

(5) 又この方法で熔製したB鋼は、勿論母合金よりつくつたそれと何等差異は認められない。

(6) この方法によるボロン鋼の熔製は、作業上何等困難なく、又経済的で且つその添加も確実である様に思われる。(昭和 29 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 長谷川: “鉄鋼に及ぼす特殊元素の影響”, (1950).
- 2) 長谷川: 鉄と鋼, 38 [7], (1952).

- 3) R. Walter: D.R.P. Nr. 304185. (1918).
- 4) R. B. Freeman: Met. Progr., 34 (1937).
- 5) G. E. Speight: J.I. & S.I., 171 [2], (1952); discussion, 172 [3], (1953).
- 6) R. W. Gurry: Tr. A.I.M.E., (1943), Met. Tech. T.P. 1641.
- 7) G. Derge: ib., (1946), “ T.P. 2004.
- 8) 柳橋, 河野: 金属学会誌, 13 [2] (1949).

リムド鋼の熱間加工性に関する研究 (I)*

池 島 俊 雄**・森 島 達 明***

STUDY ON THE HOT WORKING PROPERTIES OF RIMMED STEEL (I)

Toshio Ikeshima and Tatsuaki Morishima

Synopsis:

In order to investigate the cause of the defects of the rimmed steel tubes during the piercing process by the Mannesmann type roll, hot working properties of rimmed steels were studied.

When the cross section of the billets was macro-etched with the ammonium copper chloride solution, many dark grey spots and black spots were detected in the core of billets.

The results of the rotary hammering tests, impact bending tests and piercing tests showed that the dark grey spots were not so injurious, while the black spots acted as defect point for the hot working.

I. 緒 言

リムド鋼は常温において加工性の良好なこと、外表面のきれいなこと、製造費の低廉なこと等のすぐれた性質上広く管材として使用される。所がリムド鋼はマンネスマン型の穿孔機で製管する場合、管の内面に疵が発生し易い欠点があり、疵の発生原因の追求とその防止対策は製管上の重要な問題となつている。内面疵の原因に就いては従来から多少研究も行われており¹⁾、且つ概念的には内部における不純物の偏析があげられている。併し乍ら内面疵の原因を的確に究明した研究はなく、これに関する研究は極めて不十分である。そこで筆者等はリムド鋼内部の熱間加工性に就いて基本的な研究を行うことにした。この研究はマンネスマン穿孔機による穿孔を対象としたものではあるが、この結果が鍛造或いは圧延等の他の熱間加工にも役立つ所があれば幸甚と考えられる。

II. 丸鋼内部の欠陥を確認する実験

マンネスマン穿孔機で穿孔する場合、丸鋼内部全体の

熱間加工性が悪いために疵が発生するのか、或いは又何処か一部に局部的な欠陥があつてそこから割れが生じて疵となるのが、何れにしても丸鋼内部の如何なる所が熱間加工に対する欠陥ないしは弱点になるかを発見せねばならない。そこで先ず初めにこの点を確認するための基礎実験を行つた。

1. 実験に用いた試料

実験に用いた丸鋼は Table. 1. に示す 4 チャージである。試料は 1.2t の鋼塊を $\phi 125 \sim \phi 90\text{mm}$ に圧延後、トップ約 15% 切捨てた直後から採取した。これらのチャージは通常我々が使用している管材に比較して Mn は全般的に低めであり、又 A, B および D は S が高い。

* (本論文は昭和 23 年 10 月, 昭和 24 年 4 月, 昭和 24 年 10 月および昭和 27 年 11 月本会講演大会において講演したものを総括したものである)

** 住友金属工業鋼管製造所, 工博

*** 住友金属工業鋼管製造所

Table 1. Chemical Compositions of Billets

Mark	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mn/S
A	0.14	tr	0.28	0.010	0.037	0.15	7.6
B	0.12	//	0.25	0.014	0.036	0.19	6.9
C	0.15	//	0.29	0.013	0.026	0.22	11.2
D	0.12	//	0.25	0.014	0.041	0.13	6.1

2. 丸鋼の肉眼組織

丸鋼横断面をサルファー・プリントおよび10%塩化銅アンモン水溶液でマクロ・エッチした。その結果を Fig. 1. に示す。外側のきれいな所はリムの部分であり、内部

