

## オーステナイト結晶粒度調整について

## On the Control of Austenitic Grain Size

浅田 八良\* 伊達山 静男\* 川島 礼\*  
Hachiro Asada Shizuo Dateyama Rei Kawashima

一安 六夫\* 鈴木 禎一\*\*  
Rokuo Ichiyasu Teiichi Suzumoto

## 内 容 梗 概

肌焼鋼のオーステナイト結晶粒度の細かいものを安定してうる目的で、Al 添加による結晶粒度調整法について検討し、添加方法としては取鍋内添加が炉内添加に比し良好であり、添加量については結晶粒度に応じた適量を求め、製鋼作業上の指針をえた。

## 1. 緒 言

鋼のオーステナイト結晶粒（以下結晶粒度と略す）は鋼の諸性質と密接な関係をもち、一般に結晶粒の粗い鋼は焼入深さが大となり<sup>(1)</sup>、同一硬度における粘さが少なく<sup>(2)</sup>、遷移温度が高く<sup>(3)</sup>、また焼戻脆性も大である<sup>(4)</sup>といわれ、そのほかの諸性質との関係も認められている。

特に最近広く行われるようになったガス滲炭法では、滲炭後直接焼入れするために粗粒鋼は焼割、ひずみの発生が細粒鋼に比べて著しく多いので、肌焼鋼については結晶粒度の細かい鋼を要求され、製鋼作業上結晶粒度の調整が重要な問題となってきた。

結晶粒度に影響する因子としては、従来酸化物<sup>(5)</sup>、窒化物<sup>(6)</sup>、硫化物<sup>(7)</sup>などが考えられていたが、最近では<sup>(8)~(12)</sup> Al キルド低炭素鋼においては主として窒化物、すなわち窒化アルミニウムによるものと考えられるようになった。

本報では実際製鋼作業上アルミニウム添加による結晶粒度調整法について検討した結果について報告する。

## 2. 取鍋下試料と製品本体試料との関係

製鋼作業上、結晶粒度を調整する場合に製品本体の試験結果と取鍋下先行試料との関係、すなわち小形鋼塊と製品本体との結晶粒度の関係が明らかでないという意味が少ないので、まず両者の関係について調査した。

## 2.1 試料採取方法

6 t 塩基性弧光炉で熔製した肌焼鋼の造塊時、10 kg

鋼塊（平均径、95 mmφ）を鑄造中期取鍋下より採取し、22 mmφ に鍛伸し、一定位置より試験片を採取した。製品本体試験は 50~120 mmφ 圧延材の一定位置より削出試料採取した。

## 2.2 結晶粒度試験方法

10 kg 鋼塊および製品本体の試料いずれも JIS の滲炭法（925°C×6時間）で行った。

## 2.3 取鍋下試料と製品本体試料との関係

第1表に示す規格成分の SNC 21、22 および SCM 21 の 248 溶解について調査した結果、両者の相関係数は 0.528 で 1% 以下の危険率で相関関係が認められ、95% の信頼度で次式がえられた。

$$Y = 0.947X + 0.40 \pm 0.80$$

ただし Y: 製品本体試料粒度番号

X: 取鍋下試料粒度番号

以上のごとくかなりの精度をもつて製品本体の結晶粒度を小形鋼塊で代表しうると考えられる。

## 3. Al 添加方法と結晶粒度との関係

## 3.1 炉内添加

SNC 21 について炉内に Al を添加する前とトン当たり 450 g の金属アルミニウム塊を添加した後より 10 kg 鋼塊を採取し、前記の方法で結晶粒度試験した結果を第2表に示す。

