

も粒子が大きいため溶鋼中での浮揚分離が容易であるのに対し、後者の混入物は融点が高く、粒子も微細で、浮揚分離しにくいと考えられる。しかし、この説明は十分でなく、 casting 中から凝固終了までの各種条件、とくに溶鋼の物理的な挙動を正確に把握し、再検討する必要がある。

文 献

- 1) 青: 学振 19 委資料 (介在 67), 1962, 6. 12
- 2) " : " (第 3), 1962, 6
- 3) 青: 鉄と鋼, 48 (1962) 11, p. 1545
- 4) 中川, 古沢: 学振 19 委資料 7511, (介在 109), 1964, 2.4

(143) 連続製造製 18Cr-8Ni 鋼ブルームの直接押出

八幡製鉄, 光製鉄所 岡本 一生
Step Extruding of Continuously Cast
18Cr-8Ni Steels.

Kazuo OKAMOTO.

1. 結 言

オーステナイトステンレス鋼管を連続製造ブルームから直接押出しによつて製造する工程は興味深い工程であるが、製品表面に、 casting ビレット直接押出材に特有な鋼管長手方向の縦すじが現われ、また横割れも発生しやすい。

SUS 27 の場合はこれらの欠陥が比較的軽微なので、より軽減させてこの製造工程を確立させることを目的とした種々の試みがなされ Low Moor Alloy Steel 社¹⁾

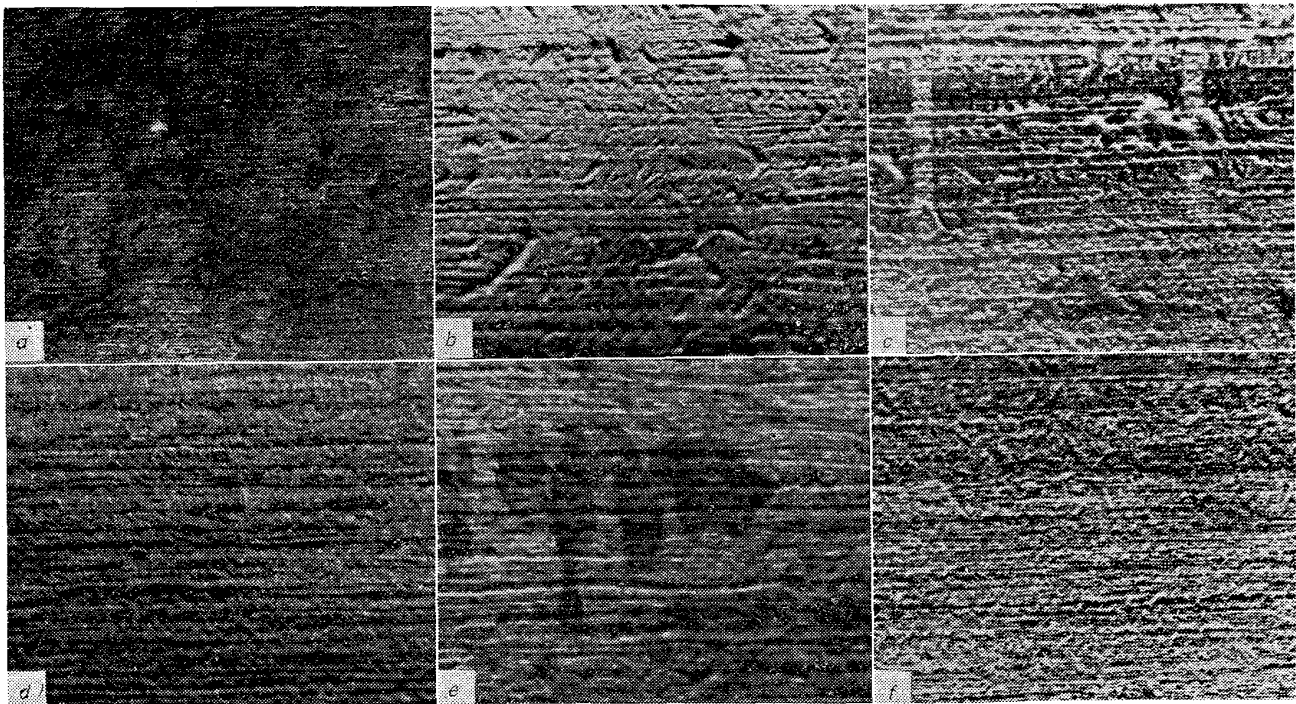
は予め軽くブルーム外周を swage 加工することによりかなり改善できるという結果を得るに至っている。著者は押出しのさいのメタルフローに注目して、縦すじ発生機構を解析し、押出加工法のみでその軽減を計る加工法として、段押出法の実験を行なった。

