

4) K. C. McCutcheon, J. Chipman: A.I.M.E.
I. & S. Div., 131 (1938) p. 206

J. Chipman, C. R. Fondersmith: A.I.M.E.
I. & S. Div., 125 (1937) p. 370

スチーフエル・マンネスマン式穿孔機による 製管法の研究 (V)

(芯金形状の影響)

(昭和 28 年 10 月本会講演大会にて講演)

井 上 勝 郎*・加 藤 信*

STUDIES ON THE PROCESS OF PIERCING SEAMLESS STEEL TUBES BY THE STIEFEL-MANNESMANN PIERCING MILL (V)

(Effects of Piercer Plug Contours)

Katsuro Inouye and Makoto Kato

Synopsis:

By the actual use of the Stiefel-Mannesmann piercer, the authors studied the effects of piercer plug contours designed in various ways upon the piercing phenomena from the practical points of view. The variations of piercer plug contours were, with the other factors kept constant, made upon two theoretical sections, namely reducing section and reeling section respectively. The results obtained were summarized as follows:

As we changed the plug contour in reducing section from the stumpy shape (Q type) into the acute shape (O type),

- (1) The dimension of tubes became larger, with a slight increase of diameter and wall-thickness, while the elongation decreased with the increased twist of tube surfaces.
- (2) While the $kM/sec.$ remained unchanged, the kM rose sensitively.
- (3) The axial moving speed of tubes increased. The authors actually discovered from the recent test that the adoption of O type instead of Q type resulted in increase of the speed equal to that obtained by expansion of the roll inclined angle by approximately three degrees.
- (4) As regards the variations of strain rate in the course of piercing operation, the peak-load considerably rose and the position of the peak moved towards the outlet side owing to the unreasonable deformation in the latter half of piercing operation.
- (5) Both inside and outside defects of tubes tended to be formed.

When plugs of no reeling section were used, the wall-thicknesses of tubes tended to assume undulating shapes with the aggravation of non-uniformity. As outside diameter of tubes became lessened also, the elongation rate fell. The twists of tube surfaces decreased with a slight effect on the whole. the $kM/sec.$, kW and axial moving speed fell. The highest strain rate in the course of piercing operation somewhat decreased and the distribution phase became sharp. Sensitive effects were seen upon the formation of inside defects of tubes. Especially defects tended to be formed when round billets were of inferior quality. Almost no effect upon outside defects was observed, but the defects still tended to increase.

I. 緒 言

前報迄にロール傾斜角¹⁾, ロール間隔²⁾, 芯金直径³⁾, 抑え板間隔³⁾及び芯金位置⁴⁾等の影響について述べたが, これに引続き芯金形状の影響に就いて報告する. 第1図

b は穿孔変形の水平断面図であるが, この図より明かな様に芯金の作用は2つに大別できる. 第1部はロールの横圧縮による管材の破壊を中心に局限すると共に, ロール

* 日本特殊鋼管株式会社

ルとの間で材料を螺旋状に連続圧延して肉厚を減少せしめる部分（之を Reducing 部と称する）であり、第 2 部は之に引きつづき、管内面を平滑に仕上げる部分（之を Reeling 部と称する）である。此の両者は共に穿孔変形状況及び製管による疵発生に著しく作用するので今回の実験に於ては Reducing 部の形状及び Reeling の有無の影響が夫々独立に判明する様に試験芯金の形状をえらんだ。その結果穿孔作業に及ぼす芯金形状の影響を系統的に明かにし得たと信ずる。

