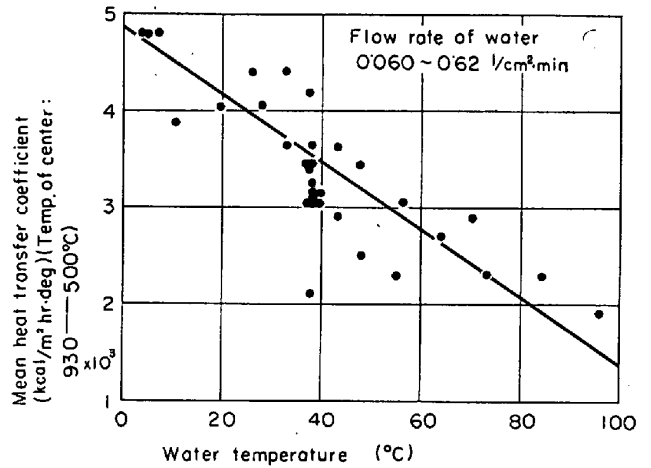


Fig. 4. Relation between water temperature and heat transfer coefficient.

の関係がある。これらの関係は、水量、水温と冷却速度との関係に似ている。実験データから、 W 、 θ と α との関係をもとめると、

$$\alpha = 2.25 \times 10^4 W^{0.55} (1 - 7.5 \times 10^{-3}\theta) \dots\dots\dots (4)$$

[α]: kcal/m²·hr·deg

[W]: l/cm²·min

Table 1. Thermal properties of sample.

Item	Temp. at the center of sample					
	930 →700	930 →600	930 →500	930 →400	930 →300	
Mean time from cooling start, \bar{t}	(sec)	17.7	23.2	28.3	33.4	39.5
Mean sample temp. at \bar{t} , $\bar{\theta}$	(°C)	530	440	370	300	230
Mean surface temp. of sample at \bar{t} , $\bar{\theta}_s$	(°C)	300	240	190	150	110
Mean sample temp. from $t=0$ to $t=\bar{t}$, $(= (930 + \bar{\theta})/2)$	(°C)	730	685	650	615	580
Mean specific heat of sample from $t=0$ to $t=\bar{t}$	(cal/g·deg)	0.203	0.195	0.189	0.184	0.179
Mean thermal conductivity of sample from $t=0$ to $t=\bar{t}$	(cal/sec·cm·deg)	0.0694	0.0730	0.0748	0.0771	0.0802
Mean thermal diffusivity of sample from $t=0$ to $t=\bar{t}$	(cm²/sec)	0.0444	0.0486	0.0514	0.0544	0.0582

* This table was gained from Fig. 1 and 2

Table 2. Difference of cooling rate and heat transfer coefficient by sample temperature.

Temp. at the center of sample(°C)	n	930 →700	930 →600	930 →500	930 →400	930 →300	
Item							
Mean cooling rate of sample center	79	0.86	0.93	1.00	1.04	1.05	
Mean heat transfer coefficient	A①	79	1.01	0.95	1.00③	1.14	1.28
	B②	79	0.77	0.86	1.00④	1.17	1.40

①: Using the thermal properties of sample shown Table 1.

②: Using constant thermal properties of sample, specific heat 0.16 cal/g·deg, thermal conductivity 0.10 cal/sec·cm·deg, density 7.7 g/cm³, thermal diffusivity 0.081 cm²/sec

③: Mean heat transfer coefficient 3235 kcal/m²·hr·deg

④: " 2038 "

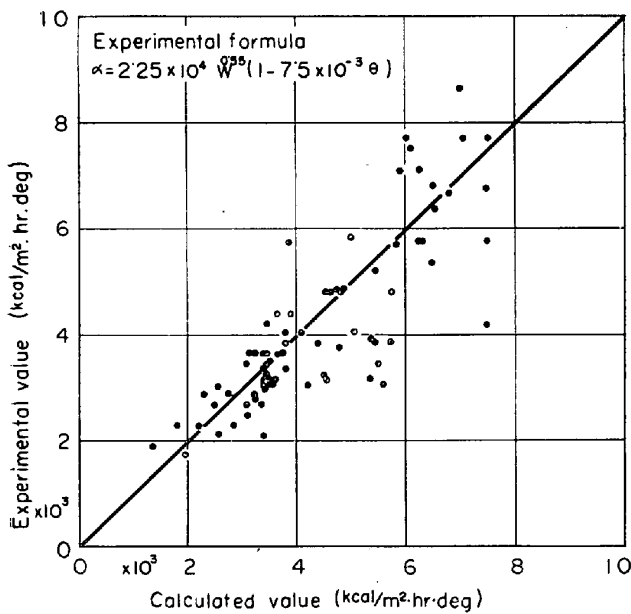


Fig. 5. Comparison between experimental values and calculated values from experimental formula.

[θ]: °C

(4) 式から計算した値と実測値との関係を Fig. 5 に示す。(4) 式を使用すると、水量、水温から熱伝達率が概算できる。

3.2 試料温度と平均熱伝達率の関係

試料の温度と熱伝達率の関係を調べるに際しては、異なる条件のデータを用いるため、930→500°C (試料中央) の値に対する比を用いた。結果を Table 2 に示す。

炭素鋼は高温になると、熱伝導率が小さく、比熱が大きくなるから、冷却速度が減少するのは容易にうなずける。一方、温度に対して補正した物性値を使用したにもかかわらず、高温になるにつれて、熱伝達率 (Table 2 の A) が減少するのは、温度によつて試料表面の伝熱特性が相異なること (膜沸騰、核沸騰などの現象) や試料の物性値の温度補正が正確に行なわれていないことによるものと思われる。

Table 2 の熱伝達率 B は、試料の物性値が温度によつて変化しないものと仮定して算出した値である。このように、物性値に対する温度補正を行なわないと、熱伝達

率は試料温度によつて相異なる。

また、Table 2 の熱伝達率の絶対値において、A が B より大きいのは、B の計算に使用した比熱が実際より小さく、熱伝導率が大きいためである。このように、熱伝達率を算出する場合には、試料の物性値の選び方が重要である。以上のような理由から、熱伝達率を用いて計算する場合には、熱伝達率の算出に用いた物性値を用いるのが望ましいことがわかる。

4. 結 言

これまでの結果をまとめると、

(i) 水量、水温と熱伝達率の間には、

$$\alpha = 2.25 \times 10^4 W^{0.55} (1 - 7.5 \times 10^{-3} \theta)$$

[α]: kcal/m²·hr·deg

[W]: l/cm²·min

[θ]: °C

(ii) 試料の“時間-温度”曲線から熱伝達率を算出する場合、試料の熱的物性値の選び方が、得られる値に影響することなどがわかった。

(263) 温間伸線された鋼線の電子顕微鏡組織について

神戸製鋼所, 中央研究所

○高橋栄治・近藤亘生・平野 坦

On Microstructure of Warm Drawn Steel Wires.

Eiji TAKAHASHI, Nobuo KONDO and Hiroshi HIRANO.

1. 結 言

一般に鋼を伸線加工すると、伸線加工中に発熱し、試料の温度が上昇する。この発熱が伸線加工後の成品の伸び、巻き解き値などの点に悪影響をおよぼすことが知られている¹⁾²⁾。したがって現在は、伸線加工中試料の温度上昇をできるだけ防ぐために、水冷されたダイを使つて伸線している。一方温間伸線をおこなうと鋼の引張り強さ、耐力などが高くなるので、この性質を利用して、じん性をいくぶん犠牲にしても、より強度の高い線材を得るための実験が五弓³⁾らによつておこなわれている。