表に示すごとく Al 添加前の平均粒度 4.5 が添加後 6.1 となる程度で混粒のものも認められ微細化効果は少ない。

第 1 表 規格化学成分 (%)

| 鋼 種    | C         | Si        | Mn        | P      | S      | Ni        | Cr        | Mo        | Cu    |
|--------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-----------|-----------|-----------|-------|
| SNC 21 | 0.12~0.18 | 0.15~0.35 | 0.35~0.65 | <0.030 | <0.030 | 2.00~2.50 | 0.25~0.50 | —         | —     |
| SNC 22 | 0.12~0.18 | 0.15~0.35 | 0.35~0.65 | <0.030 | <0.030 | 3.00~3.50 | 0.70~1.00 | —         | <0.35 |
| SCM 21 | 0.13~0.18 | 0.15~0.35 | 0.60~0.85 | <0.030 | <0.030 | <0.30     | 0.90~1.20 | 0.15~0.35 | —     |

\* 日立金属工業株式会社安来工場

\*\* 日立金属工業株式会社本社

第 2 表 炉内 Al 添加前後の結晶粒度比較

|      |       |       |       |       |       |     |     |        |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|--------|
| Al 前 | 4.6   | (4.8) | (3.6) | (3.7) | (4.6) | 4.6 | 5.5 | 平均 4.5 |
| Al 後 | (5.5) | (7.1) | 6.1   | 6.4   | 5.7   | 5.6 | 6.2 | 平均 6.1 |

注：( ) 印は混粒を示す

第 3 表 炉内 Al 添加量と結晶粒度との関係

| 鋼 種    | トン当り Al 添加量 | 300 g | 450 g | 600 g |
|--------|-------------|-------|-------|-------|
| SNC 21 | 平均 粒度       | 5.61  | 5.79  | 5.92  |
| SNC 22 | 標準 偏差       | 1.19  | 1.50  | 1.49  |
| SCM 21 | 平均 粒度       | 5.04  | 5.97  | —     |
|        | 標準 偏差       | 1.12  | 1.27  | —     |

炉内添加 Al 量を変えた場合の結晶粒度分布は第 3 表に示すごとくで、ばらつきが大きく安定して細粒鋼をうるには適当でないと考えられ、また添加 Al 量を多くしてもその効果は少ない。

炉内に同量の Al を添加しても結晶粒度のばらつきがかなり大きい。この原因を明らかにする目的で溶製条件と結晶粒度との関係を SNC 21 のトン当り 300 g Al を炉内添加したものについて調査した。

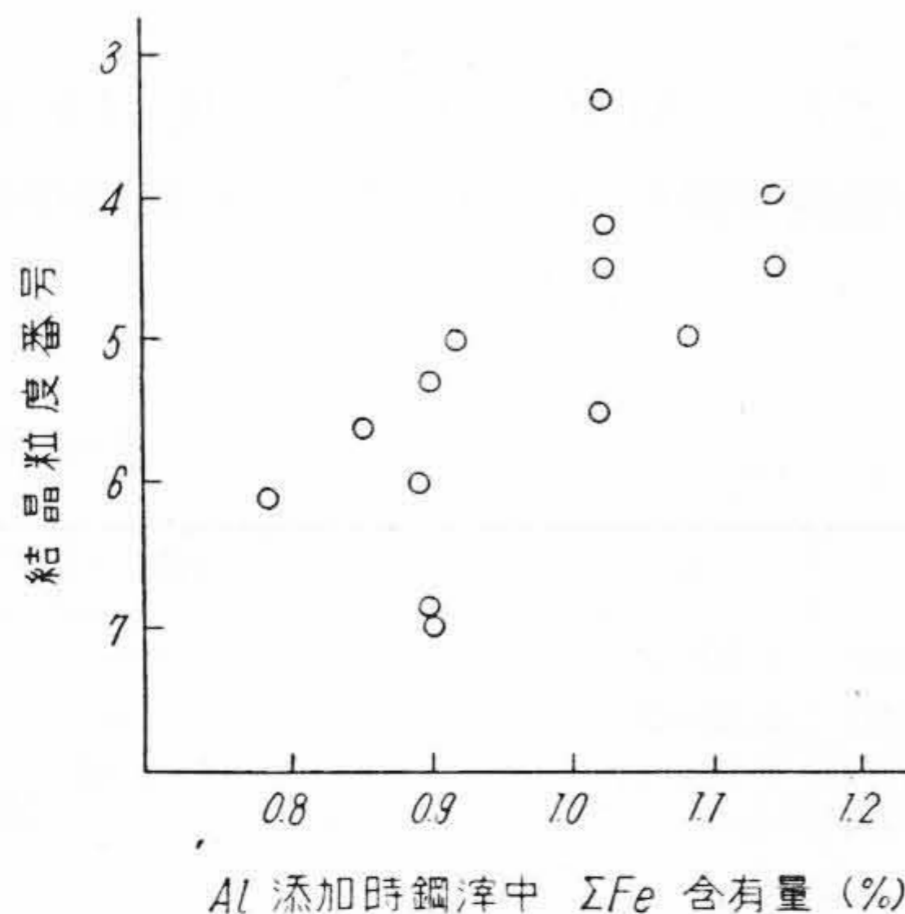
諸溶製条件のうち相関関係の認められたものは第 1 図に示すごとく、Al 添加時の鋼滓中の  $\Sigma Fe$  量のみであった。すなわち炉内で Al を添加する場合、鋼滓の脱酸度が悪いと Al の歩留が悪く結晶粒度が細くならないと考えられる。