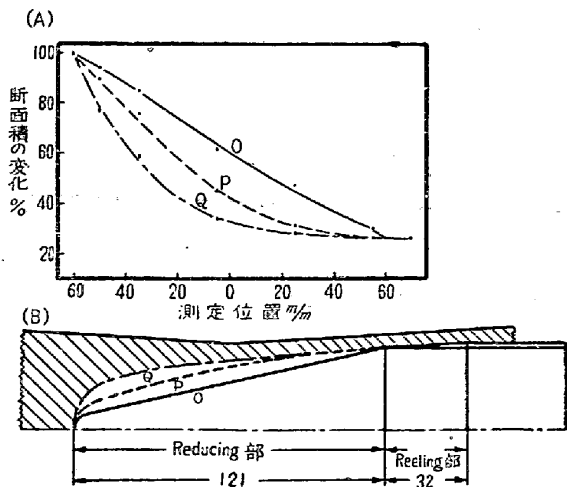
II. 実験方法

今迄の実験と同じく実際の穿孔機を用いて、他の作業条件は一定にして芯金形状のみを変えて穿孔作業を行い必要なデータをとつた。実験中一定に保つた穿孔条件は下記の通りである。

- ロール傾斜角 9°
- ロール直径 802mmφ, 出口, 入口角 3.5°
- ローレット付
- 抑え板間隔 86mm
- 芯金位置 60mm(先端がロールゴージより前方に)
- 穿孔温度 平均 1240°C
- 在炉時間 約 1.5 hr.
- 芯金形状の変化は次のようにした。

A. Reducing 部の形状変化

Reducing 部内各位置に於ける管の図上断面積（ロール間隔を外径、芯金直径を内径とする中空円板と考えた）変化が、第 1 図 a に示す 3 つの場合になるような芯金 O, P, Q, を製作した。



第 1 図 芯金設計法

即ち

- 1) O型……管の断面積変化が芯金先端部で小さく後端部で大なるもの……(尖鋭型)

- 2) P型……O型とQ型の中間型
- 3) Q型……管の断面積変化が芯金先端部で大きく後端部で小なるもの……(ズングリ型)

B. Reeling 部の有無

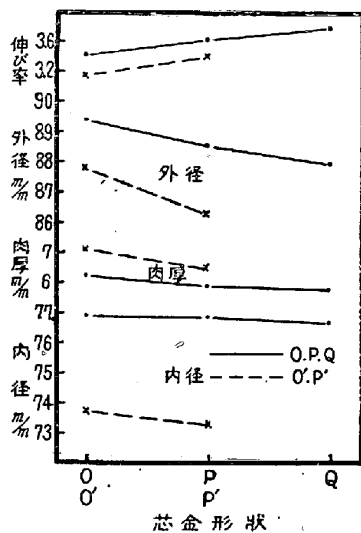
上記の 3 つの芯金は Reducing 部に続いて、ロールとの間隔を一定にした Reeling 部がある。これが無い場合として次の型をつくつた。

- 4) O'型……Reducing 部はO型と同一。Reeling 部はない。
- 5) P'型……Reducing 部はP型と同一。Reeling 部はない。

以上 5 種類の芯金（第 1 図 b 参照）について各々 11 本づつ製管試験を行つて各種の測定を行つた。使用した管材の撰択法及びその区分は前報と同じであるから省略する。但し管材径は前報迄と異なり 85mmφ である。加熱方法についても成可く均熱になるように努力すると共に、試験順序をランダム化して影響を避けるようにした。

III. 管の寸法

各条件で穿孔された管の寸法を前報迄と同一方法で測定した。之等の結果を第 2 図に示す。この結果によると



第 2 図 寸法及び伸び率の変化

1) 外 径

(a) Reeling 部が無いと小さくなる。Reeling 部が無ければ Reducing 終了後、管が拡がらないから当然である。

(b) Reducing 部の形状の影響は僅かであるが、O 型(ズングリ型)程小さくなる。しかも Reeling 部が無い場合に顕著である。管はロールと芯金との圧延に