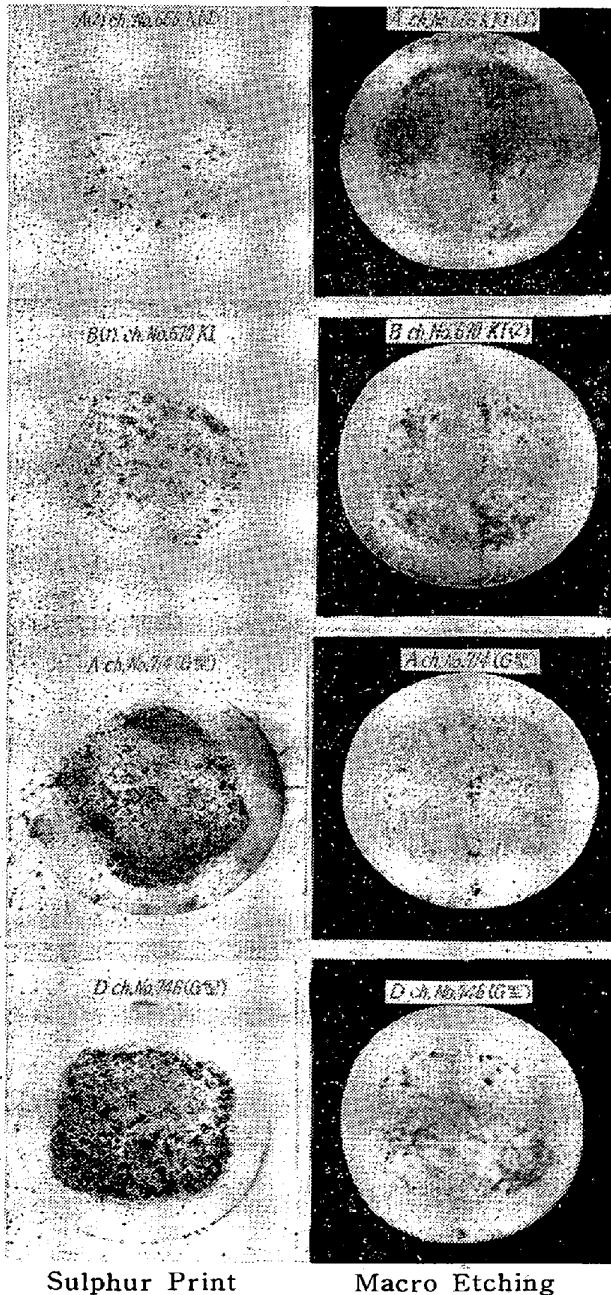


Fig. 1. Sulphur print and macro-etching of billets.

の黒い4角形はいわゆる不純物の偏析が多いコアの部分である。その周辺は丁度中間気泡の位置にあたる。この4角形の周辺および内部には図で判る様に多数の黒い斑点が見られる。この斑点にはサルファー・プリントでは明瞭でないが、マクロ・エッチでは色に相違があつて特に黒く見えるものと少し色の薄いものがある。特に黒く見えるものは真黒な色をしており、色の薄いものは黒味がかつた灰色をしている。尚これらの斑点は丸鋼縦断面では黒い線状をなし縦方向に長くのびている。

3. 回転鍛造試験

回転鍛造に就いては既に機械学会誌²⁾に発表したので詳細は省略するが、それは Fig. 2. に示す如く柄のついた丸鋼を1200°C 附近に加熱しておいて、柄をもつて丸鋼を回転させ乍らハンマーで少しづつ鍛造していく方法で、次第に鍛造が進行すると丸鋼中心部に亀裂を発生する。この亀裂は丸鋼内部に欠陥ないしは弱点があつた場合そこから発生し初めるので、生じた亀裂の状況を調べると丸鋼内部の欠陥を見出すことが出来る。Fig. 3. は回転鍛造後丸鋼を切断してマクロ・エッチを行い亀裂の状況を調べた結果である。少し鍛造が過ぎたために亀裂が大きくなりすぎ幾分判りにくくなつたが、亀裂は前項のマクロ・エッチで述べた黒い斑点に沿つて発生し初めていることが窺える。この点を更に詳しく検討するために僅かに鍛造し亀裂が発生し初めた瞬間に鍛造を中止して亀裂の状況を調べた。その結果の一例を Fig. 4. に示す。この結果では亀裂の発生状況は更に明瞭で、亀裂は何れも黒い斑点の中に発生しており、且つそれも色の薄い斑点には殆んど亀裂が発生していないが、特に黒く見