3.2 取鍋内添加

取鍋内でトン当り 450 g の Al 添加前後より 10 kg 鋼塊を採取し、結晶粒度試験を行つた結果を第 4 表に示す。

炉内添加の場合と同じく、Al 添加前の平均粒度は 4.5 であつたが、Al 添加により平均粒度は 7.7 ときわめて細くなる。

取鍋内でトン当り 450 g 添加した場合の製品本体結晶粒度分布は第 5 表に示すごとくで、第 3 表のトン当り 450 g 炉内添加の場合に比し結晶



第 1 図 結晶粒度番号と鋼滓中  $\Sigma Fe$  量との関係

粒度は細く、かつ標準偏差も 1.19~1.50 に比し 0.48~0.57 と小さく、細粒鋼を安定してうるためには炉内添加より取鍋添加が好ましいと考えられる。

第 5 表に示すごとく SNC 系肌焼鋼は SCM 21 より Al 同量添加に比し細くなる傾向である。これは SNC 系は Ni 含有量が高いため Ni による微細化効果<sup>(13)</sup> によるものと考えられるもその原因は明らかでない。

4. Al 添加法と非金属介在物との関係

上述のごとく細粒鋼は取鍋内で Al を添加することによつてかなり安定してえられるが、Al 使用量については Al を多量に使用すると介在物が增大する<sup>(14)(15)</sup> ともいわれているので Al 添加方法と介在物の関係について調査した。

SNC 21 について Al 添加法と清浄度との関係を第 6 表に示す。清浄度は旧学振法で測定した\*。

表のごとく炉内で添加量を多くした場合も大差なく、取鍋内添加で結晶粒度の細い場合も B 系清浄度は良好な傾向を示す。

砂疵数との関係を第 7 表に示す。表の砂疵数は 50~80 mmφ 製品について、同一溶解から 4 個以上砂疵試験片を採取し (D-5)mm の試験面に現われた砂疵数を 100 cm<sup>2</sup> の面積当りに換算した値である。すなわち取鍋内 Al 添加は炉内 Al 添加に比して、砂疵数はほとんど変わらずむしろ良好な傾向を示している。

以上のごとく Al の取鍋内添加は介在物を少なくする傾向で悪影響は認められず問題はないと考えられる。

第 4 表 取鍋内 Al 添加前後の結晶粒度比較

|      |     |     |     |       |       |     |       |     |        |
|------|-----|-----|-----|-------|-------|-----|-------|-----|--------|
| Al 前 | 4.5 | 3.9 | 4.3 | (3.3) | (4.8) | 5.1 | (4.5) | 5.4 | 平均 4.5 |
| Al 後 | 7.5 | 7.8 | 8.0 | 7.8   | 7.7   | 7.5 | 7.7   | 7.5 | 平均 7.7 |