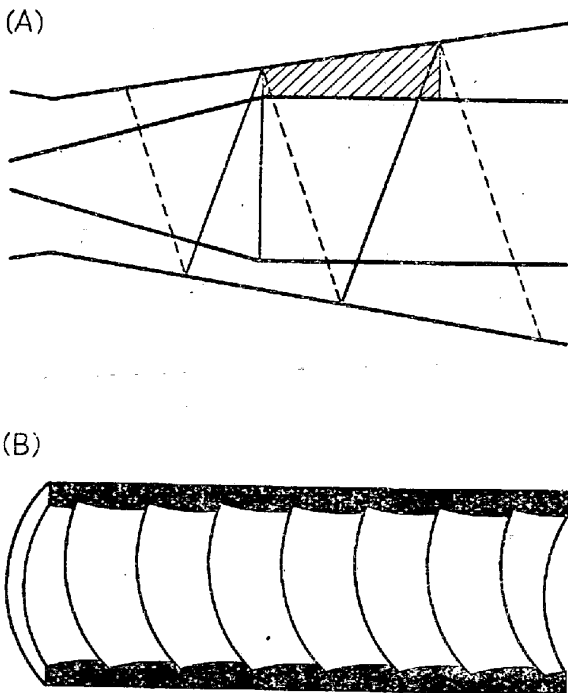
より、軸方向に伸びると共に円周方向に膨出するが、O型(ズングリ型)は芯金後端部に於ける Reduction が小さい為(第1図)、円周方向の膨出が少ないのであろう。Reeling 部があると、ここでそれ以前の膨出度が打ち消される為に外径の相違が小さくなる。

2) 肉厚

a) Reeling 部が無いと肉厚は厚い。

b) Reducing 部の形状の影響は、Q型(ズングリ型)程肉厚が薄い。又その変化は Reeling 部のない場合に著しい。

以上の結果は次の様に説明出来る。穿孔圧延は第3図aに示す様に帯状の連続圧延であるから、Reeling 部が無いと、仕上圧延に相当する部分が肉厚不同のものとなり、出てくる管の肉厚は第3図bに示すように波状を呈し平均すると厚くなる。又 Reducing 部の形状がQ型(ズングリ型)程肉厚が薄いのは、Reducing 部に於ける圧延状況の為に、第3図の波の巾が狭くなっているため肉厚不同の程度が小さいのである。又、Reeling の存在は上記の肉厚不同を打ち消して均一肉厚にするから、肉厚の差を小さくする。尚以上の観点に立つて考えると、管は半回転毎にロールと芯金の間で圧延されるのであるから Reeling 部の長さは1回転毎の管の前進量の1/2以上無くしては効果が無い。



第3図 Reeling 部の無い場合の肉厚状況

3) 伸び率

外径及び肉厚の変化の合成である伸び率は、図のよう

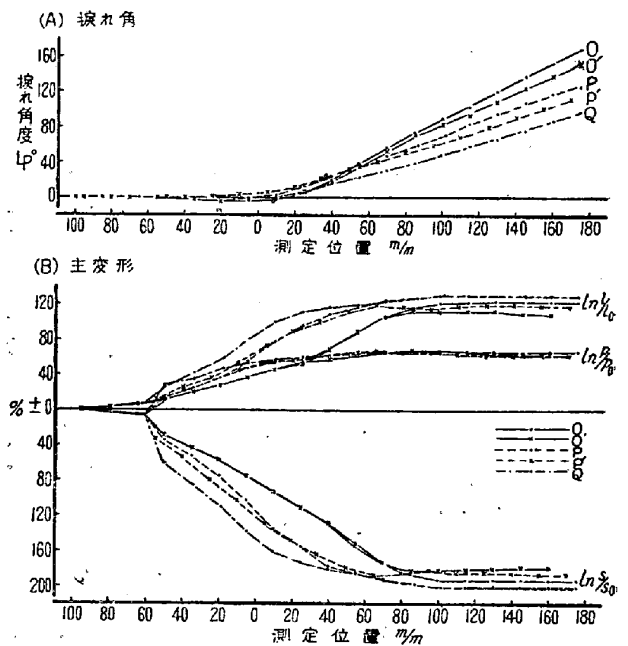
に Reeling 部が無いと少く、又、Reducing 部はQ型(ズングリ型)程大きくなる。

