

附記: 第 VII 報 [沢村, 津田: 鉄と鋼, 43 (1957), 4, 471] における次の箇所を補遺あるいは訂正する.

箇 所	誤	正
F. 471, III-(2) p. 471, 註: ** p. 472, Table 1 p. 472, Table 3 p. 473, 右欄最後段	KHSO ₃ 法**法の決定 KHSO ₄ を法 TiN, Aqua regia...sol. Na ₂ -S ₂ O ₃ , Filtrate C...5% この結果によると……云々	KHSO ₄ 法**の決定 KHSO ₄ を法 TiN, Aqua regia……Sol. Na ₂ S ₂ O ₃ , 5% この結果によると分析操作上の問題を 考慮すれば, 18N が最適である.
p. 474, 右欄 5 行目 F. 475, Table 9 " " " Table 10 " 左欄下から 3 行目 " Table 13 " " p. 476, " 左欄下から 8 行目 p. 478, Table 15 p. 479, Table 17 " "	Fe 0.26 g 右欄の上 (V. KHSO ₄ method) Residue C, H ₂ SO ₄ (1:1) add, Total Ti, 1.185, 1.184 Metallic Ti — Σ Ti (%) 6.264 Table 4 5.01 No. 14, Ti 0.348% Ti as TiN in Table 12 (%) (A) No. 7……9.0161	Fe 2.60 g (KHSO ₄ method) Residue C, H ₂ SO ₄ (1:1) add 0.185, 0.184 HCl 可溶性 Ti Sample No. 6 は削除する 0.264 Table 14 5.01 ²⁵⁾ Ti 0.577% Ti as TiN in Table 16 (%) (A) No. 7……0.0161

鑄鋼の高温割れ傾向におよぼす諸元素の影響 (II)*

(前報の補足ならびに Cu および Al の影響)

沖 進**

INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF CAST STEEL ON HOT-TEARING TENDENCY (II)

Susumu Oki

Synopsis:

In the report I, the author has described the influence of C, Si, Mn, P and S. In the present report, he complements the first report with some additional experimental data, and then describes the influence of Cu and Al.

First, another method of testing the hot-tearing tendency is explained. This method, which the author calls test of "C" type, is used in the present study together with two methods already described in report I.

The results obtained are briefly summarized as follows:

(1) Increase in carbon does not increase hot-tearing tendency in the test of "C" type, while it increases hot-tearing tendency decidedly in the test of "A" type; the influence of carbon on hot-tearing tendency seems to vary, as some other investigators pointed out, with varying types of casting tested.

(2) It is quite sure that increasing copper content to 1.5% does not increase hot-tearing tendency in the wide range of sulphur content of 0.01~0.06%.

(3) Increasing aluminium up to 1% does not affect the hot-tearing tendency of low-sulphur steel containing about 0.01% sulphur.

(4) In high-sulphur steel containing about 0.03% sulphur, addition of 0.1~0.2% aluminium decreases the hot-tearing tendency.

* 昭和 26 年 4 月, 28 年 10 月本会講演大会にて発表

** 日本車輛製造株式会社 工博

I. 緒 言

前報¹⁾で C, Si, Mn, P および S の影響について報告したが、本報では前報を少し補足した後 Cu および Al の影響について報告する。

II. 試 験 方 法

試験方法としては前報¹⁾にのべたものと同じものの外、さらにC型試験を用いた。(前報における石英管貫入型試験および板型試験を本報ではそれぞれA型試験およびB型試験とよぶことにする) C型試験は次にのべる方法である。

1. 試験鑄型および操作法

試験鑄型は Fig. 1 に示すとおりである。試験片はカケマスの中の押湯の外、概ね5段の部分から成っている。すなわち、最上部の金型内の a 部、次の砂型内の b 部および c 部、次の金型内の d 部、および最下部の左右分割金型内の e 部である。a 部および d 部の金型はそれぞれ1個の輪であり、これらと b, c 両部の鑄型枠(4 mm 厚鋼管)とで剛性ある鑄物収縮阻止物を作っている。

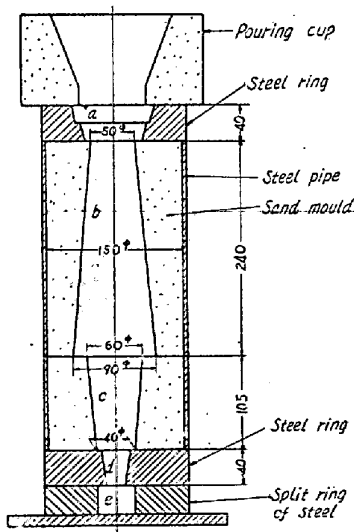


Fig. 1. Vertical section of the casting mould for the test of "C" type.