注：( ) 印は混粒を示す

第 5 表 取鍋内トン当り 450 g Al 添加時結晶粒度

| 鋼 種    | 平均 粒度 | 標準 偏差 |
|--------|-------|-------|
| SNC 21 | 7.3   | 0.48  |
| SNC 22 |       |       |
| SCM 21 | 7.0   | 0.57  |

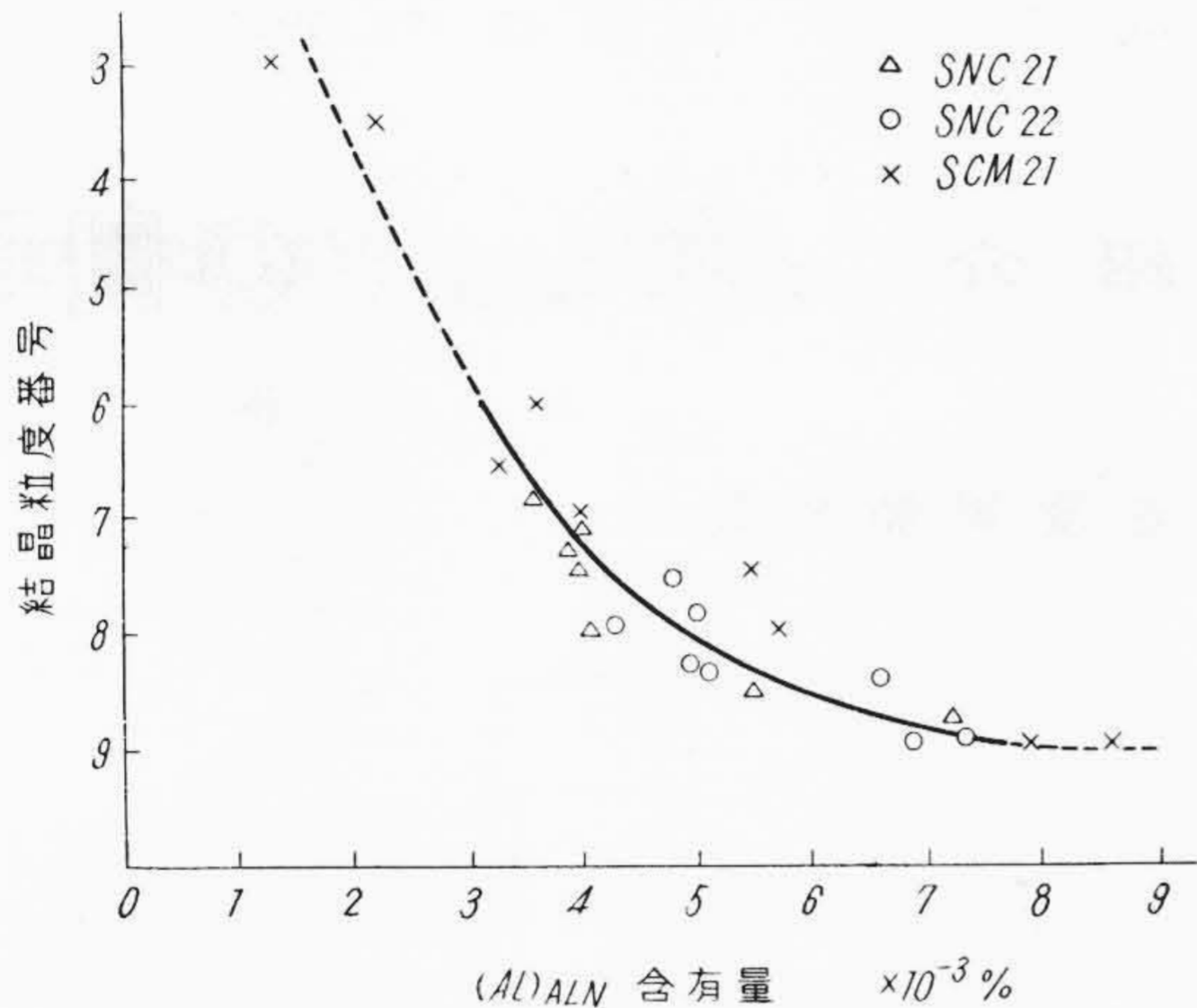
第 6 表 Al 添加方法と清浄度との関係

| トン当り Al 添加量 |       | 平均 清 浄 度 |      | B系 2.3 以上発生率 |
|-------------|-------|----------|------|--------------|
| 炉 内         | 取 鍋 内 | A 系      | B 系  |              |
| 450 g       | —     | 0.69     | 2.34 | 63.1%        |
| 600 g       | —     | 0.73     | 2.37 | 62.5%        |
| —           | 450 g | 0.75     | 2.22 | 50.2%        |