IV. 主変形及び換れの変化

管材表面に人工条を入れておいて、穿孔途中止めし、之を輪切りにして主変形の変化過程と表面の換れを調査した。

1) 主変形

穿孔過程に於ける3方向の主変形、即ち軸方向 l 、切線方向 ρ 、肉厚方向 S の変化を対数値で第4図bに示した。



第4図 穿孔中の換れ角及び主変形の変化

これによると、Reducing 部形状の変化による主変形の変化は、芯金の形状より予想される通りであつて、Q型(ズングリ型)程変形量が最初に大きく後端部に進むと共にゆるやかになる。その他、目につく点を列挙すると第1は各型式の肉厚が Reducing 終了点で一致せず、それより約30mm後方で一致していることである。これは Reducing 終了点に於けるロールと芯金の間隔は各型式共同一であつても、抑え板側(天地方向)にある肉厚は、その断面より前方で圧延されたものであるから芯金形状により異なり、従つて断面平均肉厚は当然異つてくる。第2は伸びと拡がりとの関係がQ型(ズングリ型)は常に伸びは拡がりよりかなり大きく、O型(尖鋭型)ではロール中心迄は両者は殆んど一致していることである。第3は Reeling 部がないと、Reducing 終了後反つて肉厚が僅かに増加する傾向がある事である。

2) 換れ

表面の人工条が製管後軸線となす振れの傾き角は下表の通りである。

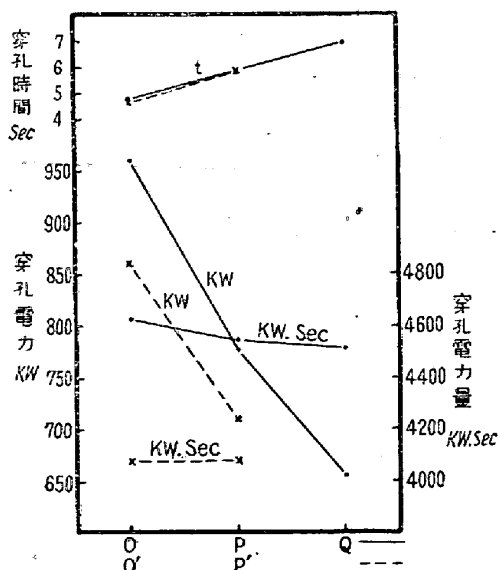
Reducing 部 形状の變化	振れ傾き角	Reeling 部の 無い場合	振れ傾き角
O型	34°40'	O'型	32°00'
P型	23°20'	P'型	24°10'
Q型	19°20'		

これによると、振れにはReducing 部の変化は影響が大きく、O型（尖鋭型）程振れは増加する。同じ型式に於いて Reeling 部が無いと振りは少なくなるがその程度は僅かである。此等の穿孔中の変化を第3図 a に示すが、穿孔後半特にロールゴージより 40~80mm 附近（後述の歪率のピークのある所）の振れにより差があらわれている。

穿孔による管の振れはロール中央部の周速度が出口の周速度より大なる為起るものであつて、之は芯金形状に拘らず同一であるが、之に應ずる管の抵抗は同一でない。則ちQ型になる程穿孔中の歪率の分布が均一に近づき（Ⅲ参照）ロール中央部の歪率が大きく出口では少なくなつてゐる。此の為にロールから管に与えられた回転をロール中央では大きく減殺し、出口では逆に少なくする効果がある。従つてこのような芯金を使用すれば振りは他の型より少なくなりうる。

V. 所要動力

穿孔機のモータの動力を記録電力計で記録し、それから各種損失を含めた平均電力を求める事が出来る。此の結果は第5図であつて図の各点は10本の平均値である。



第5図 所要動力の變化

5図によると、電力量(KW·Sec)に影響するのは Reeling 部の有無丈であつて、Reducing の形状の影響は殆んど認められない。Reeling 部がないと Reeling action が行われないから、それに相当する丈所要電力量は少ない。