熔鋼は大トリベから直接注入するか、または一旦約20 kg 入りの小トリベに取り、それから注入した。試験片が完全に冷却してからまず e 部の分割金型を除き、e 部をうち折ると、d, c および b の鑄型は順次取り去りうる。しかる後、b 部の上部をガス切断すると a 部の金型も取り去りうる。次に b と c の間の段付き部を折ると、この部に生じた高温割れの状況が分る。この部の全断面積に対する常温破面(高温割れの残りの面)のパーセンテージ

γ_c を測定し、破面の形状をも観察する。分析試料は割れの附近からドリルで採取する。

2. 割れ発生過程と割れ状況

試験片は凝固および冷却の間全長の収縮を阻止される。一方、b 部と c 部との境界にある凹んだ角の部分はほかのどの部分よりも凝固がおくれるので、b および c 部の収縮による引張歪のほとんど全部がこの境界部に集中する。このため、ここに高温割れを生じやすく、生じた割れの程度は、鑄込まれた鋼の割れ発生傾向を示すものとする。高温割れは常に1枚からなっている。割れは実験した約100個の試験片についてみるとほとんどすべてが樹枝晶間割れであり、まれに中心部にオーステナイト粒界割れを示した。割れ発生部の鑄物表面における鑄込後の温度変化は Fig. 2 に示すとおりである。

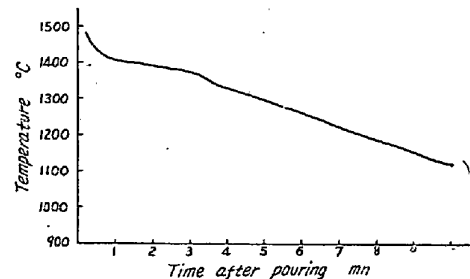


Fig. 2. Cooling curve observed at a point on the skin near the hot tear by the test of "C" type.

3. 結果の再現性と鑄込方法の影響

同一溶鋼を同一と思われる鑄込法すなわち大トリベからの直接鑄込により2個ずつ鑄込んだ結果は Fig. 3 に示すとおりで、再現性は概ねよい。次に同一溶鋼を、一は大トリベから直接鑄込み、一は一旦20 kg 入りの小トリベに取り、しばらく冷却して鑄込み、両者の結果を比

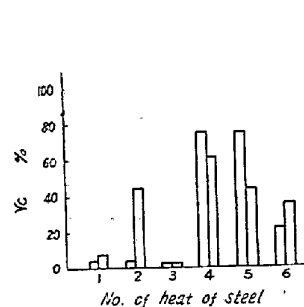


Fig. 3.

Fig. 3. Result of a series of duplicate tests of "C" type. (All test pieces were poured directly from the large ladle.)

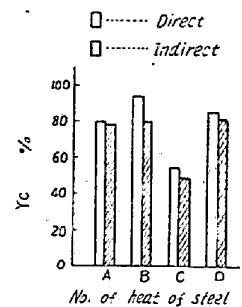


Fig. 4.

Fig. 4. Result of another series of duplicate tests of "C" type. (Test pieces were poured directly from the large ladle or indirectly through a shank ladle)

較した。その結果を Fig. 4 に示す。このことなる鑄込法にも拘らず両試験片の γ_c はよく一致している。したがって本試験法は、溶鋼の化学組成による割れやすさを試験するのに適する。

4. 試料の系列

試料は 5 t 塩基性電気炉で溶製した溶鋼を 1 kg/t の Al で脱酸し、大トリベから直接鑄込むか、大トリベから約 20 kg 入りの小トリベに取り、ここで種々の成分を添加した後鑄込んだ。通常、1 溶解から 2 個の鑄型の一方へは添加成分を加え他方へは加えずに鑄込み、その添加成分の影響等をみた。このような実験を数溶解についておこない結果を確実にした。また成分によつてはその成分の含有量と割れ抵抗との相関関係を統計的に求めた。

III. 試験結果および考察

1. C の影響 (補足)

C 型試験法によつて C の影響を調べた結果は Fig. 5 のようにまったく影響が認められない。A 型試験ではあきらかに C の有害な影響が認められたのに、B 型および C 型試験ではこのように影響が認められないことは、Pellini³⁾ 等のいうように、C の影響が試験方法によつてことなることを示すものと考えられる。