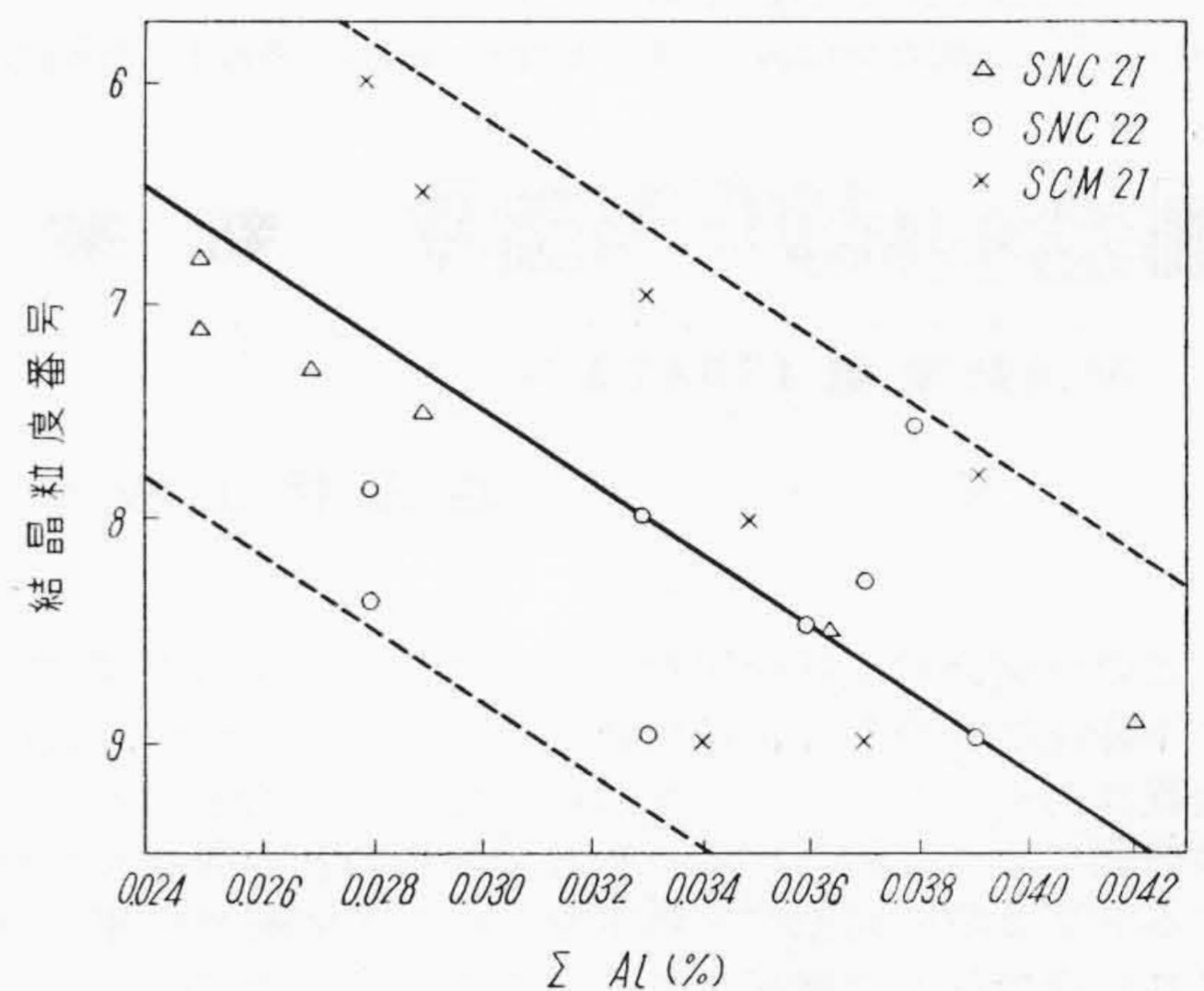
\* 本実験は新学振法制定前に行つたため旧学振法で測定した。

第7表 Al添加法と砂疵数発生状況

| トン当り Al 添加量 |       | 熔 解 数 | 100 cm <sup>2</sup> 当 り 砂 疵 数 |   |   |   |   |   |   |   |   | 平均砂疵数 |
|-------------|-------|-------|-------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|-------|
| 炉 内         | 取 鍋 内 |       | 1                             | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |       |
| 450 g       | —     | 30    | 5                             | 8 | 7 | 7 |   | 2 |   | 1 |   | 3.0   |
| 600 g       | —     | 15    | 1                             | 8 | 2 |   | 1 |   | 2 |   |   | 3.2   |
| —           | 450 g | 21    | 2                             | 9 | 5 | 4 |   | 1 |   |   |   | 2.7   |