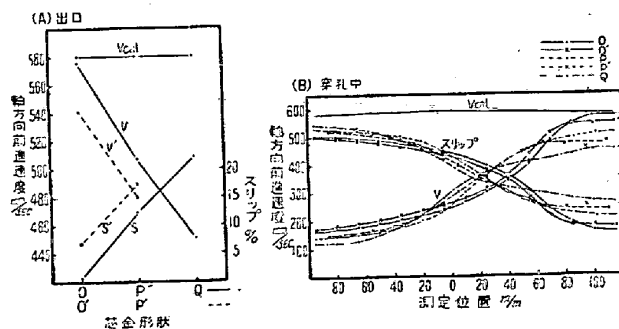
平均電力には両変化は共に影響して居り特に Reducing 部の形状による変化が著しい。図によるとO型（尖鋭型）はQ型（ズングリ型）より約 300KW 高いが、これはロール傾斜角を 3° 変へた場合に匹敵する。平均電力は接触面積、加工度及び穿孔速度により影響されるものであるが、此の場合はO型（尖鋭型）程穿孔速度が速い為に電力が増加したのであろう。

VI. 穿孔速度とスリップ

穿孔中の管の速度を軸方向の前進速度と回転方向の速度に分けて考える。これらの穿孔機出口の値は実測することが出来る。又穿孔中の各位置の値は出口の値と途中止試料を用いて求める事が出来る。その方法は第1報に述べたから省略する。

1) 前進速度

穿孔機出口に於ける値を第6図 a に示す。ロール周速度の軸方向成分（管の理論前進速度に相当する）は芯金形状が變つても同一であるが、管の実際的前進速度は芯金形状によつて相当変り、特に Reducing 部形状の影響が著しい。その傾向は電力の変化と同じで、Reeling 部が無いと遅くなり、又O型（尖鋭型）程早くなる。O型（尖鋭型）はQ型（ズングリ型）より約 30% の速度増加を示しているが、その差はロール傾斜角を約 3° 変へた場合の差に匹敵する、此の様に芯金形状を変える事により、ロール傾斜角或いは加工度を変えることなく、穿孔速度を相当に変えうることは注目すべきである。



第6図 出口及び穿孔中の前進速度の變化

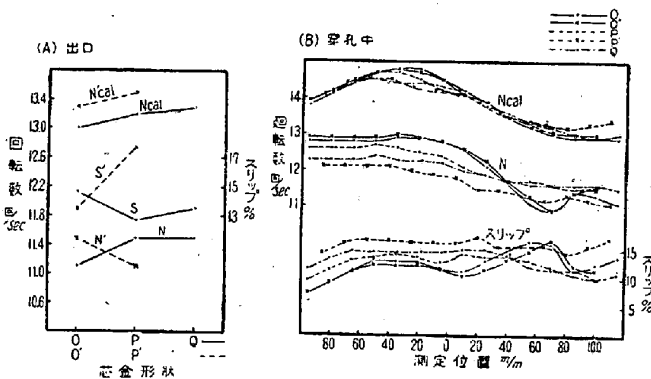
穿孔中の前進速度の變化を第6図 b に示す。此の結果によると、Q型（ズングリ型）はO型（尖鋭型）に比べて、出口速度丈でなく穿孔機入口に於ける速度も早い。

しかしながら、その中間に於いては、穿孔中に行われる伸び率変化の関係で、速度の入れ換りがつて、ロール中央部附近ではQ型(ズングリ型)の速度が最も大きい。ロール表面速度に対するスリップも同様の関係にある。尖鋭型の芯金になる程前進速度が大きい理由は明かではないが、穿孔機入口に於ける metal flow の変化が、Q型(ズングリ型)程急激になるので、管の前進に対する抵抗が大きいことはその1つの理由であろう。

次に Reeling 部の有無の影響を見ると、第6図bより明かな様に、Reeling 部にかゝる迄は前進速度が同じであるが、そこから先は Reeling 部が無いと管の伸びが止まってしまう為に、前進速度も増加しなくなる。従つて Reeling 部のある芯金の方が穿孔機出口に於ける前進速度が幾分大きい。

2) 回轉速度

穿孔出口及び穿孔中の管の回轉数を前報迄と同じ方法で測定した結果を第7図に示す。図中の N はロール表面と共に管が回轉したと仮定した場合の理論回轉数であり n は実際の回轉数である。