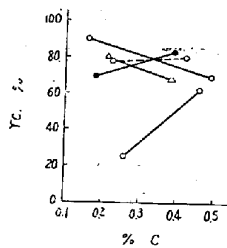


Fig. 5. Influence of carbon. (Test of "C" type)

2. P の影響 (補足)

C 型試験で P の影響を実験した結果は Fig. 6 のごとくで、P が 0.02% から 0.05% にますと割れ残り面積パーセンテージ γ_c はいちじるしく減少する。あらかじめ P, S を低くした鋼において P のみを変化させればその影響はきわめてつよいことがこのように確認された。

3. S の影響 (補足)

C 型試験で γ_c と S% との相関関係を求めると Fig. 7 のようになり、S の増加が 0.01% しかないにも拘らず、 γ_c の値はほとんど 100% から 0% まで変化し、有意な負の相関を示す。この結果は前報の結果をさらに裏付けるものである。

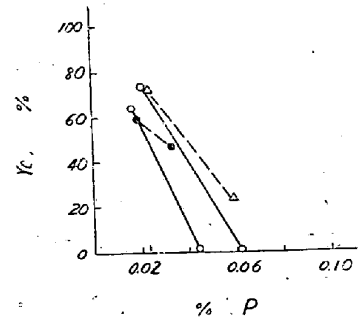


Fig. 6. Influence of phosphorus. (Test of "C" type)

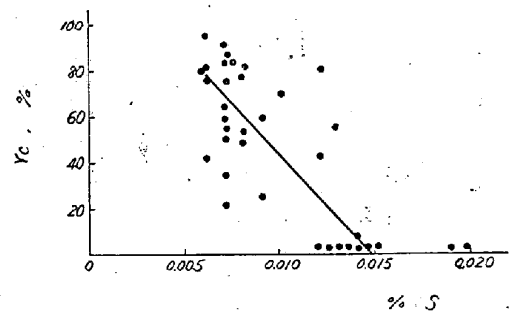


Fig. 7. Correlation between γ_c and sulphur content. (Test of "C" type)

4. Cu の影響

(1) A 型試験で Cu の影響を実験した結果は Fig. 8 に示すとおりで、少くとも Cu 1.2% までは Cu をましても割れ抵抗は減少せず、反つてやや増加する傾向がある。Cu を 1.2% から 3% まで増加した実験は回数が少ないので信頼度は少ないが、この場合は Cu はやや悪る影響を示す。B 型試験では Fig. 9 に示すように Cu を 0.2% から 1.3% までましても R の減少した場合は 9 回中の 2 回、R の増加した場合は 9 回中の 7 回で後者の回数の方がはるかに多い。R が減少した場合でもその減少の度はわずかである。この結果は A 型試験の結果と一致するものと認められる。C 型試験での実験結果

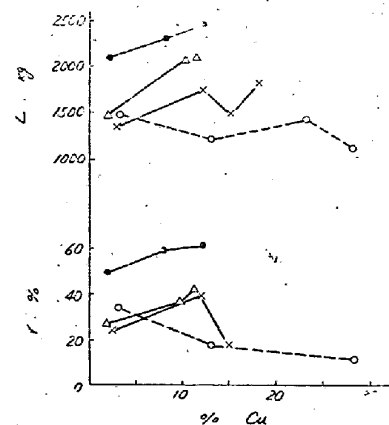


Fig. 8. Influence of copper. (Test of "A" type)

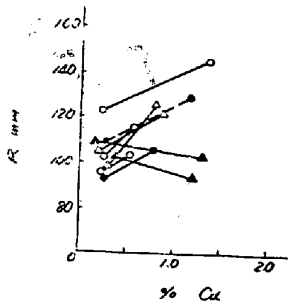


Fig. 9. Influence of copper (Test of "B" type.)

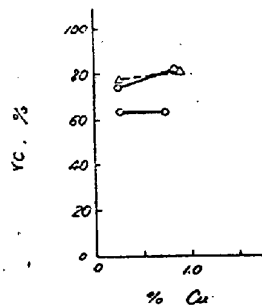


Fig. 10. Influence of copper (Test of "C" type.)