2. 製品表面欠陥とその発生機構

SUS 27 鋼管を押出比 37 で押出した場合の製品表面は Photo. 1 のようであり、圧延ビレットからの滑らかな肌 *a* に対し、普通鋼塊によるもの *b* はかなり粗い縦すじと横割れもみられ、連続 casting ブルームによるもの *c* はやや軽度な肌荒れとなつている。縦すじ深さは、押出比 10 以下では最大 0.1 mm を越える深いものがあるが、押出し比 20 で深さは 0.07 mm 以下、押出比 60 を越えると深さは 0.04 mm 以下になる。

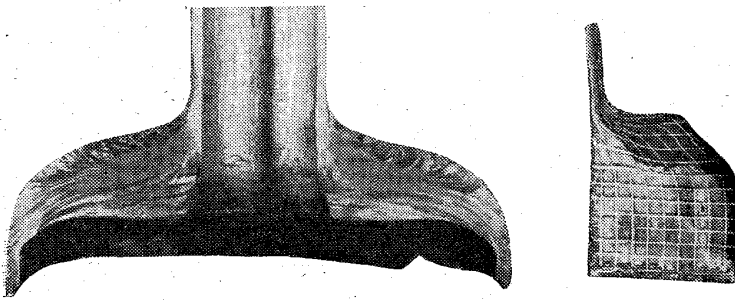
縦すじについては炭素鋼あるいは軸受鋼等低合金鋼の場合にはみられず、 casting 組織が柱状晶になるものおよびフェライト結晶粒の粗いものに特有なものである。一つには casting 組織の微細化が問題になるが、そのために行なつた回転磁場攪拌、希土類元素添加の試みは満足な結果を得るに至っていない。

ビレットから製品鋼管に押出される過程でのメタルフローに注目して、このさいメタルフローの状態を見やすくするために、柱状晶の粗い SUS 33 铸造ビレット直接押出材のディスクード (押残り) 縦断面を見ると Photo. 2, 鋼管外、内表面および肉厚中央部に対応して、ビレットの内および中央部ではダイス孔型に至る以前に十分組織は破壊されているが、外側は組織の破壊のされ方が少なく、ダイス孔型寸前まで柱状晶は残っている。塑性変形の点からは、既報の実験方法²⁾による油粘土での実験結果によると、Photo. 2b のように、内側および中央部では圧縮変形が生じ、組織の微細化が起こると考えら



a) from wrought billet, b) from ordinary cast billet, c) from continuously cast billet,
d) 1 step, e) 2 step, f) 3 step extruding from continuously cast billet.

Photo. 1. Surface of extruded 18Cr-8Ni steel tubes (extrusion ratio 37). $\times 3 (1/2)$



a) discard b) oil paste experiment
Photo. 2. Metal flow in extrusion. (1/2)

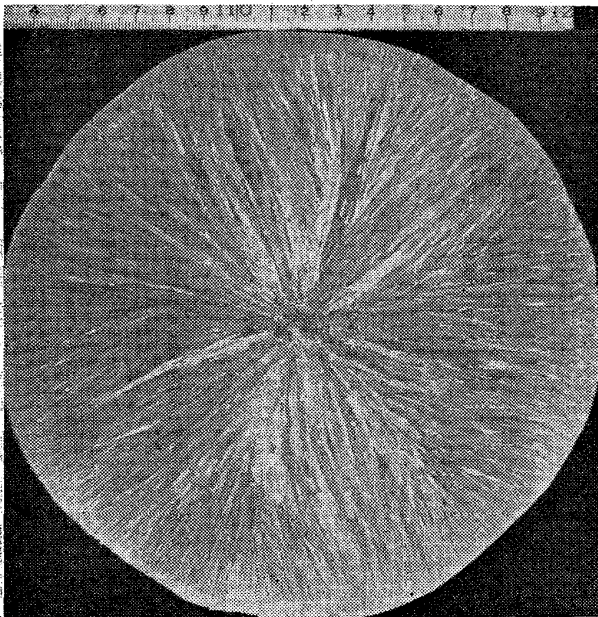


Photo. 3. Macrostructure of continuously cast 18Cr-8Ni steel.