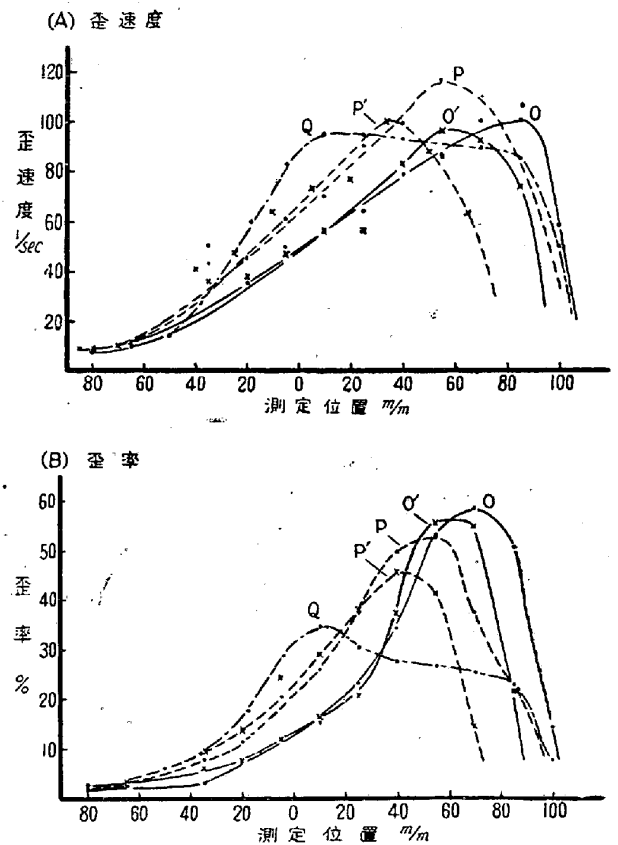
第7図 出口及び穿孔中の回轉数の變化

穿孔機出口に於ける実回轉数は、芯金形状により余り変化しないが、O型(尖鋭型)よりQ型(ズングリ型)に至るに従い幾分増加の傾向にある。(第7図a)。その内容を穿孔中の状況(第7図b)より考察すると次の如くである。先づ穿孔ロール中央部附近ではO型(尖鋭型)は理論回轉数が大きく、従つて実回轉数も大きい。その理由は、此の附近では芯金直径がQ型に比べて小さい為に、管の平均外径が小さい為である。これは芯金位置を後退した場合の結果と同じである。(第4報参照)従つて穿孔機入口に於いても同様にO型程回轉数が大きい。所が穿孔後半になるとO型(尖鋭型)は局部的に歪率が大きくなる為に、回轉に対する抵抗が大きく、実回轉数は急激に低下する。従つて穿孔出口に於ける値はO型の方が低くなつてゐる。此の状況はロール間隔を狭めた場合

或いは芯金直径を大きくした場合(第2報参照)と同様である。しかしいづれにしても芯金形状による回轉数の変化は大きいものではない。

VII. 穿孔中の歪率と歪速度

穿孔変形はロールと芯金との間での連続圧延と考える事が出来るから、穿孔途中止試料を用いて穿孔各位置に於ける歪率(圧下率)と歪速度(圧下速度)を求めうる。第8図にその結果を示す。



第8図 穿孔中の歪率及び歪速度の變化

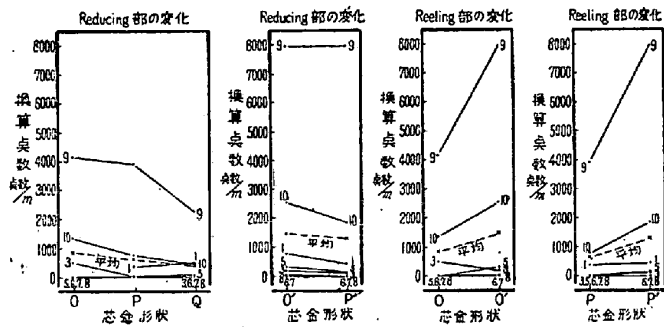
これによると、穿孔中の歪率分布の形は芯金形状により相当変えうる事が示されている。即ちQ型(ズングリ型)は歪率のピークが低く且つピークの位置が穿孔入口側に移り、全体的になだらかな曲線を示す。之に対しO型(尖鋭型)は穿孔前半は歪率が小さく、後半になつて急に圧延する為穿孔後半に山のある分布形になつてゐる。且つ穿孔後半の圧延が急激に過ぎる為にロールと芯金の間で管内のプールが出来て、それが一層歪率を高くしている。歪率が局部的に高い事は穿孔圧延中の管にかかる円周方向の剪断力が大きいことであるから、割れ疵の発生に不利であることは言うまでもない。尙 Reeling 部がないと、歪率の最高値は僅か低下するが、分布形はより尖つた形になる。