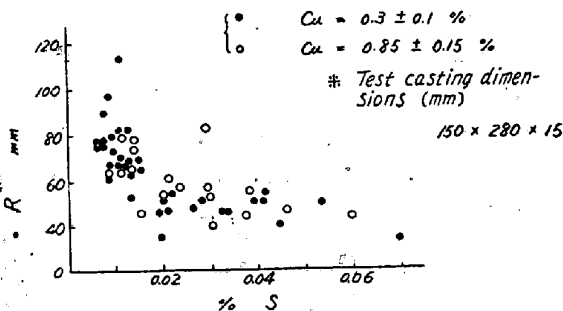


Fig. 11. Correlation between R and sulphur content of high- or low-copper steels. (Test of "B" type.)

は Fig. 10 のように、Cu を 0.2% から 0.9% まで増加しても γ_c はほとんど影響されない。

(2) 次に S の存在する場合の Cu の影響について実験した。Fig. 11 は B 型試験における R と S % との相関関係を示すものであるが、図中黒丸は Cu が $0.3 \pm 0.1\%$ 白丸は Cu $0.85 \pm 0.15\%$ がある鋼を示す。図から分るように、S の 0.01~0.06% の広範囲において、Cu の高い鋼が Cu の低い鋼より割れやすい傾向はみとめられず、むしろ前者の方が R が高いともいえるくらいである。すなわち S の存在に拘らず 0.85% までの Cu の増加は悪影響を示さない。

(3) 含銅鋼が高温酸化により表面附近に Cu の濃化を生じ、これが原因となつて高温加工の際表面割れを生ずることはよく知られている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。この種の割れが鋳鋼の鋳型中でも起るか否か、また後の歪取作業などの際、ふかい割れとして起るか否かについて実験した。その結論は、この種の割れは、きわめて苛酷な条件においても Cu 2.0% の鋼で深さ 1.5 mm をこえず、鋳鋼の高温割れの原因となることはないということである。

(4) Cu 含有量がきわめて高い場合および鋼の鋳肌 Cu が接触した場合⁽⁶⁾には、Cu 融液が鋼のオーステナイト粒界に存在または侵入するため、激しく割れを生ずるが、このような条件は特殊といわなければならない。

(5) Cu は鋼の高温加工性を害する元素としてふるくから知られており、殊に表面酸化により Cu の表面濃化がおこる場合には 0.2% 程の少量でも高温加工のさいに表面割れを生ずるので嫌われている。しかし鋳鋼の高温割れにおよぼす Cu の影響については Middleton 等⁽⁷⁾は 3% まで実験し影響を認めなかつた。本研究においても、S の存在の如何に拘らず、1.5% までの Cu の悪影響は認められない。

5. Al の影響

(1) A 型試験により次の種々の場合について Al の影響を実験した。

(a) S を添加せず、普通の Si 量の場合 (0.01~0.015% S, 0.3~0.5% Si)

0.2% までの Al による脱酸の影響は Fig. 12 (a) に示すごとく、ほとんど存在しない。また Fig. 12 (b) にみるように Al を 0.2% から 1% にましても割れ抵抗はほとんど影響されないようである。

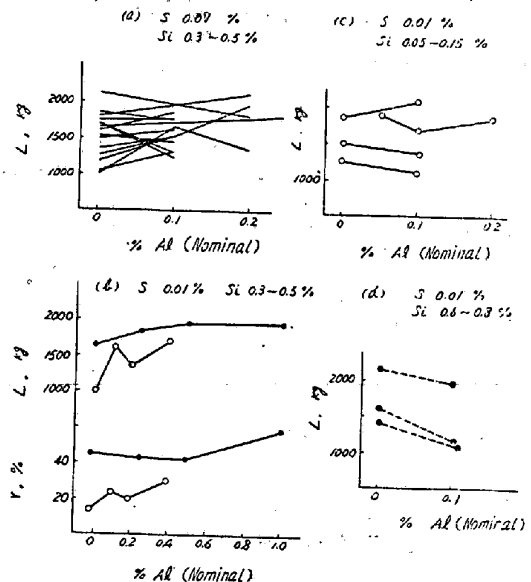


Fig. 12. Influence of aluminium. (Test of "A" type.) (Low-sulphur steel)

(b) S も添加せず、Si のひくい場合 (0.01~0.015% S, 0.05~0.15% Si)

この場合も 0.2% までの Al による脱酸の影響は Fig. 12 (c) のようにほとんど認められない。

(c) S を添加せず、Si の高い場合 (0.01~0.015% S, 0.6~0.8% Si)