第2図 (Al) AlN 含有量と結晶粒度番号との関係



第3図 全 Al 含有量と結晶粒度番号との関係

### 5. 結晶粒度調整法

#### 5.1 結晶粒度と窒化アルミニウムとの関係

結晶粒度と鋼中 Al の各形態の含有量との関係を調査した結果、酸化アルミニウム、金属アルミニウムについては結晶粒度との関係は認められなかつた。窒化アルミニウム含有量については第2図のごとき関係が認められた。すなわち結晶粒度番号6~8のものを作るには窒化アルミニウムとしての Al が 0.003~0.005%になる窒化アルミを鋼中で生成せしめるよう Al を添加すればよい。

#### 5.2 結晶粒度と全 Al 量との関係

結晶粒度を安定してうるためには窒化アルミニウム含有量を調整すればよいが、製鋼作業上の調整は困難であるので、全 Al 含有量と結晶粒度との関係を調査した。

その結果は第3図のごとくで全 Al 量 0.024~0.042%の範囲では相関係数  $r = 0.569$  で1%以下の危険率で相関関係が認められ、95%の信頼度で結晶粒度は次式で表わしうる。

$$G. S. (No.) = 163.2 \sum Al(\%) + 2.61 \pm 1.35$$

すなわち、添加 Al の歩留が安定すれば結晶粒度が安定してえられると考えられる。

取鍋内に Al をトン当り 450 g 程度添加した場合の平

均 Al 歩留は 65.0% で標準偏差は 11.1% であつた。

第3図より粒度番号6以上の細粒鋼をうるには全 Al 量は 0.029% 必要であり、Al 歩留 65% として約 450 g の Al をトン当り取鍋中に添加するのが適当と考えられる。

