

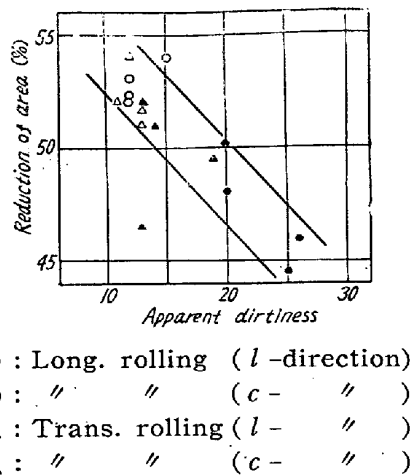


Fig. 3. Relation between apparent dirtiness and reduction of area.

在物清浄度を測定し、評点化して、その分布と、引張試験の絞りとの関係をしらべ Fig. 3 をえた。介在物測定は、引張試験片の長さ方向に対して垂直な面で行ったもので旧学振法を当所で簡単化した方法を用いた。

Fig. 3 より、介在物が見掛上増すほど、絞りが低下しまた縦圧延 c 方向がもつとも悪く、横圧延 l 方向がこれに次ぐことがわかる。

なお組織の異方性は、ほとんど認められなかつた。

IV. 考 察

異方性に影響する要因は、本実験に用いた C 鋼や Si-Mn 鋼では組織よりも介在物であることが前節(4)より推定され、前節(1)の電炉鋼の異方性が少いこともこれを裏付けるものと解釈できる。Orowan らが指摘しているように、破壊が介在物周辺の応力集中部に発生することは容易に推測でき、介在物の形状と引張応力の方向によつて集中応力の大きさが決定されるものと思われる。一方、圧延比によつて介在物の形状が変り、一般的には、縦圧延によつて細長く伸びた介在物に直角方向に作用する応力は、介在物先端に強く集中し破壊しやすくなると考えられる。横圧延では介在物が円形に近く、 l 、 c 方向の集中応力が同程度に緩和されるであろう。平炉鋼を電炉鋼なみの清浄度にするには困難であるから、強加工用平炉鋼を圧延するときは、鋼塊、鋼片、鋼板の寸法、圧延条件、加工方向などを考慮して最適の圧延方式を採用すべきであり、加工する場合も鋼板の異方性を考慮すれば強度の加工を行うことができる。

V. 結 言

中板材の冷間加工性におよぼす圧延方式の影響をしらべ、異方性は二方向の圧延比によつてきまり、介在物の影響が大きいことを認めた。

鋼板の苛酷な冷間加工は圧延比にもとづく方向性を考慮して行わねばならない。

(55) 小径薄肉不銹鋼鋼管の冷間引抜に関する研究

住友金属工業、鋼管製造所

工博岡本豊彦・○高橋啓三

Research on the Drawing of Small Thin-Walled Tubes of Stainless Steel.

Toyohiko Okamoto and Keizou Takahashi.

I. 緒 言

最近原子炉用などで寸法精度および表面状況の厳密な小径薄肉の不銹鋼鋼管が要求されており、このような鋼管の冷間加工法としては、引抜きの際に焼付あるいはプラグ筋などが発生することなく、1回の引抜き加工度を高くすることが必要である。したがってマンドレル引抜き法が適当と考えられ、これに關しての諸実験を行つた。

II. 実 験 装 置

引抜きは普通の鎖式抽伸機を用いて、引抜き力および芯金力はストレインメーターにて測定した。またマンドレル引抜き後に管よりマンドレルを抜取るためのリーラー方式としては、普通の2段ロールに外径4"の平ロールを取付けた方式と、カリバーロールを取付けた方式および傾斜ロールに凹凸ロールを取付けた場合の3種について試験した。

III. 加工硬化の大なる材料の引抜き特性の考察

18-8 不銹鋼鋼管のように、加工硬化の大きい材料における冷間引抜き特性の研究は、種々発表されているが、ここでは、主として定性的に加工硬化の多い材料と少ない材料との引抜き特性の相異を論じた。すなわち Sacks の薄肉管の引抜き応力を求める式を用いて、われわれの実験に使うキゲタロイダイスを、便宜上 $\alpha = 10^\circ\text{C}$ の円錐型と仮定し、摩擦係数 $\mu = 0.07$ とした場合につき、引抜き応力または変形抵抗と加工度の関係を試算して図示すると Fig. 1 の通りである。すなわち、まったく加工硬化を生じない材料を仮定すると $kf=1$ として図の水平線④で変形抵抗(降伏応力)が示される。曲線①は引抜き応力の値であり、A点では $\sigma_e = kf$ となり、これが加工限度となる。つぎに変形抵抗が前者の2倍の材料を考えると、水平線⑤は $kf=2$ を示し、その際の引抜き応力は、曲線②で示されて、加工限度B点は、A点と同様となる。つぎに加工硬化する材料では、直線⑥のように、引抜き前

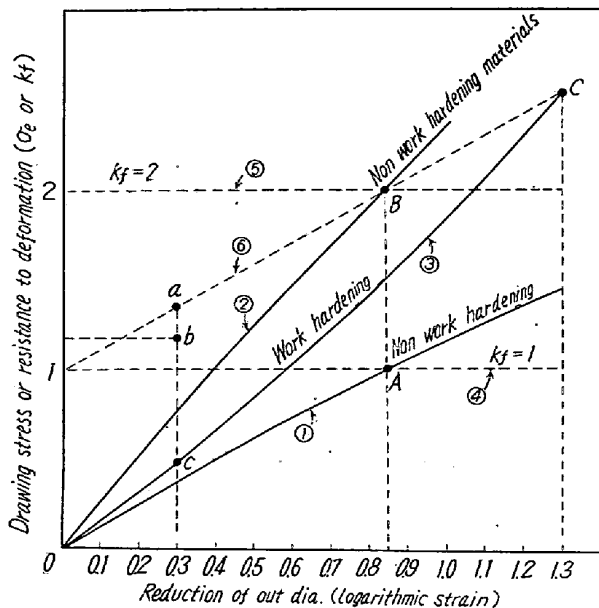


Fig. 1. Theoretical drawing stress and drawing limit of ideally plastic materials and work-hardening materials.