0.1% の Al による脱酸により、割れ抵抗は Fig. 12 (d) のように、むしろ減少するらしい。

(d) S を添加し Si 量は普通である場合 (0.03% S 0.3~0.5% Si)

0.1~0.2% の Al による脱酸の影響は Fig. 13 に示

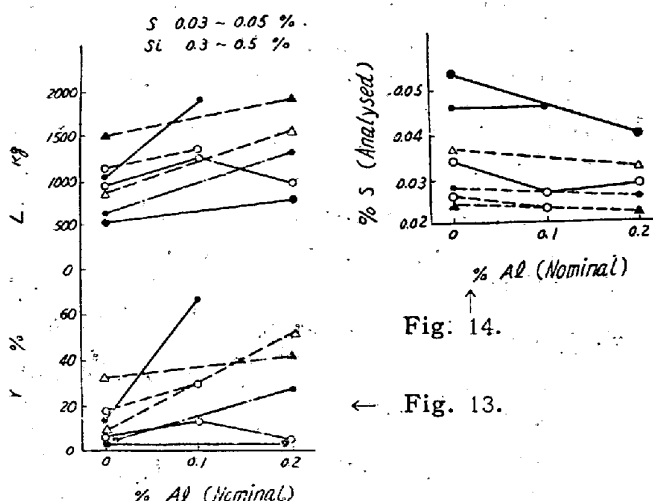


Fig. 13. Influence of aluminium. (Test of „A” type.) (High sulphur steel.)

Fig. 14. Influence of aluminium on sulphur analysed by the H₂S method.

すように、脱酸はたしかに割れ抵抗を増加させる。この際 Fig. 14 に示すように S の分析値 (発生法による) は Al 脱酸により減少し、Al が何等かのかたちで S を固定または除去することが認められる。

Al の添加量が 0.1% より少ないときは、その影響がほとんどないか、あるいは 0.025% Al の附近に割れ抵抗の最小になるところがあることが Fig. 15 で示される。この場合、Al 添加量によつて硫化物介在物の形状が球状から膜状、膜状から結晶状へと変化することは文献⁷⁾⁸⁾⁹⁾に記されていることと一致する。

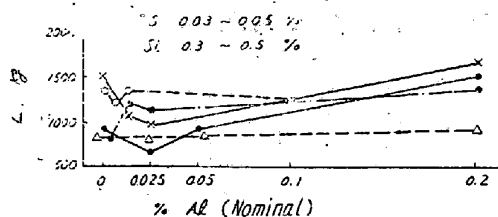


Fig. 15. Influence of adding small amount of aluminium. (Test of “A” type.) (High-sulphur steel.)

(2) B 型試験では、普通の量の Al ですでに脱酸された鋼にさらに Al を 0.6% まで添加した場合の影響のみを実験した。その結果は Fig. 16 に示すように、増加した Al は割れ抵抗にほとんど影響をおよぼさないか、あるいは僅かに悪影響をおよぼす。

(3) 木下¹⁰⁾は S 0.01% 以下の低 S 鋼で 0.5% までの大量の Al の影響を実験し、Al は割れ抵抗を低下させるとの結果をえた。これに反し Middleton 等⁷⁾は S 0.022%, 0.042% および 0.066% の 3 種の S 含

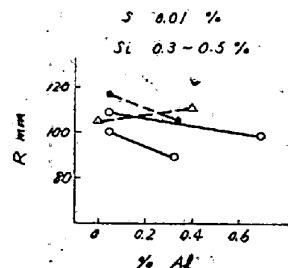


Fig. 16. Influence of adding large amount of aluminium. (Test of “B” type.) Low-sulphur steel.)

有量のことなる鋼について、0.1% までの Al の影響を実験した結果、S 0.022% の鋼では Al の影響はなく、他の 2 種の S の高い鋼では Al 0.025% の添加は割れ抵抗を減じ、0.1% の添加は割れ抵抗を増すと結果をえた。この結果は前に Phillips⁹⁾がえていたものと同様である。また Middleton は 0.042% の S をふくむ鋼に対する 0.6% までの大量の Al の添加は割れを減少させることを示した。このほかにも上記の Phillips, Middleton 等の結果を裏付ける実験結果¹¹⁾が報告されている。

(4) Al と N とが共存すると 1000°C 以下において AlN の析出がおり、ときにはこれが粒界脆性¹²⁾の原因となることもあるが、高温割れのおこる 1000°C 以上においては Al と N との共存は割れに対して何等の影響もおよぼさないとされる。