歪速度も大体に於て歪率の分布と同様の形を示す。但し歪速度の最高値は芯金形状によりあまり差異を示さない。

VIII. 割れ疵の發生

1) 内面疵

今迄の報告と同様に穿孔後の管を縦断切開して内面疵を調べた。第9図は此の結果を示す。疵の点数は現われた疵の長さと程度の相乗和であつて、点数が高い程疵が多い。第9図から得られる結論は次の様なものである。



第9圖 内面疵の變化

(a) Reeling 部が無い場合に疵(表面下で割れているフレ疵が多い)が敏感に発生している。則ち図に於いて、Reeling 部の有無で比較すると、無疵の場合以外ほどの管材でも Reeling 部が無いと疵が著しく多い。此の理由は Reeling 部が無いと管は最後にロールと芯金の間で段付きに圧延される(Ⅲ及び第3図a参照)為に、若し管材材質が不良で穿孔前半で管内部に割れを生じていれば、それが圧着される事なく露呈し易い為である。之に反して Reeling 部が管の回転ピッチの 1/2 以上あれば管は最後に2回以上アイロンをかけられるから疵が圧着される。尙又 Reeling部があると、管は最後迄ロールと芯金の間で肉厚の減少をうけるが、Reeling部がないと、此の部分で管はロールから押されて肉厚が逆に増加する事になり、一種の絞り圧延作用を受ける事もフレ疵をつくる原因となる。いづれにしても芯金後尾の Reeling 部の存在は内面疵防止の為に極めて必要である。

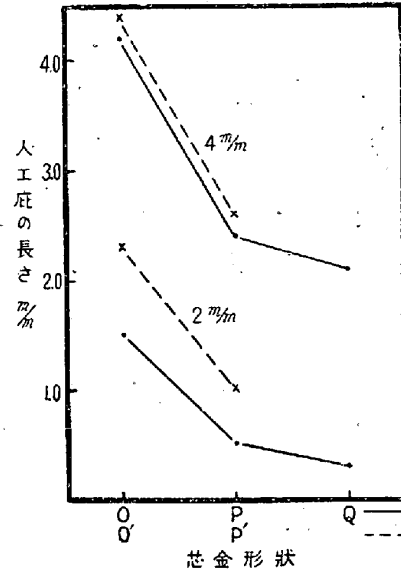
b) Reducing 部形状の影響は Reeling 部の影響よりは小さいが、やはり認められる。即ち歪率のピークが低くて全体の分布形がなだらかなQ型(ズングリ型)程内面疵が少ない。之は前節で述べた様に穿孔中に無理な圧延をしないから、剪断による割れをつくる機会が少ない為である。

c) 以上の総べての場合について、管材材質による差

は高度に有意であつて、Sの偏析の甚だしいリムド鋼は芯金条件による差が顕著に現われる。

2) 外面疵

例によつて深さ2mmと4mm、巾2mmの人工疵を2ヶ所づつ管材表面に軸方向全長に入れ、穿孔後の巻き込み長さを比較した。その結果を第10図に示す。之に



第10圖 外面疵の變化

よると、Reducing 部形状の影響が大きく、O型(尖鋭型)程外面疵が拡大され易い。外疵の巻き込みの深さは穿孔中に於ける管断面内の円周方向の不均一剪断歪の大小に影響されるものであるから、穿孔中の歪率ピークの高いO型(尖鋭型)程疵が出易いことは当然である。Reeling 部は無い方が疵が拡大され易いがその影響は僅かである。