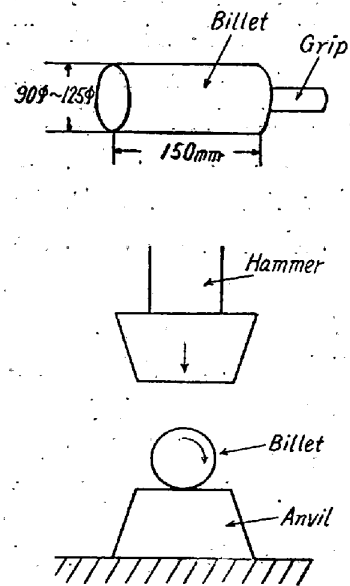


Fig. 2. Method of rotary hammering test.

える斑点に限って亀裂が発生している。この試験は Table. 1. の4チャージ以外の丸鋼に就いても行っているが何れも同様の結果を得ている。

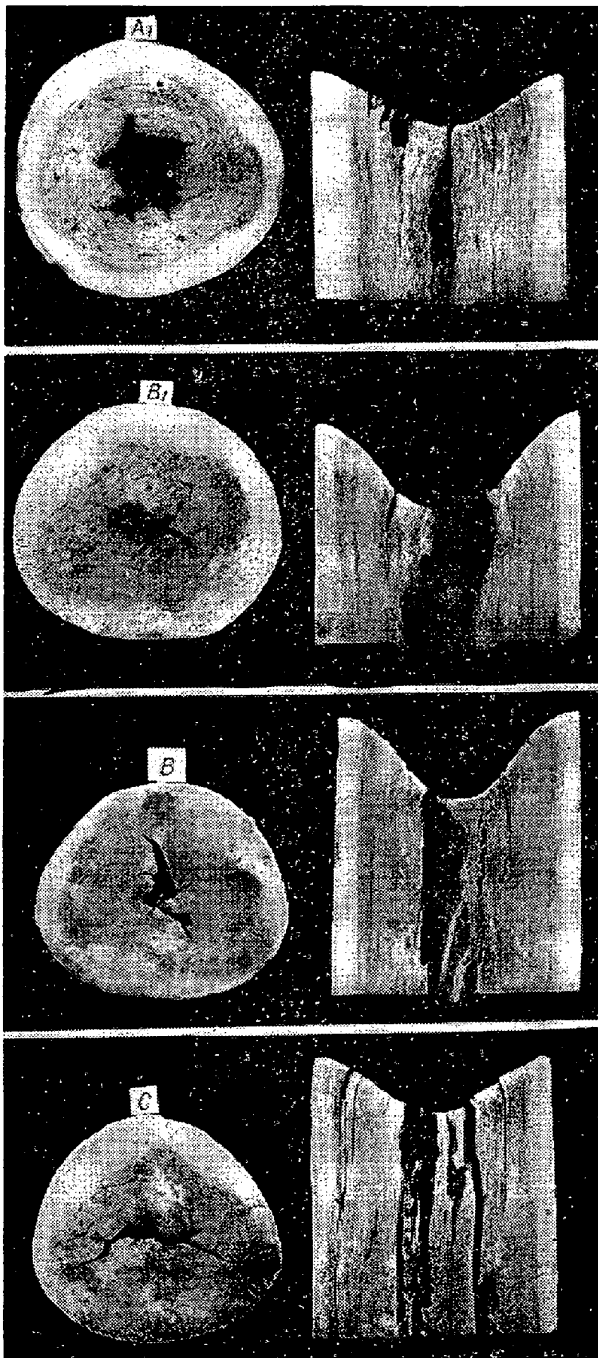


Fig. 3. Results of rotary hammering tests.