### 6. 結 言

肌焼鋼について細粒鋼を安定してうる目的で主として Al 添加方法について検討した結果、次の点が明らかとなつた。

- (1) 取鍋下試料と製品本体試料の結晶粒度はほぼ一致する。
- (2) 炉内添加は結晶粒度のばらつきが大きく、細粒鋼をうるには不適で、取鍋添加がよい。
- (3) 取鍋内 Al 添加は介在物に対して良好な傾向で悪影響は認められなかつた。
- (4) 結晶粒度と窒化アルミニウムとの関係が認められたが、調整上全アルミニウムを調整すればよく、トン当り 450 g 程度の取鍋中追加の Al 歩留は 65% で、この点より細粒鋼を安定してうるにはトン当り 450 g 程度の取鍋内 Al 添加が好ましい。

終りに臨み絶えず御指導を賜つた日立金属工業株式会社安来工場松垣次長に深甚なる謝意を表す。

参考文献

(1) Bain: Trans. Am. Soc. Steel Treat., 20, 44 (1932)  
 (2) Swinden, Bolsover: J. Iron & Steel Inst., 13, 457 (1936)  
 (3) S. A. Herres, C. H. Lorig: Trans. Am. Soc. Met., 40, 809 (1948)  
 (4) L. D. Jaffe, F. L. Carr, D. C. Buttum: J. Met., 5, 1147 (1953)  
 (5) G. Derge, A. R. Komel, R. F. Mehl: Tr. Am. Soc. Met., 26, 153 (1938)  
 (6) E. Houdremont, H. Schröder: Arch. Eisen-

hutzenw., 12, 393 (1938/39)  
 (7) J. W. Halley: Trans. Am. Inst. Min. Met., Enger. 167, 224 (1946)  
 (8) K. Born, W. Kock: St. u. Ei., 72, 1268(1952)  
 (9) 高尾, 下瀬, 野田, 成田: 神戸製鋼, 5, 103(1955)  
 高尾ほか: 神戸製鋼 5, 161 (1955)  
 高尾ほか: 神戸製鋼 6, 3 (1956)  
 (10) 加藤: 鉄と鋼, 40, 218 (1954)  
 (11) H. F. Beeghly: Anal. Chem. 24, 1095 (1952)  
 (12) 相山, 永田: 電気製鋼 27, 32 (1956)  
 (13) 今井, 神山: 鉄と鋼 42, 179 (1956)