れるが、外側ではせん断変形のみ作用するといつて良く、組織を破壊する効果が少なく、さらに柱状晶間のずれを起こしやすくして横割れを発生しやすくしているといえる。

このさいの横割れについては、特殊铸造によつて柱状晶が鋼塊軸線方向に成長した鋼塊で直接押し出しを行なうと、上述のせん断変形による柱状晶間のずれが起こらないため、横割れの無い表面肌になる、ただしこの場合にも縦すじは現われる。

縦すじは、オーステナイトステンレス鋼では铸造組織の柱状晶に起因しているが、連続铸造材の場合、普通鋼塊材よりも縦すじの程度が軽度なものは、一例を Photo. 3 にみるように、連続铸造では急冷されるので、ブルーム外周に微細な柱状晶の層が存在するためと考えることができる。

3. 段 押 出 法

押し出し製品の表面肌改善については、押し出し中のメタルフローを滑らかにする点でコニカルダイスの効果が認められていて、著者は

それと同等の効果があり、より実用的なダブルダイス押し出し法の効果について報告したのであるが²⁾それを連続铸造ブルームの押し出しに使用した場合、全体のメタルフローを滑らかにするが、外側铸造組織を破壊する効果は平ダイスと同様にほとんどなく、縦すじの軽減には有効でない。

Fig. 1 に示すように、普通使用される工具 a では、ダイホルダーのコニカル部が上述のせん断変形を与えると考えられるので、その部分に b. c. d のように突起を付け加えて、あらかじめ軽く外周押し出しを行なつた後に所定形状に押し出す段押し出し法を検討した。段押し出し法による効果をディスクカードでみると、普通の場合の Photo. 2 に対応して Photo. 4 のようにならかなり外側組織の破壊に効果があるといえる。段押し出し法を Fig. 1, b, c, d のように 1 段 2 段 3 段にして試験した結果では、表面肌は Photo. 1, d, e, f のようになり、1 段ではやや効果があり、2 段は効果が少なく、Fig. 1 c でダイホルダー 2 段目の突起の効果はないようであり、小刻みな突起はガラス潤滑剤の溜ることを考えると、コニカルダイスと同様な役割をするようになると考えられ、むしろ 1 段押し出しが十分行なわれてから成型押し出しに移るよう、Fig. 1 b の突起高さ h を適当に選ぶ必要があると考えられる。次に 3 段押し出し材では完全に縦すじは消えなかつたが、かなり軽減されていることがわかる。また横割れに対しては段押し出しの効果が認められた。

縦すじ深さは一段、二段押し出し材では 0.05 mm 以下、三段押し出し材では 0.03 mm 以下であった。一方冷率で冷間加工度と縦すじの消滅する関係を調べたところ、30%冷間加工ではすべて残っているが、50%加工で 3 段押し出し材は消え、1 段 2 段押し出し材はわずかに残り、普通押し出し材はかな

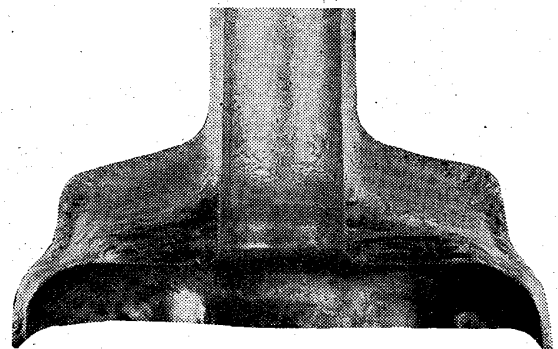


Photo. 4. Metal flow in a discard formed by step extruding. (1/2)

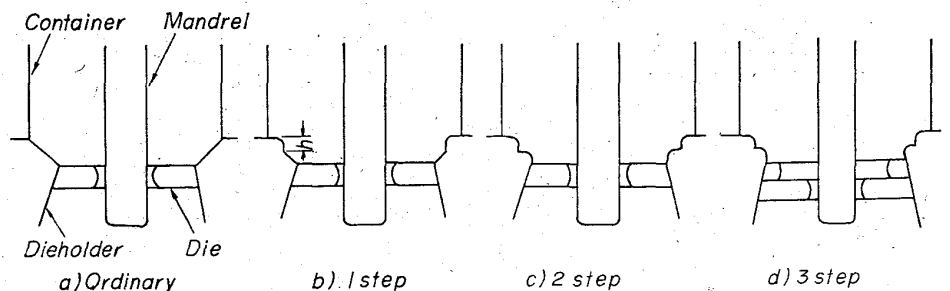


Fig. 1. Tool setting of step extruding.

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