4. 高温衝撃屈曲試験

丸鋼縦方向から 10mm 角の試片を削り出し、シャルピー試験機により高温の衝撃屈曲試験を行った。加熱温度は 900~1250°C の間で、その加熱は空气中、或いは酸化の影響をさけるために N₂ および H₂ ガス気流中で行った。試験に当たっては最初試片の全面をマクロ・エッチし、その組織を写真にとっておき、屈曲後もその写真

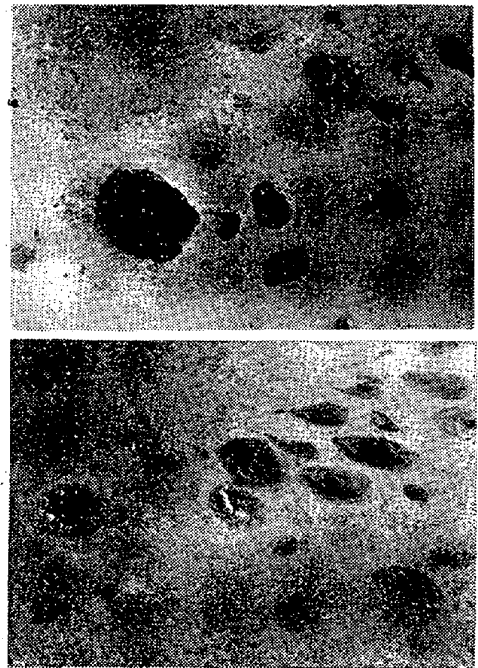


Fig. 4. Examples of cracks in rotary hammered billets.

に照し合わすと何処が欠陥となつて亀裂が発生したかが判る様にした。試験結果の一例を Fig. 5. に示す。図は屈曲前のマクロ組織および屈曲後の亀裂の状態を示したものである。図から判る様に特に黒く見える斑点、これは丸鋼縦方向では黒い線状となるが、この部分に亀裂が発生している。併しリム部分、コア内部の他の部分或いは同じ斑点部でも色の薄い斑点部には亀裂が発生していない。

以上の実験結果から丸鋼横断面をマクロ・エッチした際黒い斑点があらわれるが、これら斑点の中色の薄いものは余り熱間加工性には影響はないが、特に黒く見える斑点は亀裂を発生し、熱間加工の際の欠陥をなすことが判る。従つてリムド鋼内部の熱間加工性の不良は丸鋼内部全体に亘る脆性といった種類のものではなく、黒色斑点部の局所的な欠陥によるものであることが判る。斑点の色の相違に就いては厳密には区別し難い場合もあるが特に黒く見えるものと、色の薄いものとは一般にかなりはつきりと区別することが出来るので、以下特に黒く見える斑点を Black Spot と呼ぶことにする。

