

り残っている。60%加工では段押出材はすべて消え、普通押出材にわずかに残っていた。

4. 結 言

SUS 27 連続铸造ブルームを直接押出す工程で製造される鋼管外表面の特有な縦すじについて、その発生機構を材料のメタルフローに注目して解析し、铸造組織の柱状晶に起因し、内周の圧縮変形に対し、外周がせん断変形である押出加工法の特長によつて縦すじの現われることを指摘した。

次にこの押出加工のさいの変形の特長から、ピレット外周をまず軽く加工し、引続き所定形状の製品に押出す段押出法の検討を行ない、完全に縦すじを消滅させることはできないが、適当な条件でかなり軽微にすることができることを認めた。

文 献

- 1) D. HALL, T. McHUGH: J. Iron & Steel Inst. 203 (1965) 7, p. 665
- 2) 岡本, 中村: 鉄と鋼, 50 (1964) 12, p. 2044

(144) 非定常状態におけるスプレー冷却の熱伝達について

(鋼材の冷却に関する研究—I)

八幡製鉄, 技術研究所

理博 吉田 秋登・島田 道彦
清水 亮・〇三塚 正志

On Heat Transfer of Spray Cooling in Unsteady State.

(Study on cooling of steel—I)

Dr. Akito YOSHIDA, Michihiko SHIMADA,
Ryo SHIMIZU and Masashi MITSUZUKA.

1. 緒 言

小粒子や微粒子水滴スプレーは、水量分布が比較的均一なこと、冷却効果(熱伝達率)の制御が比較的容易にできることの長所が活用され、将来、連続铸造の二次冷却、各種鋼材の熱処理や冷却、ロールなど製鉄用機械の冷却などに広く利用されるようになると思われる。一方、操業の自動化や冷却過程の研究のため、伝熱計算が必要になると、計算の基礎である冷却体と被冷却体間の熱伝達率、冷却体や被冷却体の熱的物性値が必要になる。伝熱の研究は、学術上は定常状態で行なうほうが望ましいけれど、生産現場を対象とする技術上は非定常状態で行なう方が応用上の利用価値は高い。なぜなら、現場で行なう冷却の大部分は非定常状態であり、その上、被冷却体の初期温度が 1000°C 前後と高いから、膜沸騰や核沸騰など複雑な伝熱機構や温度によつて複雑に変化する被冷却体の熱的特性値が関係するため、これらすべての要因を含んだ状態で実験すると、技術的応用が容易になるからである。以上のような理由から、今回は被冷却体に 18-8 鋼、冷却体に水道水を使用し、非定常状態におけるスプレー冷却の伝熱特性すなわち被冷却体とスプレー間の熱伝達率を測定した。

2. 実験方法

2.1 熱伝達率の求め方

半径方向にのみ熱の流れる中実円筒について考える。最初円筒は均一温度 θ_0 で、 $t=0$ の瞬間から温度 θ_s のスプレーで冷却される時、 $t=t$ における円筒の中心温度 θ_m は、

$$\theta_m - \theta_s / \theta_0 - \theta_s = f(at/r^2, \alpha\gamma/\lambda) \dots\dots\dots (1)$$

- a : 円筒の温度伝導率
- r : " 半 径
- λ : " 熱 伝 導 率
- α : 円筒とスプレー間の熱伝達率

それ故、3 個の無次元数すなわち温度比 $((\theta_m - \theta_s) / (\theta_0 - \theta_s))$ 、フーリエ数 (at/r^2) 、ビオー数 $(\alpha r/\lambda)$ を求めれば、熱伝達率は得られる。実験によつて、温度比と時間の関係が得られるから、熱伝達率は簡単な計算で得られる。なお、この方法で得られる熱伝達率は平均熱伝達率である。

3.2 実験装置および方法

Fig. 1 (a) に装置の概略図 (b) に試料の加熱および冷却部分の詳細図を示す。試料(被冷却体)は 40 mm ϕ \times 150 mm l の 18-8 鋼(表面仕上げ $\Delta\Delta$) で中心に 3.5 mm ϕ \times 75 mm l の熱電対孔がある。試料が所定の温度に加熱されると、電気炉の外側に所定の水温、噴射圧のスプレーが噴射され、すべての準備が終了すると、瞬間的に電気炉が上方に取り除かれ、試料の冷却が開始する。C-A 熱電対で測定される試料の中心温度は電子管式自動平衡型 mV 計に記録され、電気炉の下端が試料の高さ方向の中央を通過する時、自動的に記録紙にマークが入り、この時間を $t=0$ とする。なお、18-8 鋼の熱的物性値は温度によつて相違するから、無次元数を求める時、この点を考慮した。また、スプレー用ノズルは米国スプレイ社製の扁平ノズル 6506 型を使用した。