IX. 結 論

芯金形状を Reducing 部と Reeling 部とにわけ、各部の形状を変えて、その影響を調査した所、次の事項がわかつた。

Reducing 部の形状をズングリした形(Q型)から尖鋭な形(O型)にかえるに伴ない、

- 1) 管の寸法は僅かに径大厚肉となり、伸び率は低くなる。又管表面の損れは大きくなる。
- 2) 所要電力量(KW·Sec)は変らぬが、電力(KW)は敏感に上昇する。
- 3) 前進速度は速くなる。今回の例では、Q型に比べるとO型はロール傾斜角を3°程度大きくした場合に匹敵する速度増加がある。
- 4) 穿孔中の歪率の變化は穿孔後半無理な変形を行う為ピークが高くなり、ピークの位置が出口側に移る。

- 5) 管の内外面疵は出易くなる。
又、Reeling 部を無くすと、
- 1) 管の肉厚は波状を呈し、偏肉が甚だしくなる。又外径も小さくなるので伸び率は低下する。
 - 2) 表面の振れは小さくなるが影響は少ない。
 - 3) 所要電力、電力量及び前進速度は低下する。
 - 4) 穿孔中の歪率の最高値は幾分低下するが、分布の形はシャープになる。
 - 5) 管の内面疵には敏感に影響し、管材が不良な場合著しく疵が出易くなる。外面疵には影響が少ないが、やはり幾分疵が大きくなる傾向がある。
- 以上を総括して実際作業上の指針として、
- 1) 穿孔速度の増加、従つて製管能率の上昇を期待するならば、芯金は尖鋭型にする方が有利であるが、内面疵は出易くなる。内面疵を防ぐ為にはズングリした型の芯金がいゝ。その代り穿孔速度は低下する。従つて管材の事情に応じて適宜使いわけのべきである。
 - 2) 芯金後尾の Reeling 部は管の仕上り形状からも、

疵の発生防止上からも絶対に必要である。その長さは少くとも管の回転ピッチの 1/2 以上無くては均一に圧延されない。それ以上長ければ長い程良いが、1 回転のピッチ以上は不必要である。

本実験はすべて日本特殊鋼管本社工場で行つたものであつて、終始理解ある御指導と御援助を賜つた須永己代次社長以下関係各位に対し厚く謝意を表する。

(昭和 29 年 2 月寄稿)

文 献

- 1) 井上, 加藤: スチーフエル・マンネスマン式穿孔機による製管法の研究 (第 1 報), 鐵と鋼, (1952) 6 月號
- 2) 井上, 加藤: 同上, (第 2 報) 鐵と鋼, (1952) 12 月號
- 3) 井上, 加藤: 同上, (第 3 報) 鐵と鋼, (1953) 9 月號
- 4) 井上, 加藤: 同上, (第 4 報) 鐵と鋼, (1953) 11 月號

炭素鋼壓延材の高温酸化に関する研究 (I)

(2, 3 の基礎實驗結果)

(昭昭 23 年本會第 35 回講演大會にて講演)

佐々木茂 式*

STUDIES ON OXIDATION OF THE CARBON STEEL FOR ROLLING AT HIGH TEMPERATURES (I)

(Results of Some Fundamental Experiments)

Shigeichi Sasaki

Synopsis:

The present study was made with a view to improve the properties of the surface of rolled carbon steel. This report treats of the results of fundamental experiments made on the influences of heating conditions, sorts of steel and alloying elements on the oxidation of carbon steel (C 0.06~0.40%) at high temperature in the air and on the surface state of carbon steel. The oxidation degree at high temperature increased with lowering of heating rate. Rimmed steel was more easily oxidized than kiled steel at high temperature. Effect of Si, C and Cu on oxidation rate of steel was recognized, but that of C and Cu was lower than in the case of Si. The process of forming scale on the surface of carbon steel was as follows: the blackish cloud on metal surface occurred due to oxide film formed at about 400°C and this film grew into

* 日本鋼管川崎製鐵所技研