III. Black Spot と内面疵との関係に就ての試験

前節の基礎実験の結果から Black Spot が熱間加工に対する欠陥をなすことが判つたが、実際に丸鋼を穿孔する場合には果してどの様になるかを確かめておく必要が

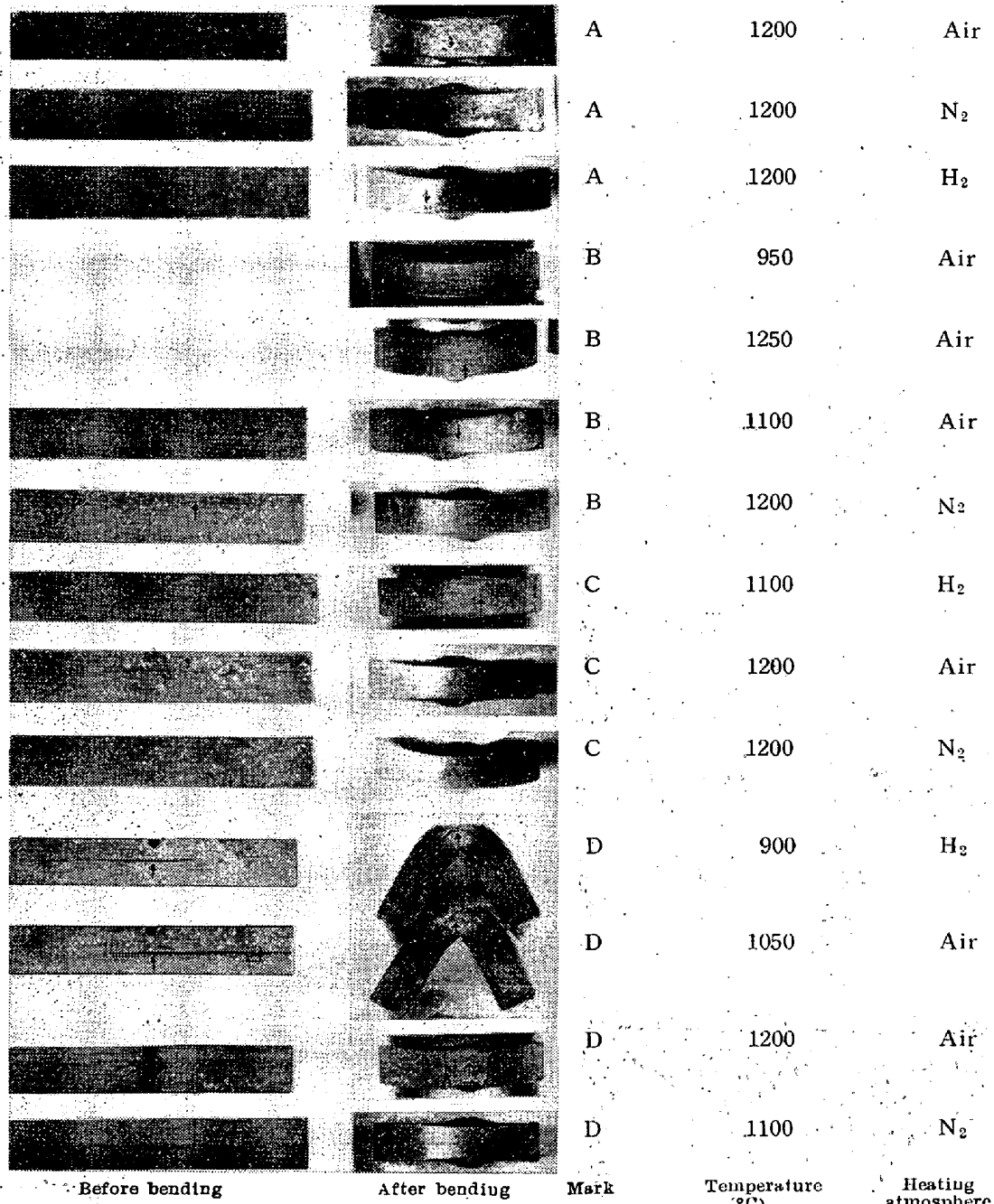


Fig. 5. Results of impact bending tests at high temperatures.

ある。そこで実際の穿孔の場合に就いて次に二、三の実験を行った。

1. ピアサー途中止め試験

穿孔塗上ロールの回転を止めてピアサー途中止めの丸鋼を作り、丸鋼を縦断してマクロ・エッチし丸鋼からどの様にして内面疵が発生して行くかを調査した。試験に供した丸鋼 (φ90~φ145 mm) は1本1本チャージの異なる16本で、これらの丸鋼の成分範囲を Table. 2. に示す。この結果から先ず第一に判つた興味ある事実は管の疵とプラグの前における丸鋼の割れとの関係で、その

Table. 2. Chemical compositions of billets used in the stop tests of piercing operation.

	C	Si	Mn	P	S	Cu
Range	0.10 ~0.18	≤0.01	0.30 ~0.40	0.009 ~0.015	0.018 ~0.027	0.14 ~0.20
Average	0.14	≥0.01	0.33	0.012	0.023	0.17

関係を Table. 3. に示す。管に発生した疵はカブレとフクレの二種類であるが、疵のあつた管は何れもプラグ

グの前で割れが発生している。一方疵が発生しなかつた管はプラグの前で割れが見られない。従つてこのことから疵のあるものはプラグの前から既に割れが発生していることが判る。そうしてその割れは Fig. 6. に例を示した如く何れも Black Spot の所に発生している。

Table 3. Relation between defects in tubes and cracks in materials at the top of plug cavity.