3. 結果および考察

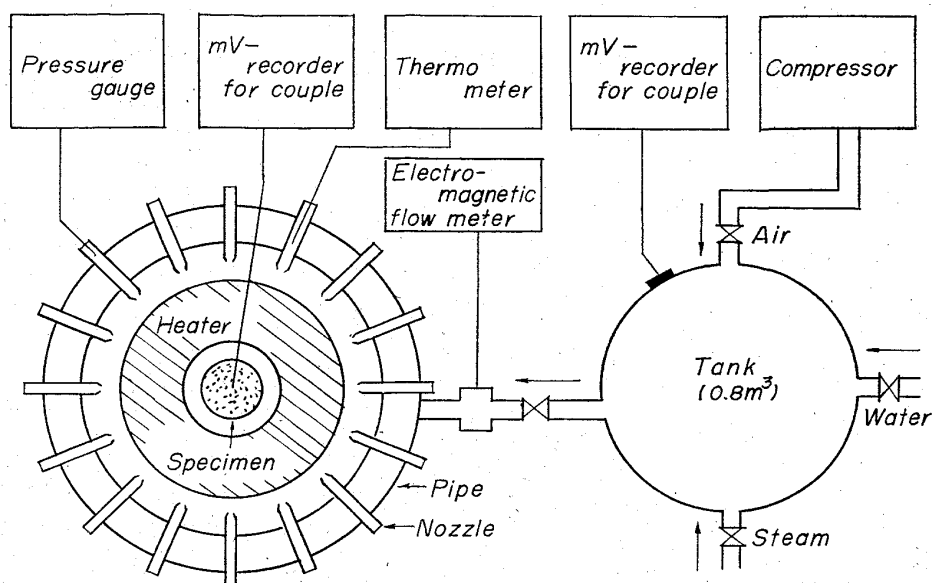
実験結果を Table 1, 2 に示す。

スプレー冷却における熱伝達の実験研究にさいしては、現象をミクロ的に観察したり、次元解析などの手段を用いて解析すべきであるが、早急に、各要因が熱伝達率に与える影響を定量的に必要としたため、今回は、現象を統計的に解析し、冷却水々量、冷却水々温および試料初期温度が熱伝達率に与える影響を数式化した。結果を最小自乗法で整理すると、

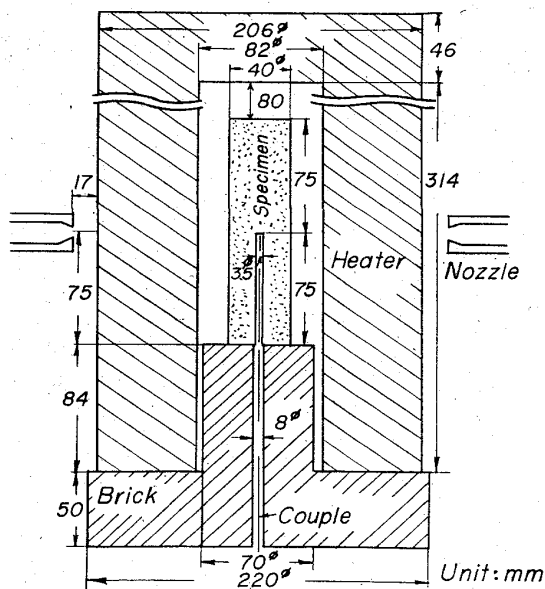
$$\alpha = 6.23 W^{1.10} \cdot T_0^{1.28} \cdot \theta_s^{-0.40} \dots\dots\dots (2)$$

- α : 熱伝達率 (kcal/m²·hr·deg)
- W : 冷却水々量 (l/cm²·min) 適用範囲 0.18~0.30
- T_0 : 試料初期温度 (°K) 適用範囲 700~1400
- θ_s : 冷却水水温 (°C) 適用範囲 20~80

(2) 式からの計算値と実測値の対応を Fig. 2 に示す。水量が熱伝達率に与える影響については、管内水流の場合には流速(流量と考えてよい)のべきが 1 より小さく、また、著者らの行なっている他の冷却実験(未発表)においては、水量が多くなると熱伝達率は飽和し、K. P. KOROTKOV¹⁾らの実験結果も飽和している、それでは、(2) 式の水量のべきがなぜ 1.10 になつたのであろうか。多分、水量の範囲が狭く、しかも、同一ノズルを使用



(a) Schematic diagram of apparatus



(b) Dimension of heating and cooling section

Fig. 1. Experimental apparatus of spray cooling.

Table 1. Experimental result between initial temperature of specimen and heat transfer coefficient.

Discharge pressure of spray (kg/cm ²)	2.0	3.0	4.0	5.0
Flow rate of water (l/cm ² ·min)	0.188	0.228	0.264	0.294
Initial temp. of specimen (°C)				
400	1488 ± 197 (n = 4)	1798 ± 301 (n = 6)	1971 ± 455 (n = 6)	2106 ± 472 (n = 6)
600	1599 ± 46 (n = 4)	2181 ± 356 (n = 6)	2163 ± 346 (n = 6)	2407 ± 450 (n = 6)
800	2284 ± 127 (n = 4)	2804 ± 490 (n = 6)	3017 ± 215 (n = 6)	3219 ± 281 (n = 6)
1000	2881 ± 128 (n = 4)	3680 ± 414 (n = 6)	4170 ± 407 (n = 6)	4728 ± 582 (n = 6)
1100	3410 ± 270 (n = 4)	3959 ± 499 (n = 6)	3997 ± 748 (n = 6)	4668 ± 436 (n = 6)

① Temperature of cooling water: 15~25°C ② Error: standard deviation

③ Unit of heat transfer coefficient: kcal/m²·hr·deg

Table 2. Experimental result between temperature of cooling water and heat transfer coefficient.