(5) Al の影響について要約すれば次のとおりである。

低 S の鋼に対しては 1% 程度までの Al はあまり影響をおよぼさない。高 S の鋼に対しては 0.1~0.2% の Al は割れ抵抗を増すが、0.025% 程度の Al は却つて割れ抵抗を減ずるものと思われる。0.2% 以上の Al は大して影響がないであろう。(昭和 32 年 6 月寄稿)

文 献

- 1) 沖進, 鉄と鋼, 40 (1954) 10 p. 979
- 2) 沖進, 鉄と鋼, 40 (1954) 6, p. 599
- 3) W. S. Pellini: Foundry, (1952), Nov., p. 124
- 4) J. L. Gregg, B. N. Daniloff: The Alloys of Iron and Copper, (1934)
- 5) F. Rapatz, 特殊鋼 (川崎正之訳) p. 168
- 6) H. Schottky, K. Schichtel, R. Stolle, Arch. f. d. Eisenhütt., (1930/31), S. 541
- 7) J. M. Middleton, H. T. Protheroe, J. Iron Steel Inst., 168, (1951), 4, p. 384
- 8) W. J. Phillips, Foundry, 97, (1940), July,

- p. 27
- 9) C. E. Sims, Foundry: 79, (1951), 9, p. 92
- 10) 木下禾大: 鉄と鋼, 29, (1943), p. 699, p. 908
- 11) U. K. Bhattacharya, C. M. Adams, H. F. Taylor, AFS Prep. 78, (1954). また Foundry, (1954), July.
- 12) 沖進, 小幡鍊: 日本金属学会誌, 16, (1952) 9, p. 517, Ibid, 17, (1953), 5, p. 243

鋼管の熱間引抜に関する研究*

佐藤 謙二** 谷 秀夫**

STUDIES ON THE HOT-DRAWING OF STEEL TUBES

Kenji Sato and Hideo Tani

Synopsis:

Among the finishing processes of seamless steel tubings, there is one in which outside diameter of tube is reduced hot through die. In this connection, tube-drawing by use of plug is unavailable from the practical point of view, resulting in the ability of free deformation of tubes in the radius direction, and therefore it is impossible for us to estimate the wall-thickness of drawn-tubes. Moreover, we must know the fact that the outside diameter of tube already-drawn becomes smaller than the inside diameter of die.

With the above in mind, the author obtained experimentally and made some observations on the variation of wall-thickness and outside diameter of tubes.

The results obtained were summarized as follows:

1) The recording of variation of drawing force during the hot-drawing operation with an oscillograph, showed that soon after the commencement of the operation, the drawing force shockingly increased, with the values kept almost constant after that.

2) Drawing stress increased in proportion to the reduced rate in area of tube. Any difference due to wall-thickness could not be observed. The relation between the drawing stress σ_1 kg/mm² and reduction rate ϵ % at the drawing temperature of 500°C could be shown by the following equation.

$$\sigma_1 = 1.013 + 0.401 \epsilon$$

3) The distribution of outside diameter and wall-thickness of drawn tube in the axial direction was found small in the forward portion (pulling side), large in the backward portion. As for the distribution in the middle portion except those above-mentioned, remained almost constant in case of thin-walled tube, with a tendency to be increased gradually towards the forward portion from the backward one.

4) As the reduction rate of outside diameter increased, the increasing rate of wall thickness became larger up to the maximum value, with a tendency to be decreased in case of thick-walled tube as compared with that of mother tube.

5) The difference between the inside diameter of die and outside diameter of finished tube became larger with the increase of outside diameter reduction rate, to a considerable degree and therefore sufficient consideration should be taken into this fact in the finishing process in question.

I. 緒 言

継目無鋼管製造の仕上工程中に管を熱間でダイスを通して、外径を減少させる工程がある。これを鋼管の熱間引抜あるいは熱牽と称するが、標準寸法以外の管、小径厚肉管を比較的簡単に製造しうる特徴がある。この際冷間引抜の芯金引きのごとく芯金を使用して引抜くこと

は、實際上不可能なので、全て空引きとなり、したがって管内面の変形は自由であり、引抜による肉厚変化を予測できない。また引抜管の管外径は、ダイス内径より小さく、しかもかなりの量に達するので、熱間引抜により

* 昭和 30 年鉄鋼協会秋期大会で講演

** 日本特殊鋼管株式会社