Defects of tubes	Number of tubes	Aspect of materials at top of plug cavity	
		Crack exists	No crack
Lamination	1	1	0
Blister	6	6	0
A few Blister	2	1	1
Good tube	7	0	7

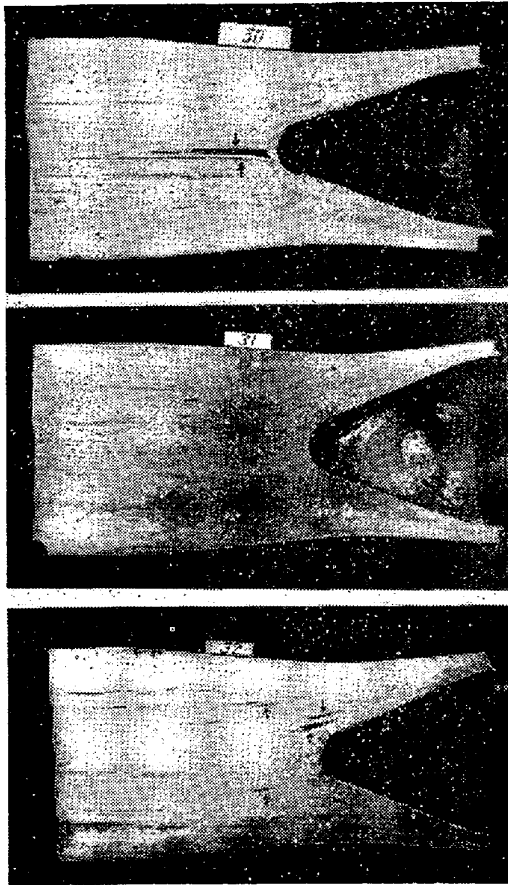


Fig. 6. Cracks in materials at top of plug cavity (Longitudinal section of billets).

2. 穿孔試験

試験は Table. 4. に示す 2 チャージに就いて行つた。両チャージとも同一定盤内より 2 本の鋼塊を選び、1 本は $\phi 100\text{mm}$ に圧延し Fig. 7. に示す位置から $1,500\text{mm}$ の丸鋼 6 本を採取し丸鋼の調査にあて、1 本は同じ寸法に圧延後 Fig. 7. と同じ位置の丸鋼 6 本を穿孔し

Table 4. Chemical compositions of billets used in piercing tests.

Mark	C	Si	Mn	P	S	Cu	Mn/S
E	0.17	0.01	0.34	0.014	0.018	0.20	18.9
F	0.16	0.01	0.31	0.011	0.020	0.15	15.5

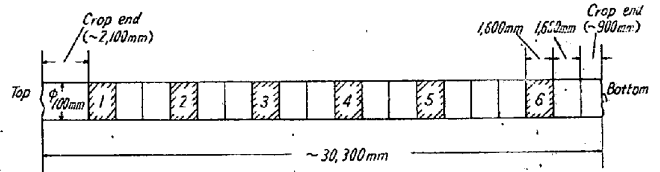


Fig. 7. Position of billets for piercing tests after ingot rolled (1~6—billets tested).

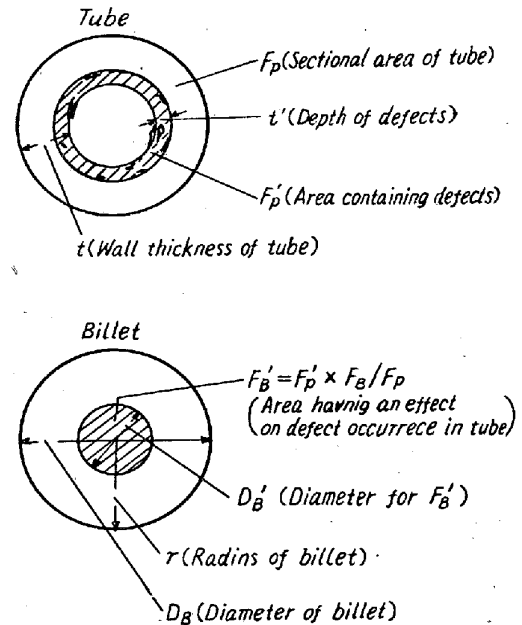


Fig. 8. Relation between area containing defects along inner surface of tubes and area having an effect on defect occurrence in a tube at the central part of billets.