Temperature of cooling water (°C)	Discharge pressure of spray (kg/cm ²)			
	2.0	3.0	4.0	5.0
	Flow rate of water (l/cm ² ·min)			
	0.188	0.228	0.264	0.294
20	2881 ± 128 (n=4)	3680 ± 414 (n=6)	4170 ± 407 (n=6)	4728 ± 582 (n=6)
40	2281 (n=2)	2886 (n=4)	4396 (n=5)	4487 (n=6)
50	2327 (n=2)	2591 (n=3)	3340 (n=2)	4076 (n=2)
60	—	—	3318 (n=1)	—
65	—	2952 (n=1)	—	3427 (n=3)
70	1484 (n=2)	2101 (n=4)	2774 (n=3)	3015 (n=3)
80	1363 (n=3)	1482 (n=4)	1628 (n=4)	2187 (n=4)

- ① Initial temperature of specimen: 980~1020°C
- ② Unit of heat transfer coefficient: kcal/m²·hr·deg

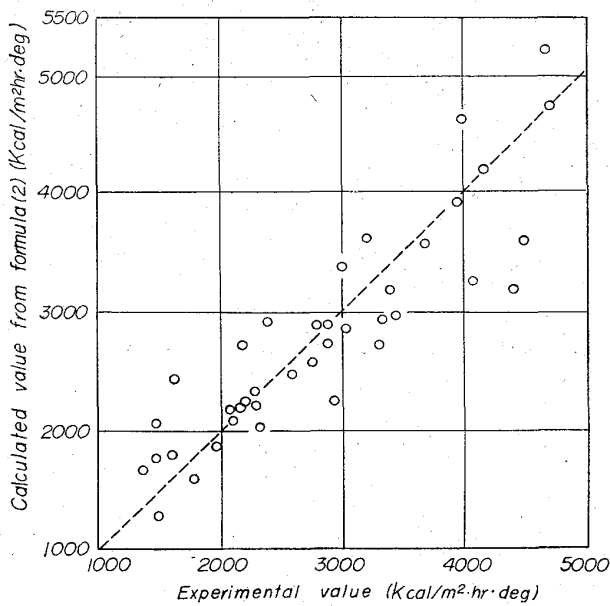


Fig. 2. Relation between experimental value and calculated value in heat transfer coefficient.

し、噴射圧で水量を制御したため、試料に衝突する水滴の速度すなわちスプレーの衝撃圧が熱伝達に影響したものと考えられる。

熱伝達率はふく射、対流および伝導伝熱のすべてを含む実用的係数である。その上、本実験においては、被冷却体(試料)の初期温度が400°~1100°Cであるため、沸騰伝熱やふく射伝熱が複雑に関係している。それゆえ、(2)式の試料初期温度のべき1.28には、これらの要因がすべて含まれているわけである。

冷却水水温が上昇すると、冷却水の物性値(粘性係数、熱伝導率など)が変化し、また、飽和温度に近づくため沸騰しやすくなる。それゆえ、水温が変化すると、熱の伝達も変化する。(2)式の水溫のべき-0.40は、

これらの要因をすべて含んでいるわけである。

4. 結 言

被冷却体に 18-8 鋼の中実円筒、冷却水に水道水の扁平スプレーを使用し、非定常状態における試料-スプレー間の平均熱伝達率を測定した結果、(2)式に示すように、熱伝達率は冷却水水量と試料初期温度に比例し、冷却水水温に逆比例することがわかった。

文 献

- 1) K. P. KOROTKOV: The Continuous Casting of Steel in Commercial Use, (1960), [Pergamon Press]

(145) 非金属介在物に起因する 18-8 ステンレス鋼冷延板の表面キズについて

大同製鋼, 中央研究所

野崎善蔵・工博 梶山太郎・O加藤剛志

On the Surface Seams Caused by Non-Metallic Inclusions in Cold Rolled Sheet of 18-8 Stainless Steel.

Zenzō NOZAKI, Dr. Tarō SUGIYAMA and Kōsi KATŌ.

1. 結 言

ステンレス鋼冷間圧延板はとくにその表面性状が重視される。たとえば 18-8 ステンレス鋼の冷間圧延板などにときたま発生する圧延方向に刷毛でなでたような一種の表面キズである、いわゆる線キズは代表的欠陥の一つである。

線キズの原因は成分バランス不良にあるとも、あるいは非金属介在物であるともいわれるが、われわれが調査した限りでは線キズにはかならず介在物が存在してい