新案の紹介



実用新案第470474号

秋山勝彦

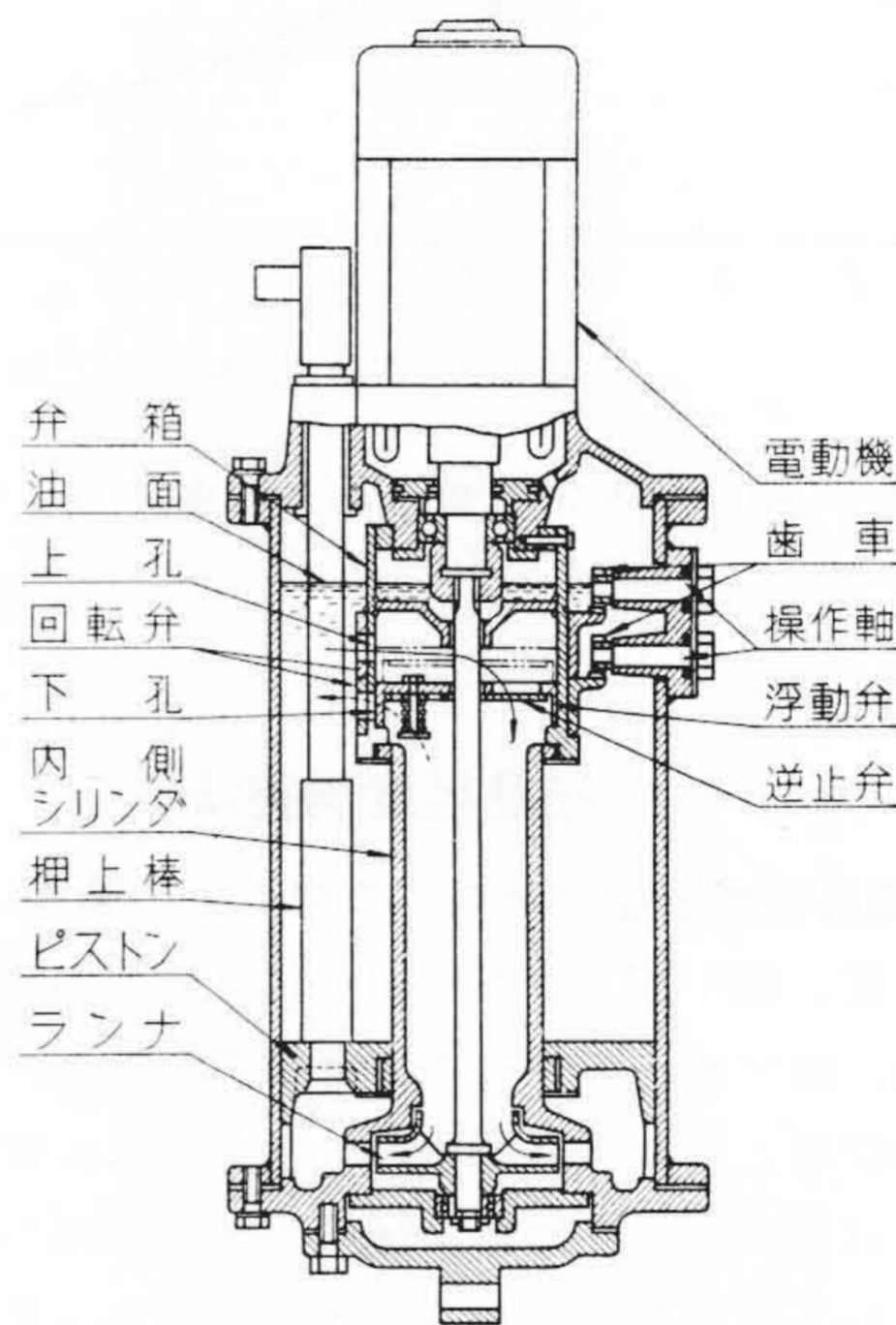
油圧押し機の作動速度調節装置

この考案は押し機の用途に応じてピストンの上昇速度と下降速度を別個に調節できるようにしたもので、調節装置は内側シリンダの上部に取り付けた円筒形弁箱とその内面にそつて摺動する浮動弁と弁箱の孔の開きを加減する上下2個の回転弁と歯車をかいして回転弁に連けいされた操作軸とで構成され、浮動弁には下方にのみ開く逆止弁が設けられている。

ピストンの上昇時には弁箱の上の孔から入った油が逆止弁を押開いてランナに吸込まれ、下降時には浮動弁が油圧で押し上げられ弁箱の下の孔から油を逆流させる。

したがって外部から回転弁を回して孔の開きを加減すればピストンの上昇、下降速度を互に無関係に、かつ広範囲に調節できる。なお調節装置をピストンの上方にまとめて設けたので、油漏れを起す心配がなく、操作も容易である。

(坂本)



Vol. 20

日立

No. 8

目次

◎恩恵を忘れるほど.....森田たま  
 ◎火力発電所を見る  
 ◎大阪の水  
 ◎明日への道標  
 ◎ショールーム(ラジオ)  
 ◎夏のくらしの工夫

◎コードの選び方と使い方  
 ◎新しい照明施設  
 ◎生活と金属  
 ◎日立だより  
 ◎川口のイモノ工業

誌代 1冊 ¥60 (〒16)

発行所 日立評論社 東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地 振替口座東京 71824 番  
 取次店 株式会社オーム社書店 東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 振替口座東京 20018 番