て $\phi 102 \times t 10.5\text{mm}$ の管とし疵の調査にあてた。丸鋼は縦断してマクロ・エッチを行い Black Spot の長さを調査し、穿孔管は二つに縦断して疵の発生状況、疵の深さおよび疵の長さを調査し、Black Spot と疵の関係を調べた。管における疵の深さは管縦断面をマクロ・エッチして管内面からの深さを調べたが、その結果疵の深さは管内面より最大 3mm 程度であることが判つた。従つてこの 3mm 内に含まれる管内面の面積が疵の発生に影響ある範囲と考えられるので、丸鋼中心部附近がこの面積を形成するとして、Fig. 8. に示す如くこれを丸鋼にした場合丸鋼中心からどの程度の範囲になるか計算すると Table. 5. の様になる。即ち疵の発生に影響

Table. 5. Calculated data corresponding to Fig. 8 in piercing tests. (dimension mm)

D_B	F_B	D_P	t	D_P-2t	F_P	F_B/F_P	v	F_P'	F_B'	D_B'	D_B'/D_B
100	7853	102	10.5	81	3018	2.60	3.0	792	2059	51.2	0.512

D_BDiameter of billets

F_BSectional area of billets

D_PDiameter of tubes

tWall-thickness of tubes

D_P-2tInside diameter of tubes

F_PSectional area of tubes

vMaximum depth of defects from inner surface of tubes

F_P' Area containing defects along inner surface of tubes

$F_B' = F_P' \times F_B / F_P$Area having an effect on defect occurrence in tubes at central part of billets

D_B'Diameter for F_B'

D_B' / D_BDiameter ratio of F_B' to billets

F_B / F_PArea ratio of billets to tubes (Elongation rate)

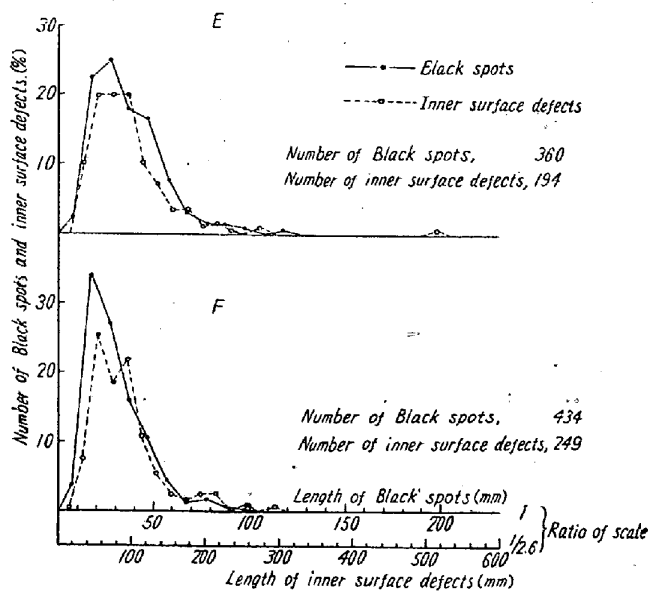


Fig. 9. Relation between both length of black spots and inner surface defects.

ある範囲は $D_B' / D_B = 0.512$ で、丸鋼の半径を r とすると略丸鋼中心から $0.5r$ 内の範囲ということになる。そこでこの $0.5r$ に含まれる Black Spot に就いてその長さ、疵の長さとの関係を求めると Fig.9. の様になる。Black Spot の長さの分布と、疵の長さの分布は極めてよく一致している。もし Black Spot が割れて疵に

ならないとすると両者の分布状態はこの様によく一致しないはずである。従つてこの結果は Black Spot が割れて疵になることを明瞭に示すものと考えられる。但し Fig. 9. に示した疵はカブレおよびフクレの両者を含むもので、この中フクレは以後の圧延工程で大部分は圧着すると考えられ、実際的には Fig. 9. に示した疵が全部有害なものではない。

以上二つの現場的な試験の結果から実際の穿孔の場合にも明らかに Black Spot が欠陥となつて疵を発生させることが判り、これらの結果は先の基礎実験結果の裏付となるものである。

IV. 総 括

以上研究の結果を総括すると次の様になる。

丸鋼横断面をマクロ・エッチした際丸鋼内部に黒い斑点が現われる。熱間加工性に対する基礎実験の結果、これらの斑点の中色の薄いものは余り熱間加工性に影響はないが、特に黒く見えるもの、即ち Black Spot が熱間加工に対する欠陥となることが判つた。更に実際の穿孔の場合にもこれが原因となつて疵が発生することが明らかとなつた。(昭和 29 年 8 月寄稿)

文 献

- 1) 絹川: 住友金属研究報告, 第 2 卷, 第 1 号, 1
- 2) 池島: 機械学会誌, 56 (1953), No. 411, p 263