$k_f=1$ のものがB点まで冷間引抜すると、2倍になったと仮定しよう。この⑥に相当する引抜応力として③がえられ、両者の交点Cがこの場合の加工限度であり、加工硬化の大きい材料の方が加工限度が高いことが証明される。

IV. 18-8 不銹鋼と低炭素鋼鋼管の引抜特性の比較試験

1. 供試材

外径 35mm×肉厚 3.5mm×長さ 600mm に冷間引抜後軟化熱処理をした 18-8 不銹鋼と 0.1%低炭素鋼について空引およびプラグ引につき試験をした。

2. 試験方法

実験装置はさきに述べた通りであり、引抜工具はキゲタロイの円弧型ダイスと、プラグは円筒型で、1%炭素鋼に Cr 鍍金したものを用いた。潤滑は低炭素鋼には磷酸塩被膜を、18-8 不銹鋼には硫酸塩被膜をした。

3. 試験結果および考察

引抜応力については 18-8 不銹鋼の方が加工硬化が大であるので、減面率 15% 以上では相当高くなっている。しかし引抜応力と引抜後の材料の降伏点の比 (σ_e/σ_s) を示すと Fig. 2 下の通りで、引抜応力の高かった 18-8 不銹鋼の方が逆に低い。この σ_e/σ_s の曲線を外挿して $\sigma_e/\sigma_s=1$ の水平線との交点が、この実験より求められる引抜応力に基因する加工限度であり、18-8 不銹鋼の方が空引およびプラグ引とも加工限度は高く、さきの考察と一致した結果を示している。

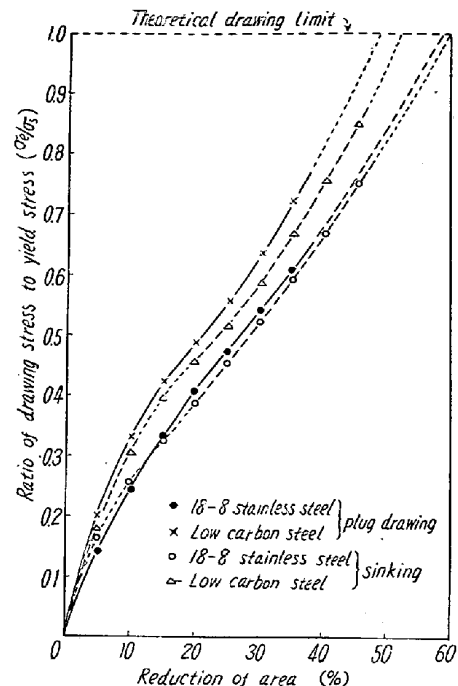


Fig. 2. Comparison of σ_e/σ_s on the drawing of 18-8 stainless and low carbon steels.

V. マンドレル引とプラグ引の比較試験

1. 供試材

外径 16mm×肉厚 0.85mm に引抜後軟化熱処理した材料につき試験した。化学成分は Table 1 の通りである。

Table 1. Chemical composition of specimens (%).

	C	Si	Mn	P
18-8 stainless steel	0.05	0.52	1.30	0.021
	S	Cu	Ni	Cr
18-8 stainless steel	0.009	0.22	9.64	18.50

2. 試験方法

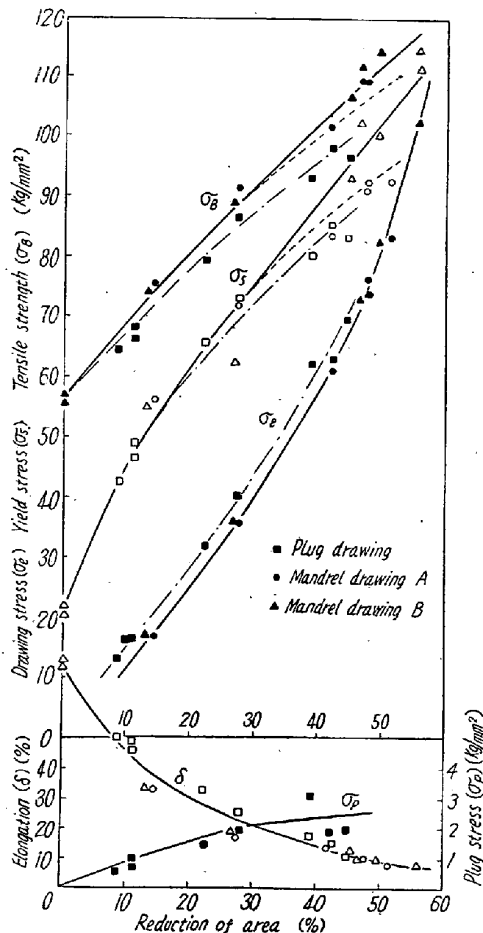
マンドレルおよびプラグ径は 13.65mm の一定とし、同一材質の工具鋼を用いた。潤滑は硫酸塩被膜を施して試験した。引抜方法としては、普通のプラグ引とマンドレル引としてはマンドレルをチャックで引張る方法と管を引張る方法の 2 種について試験した。

3. 試験結果および考察

引抜応力と引抜後の引張試験結果は Fig. 3 に示した通りであり、マンドレル引の 2 種についてはプラグ引に比して引抜応力が小さい。したがって加工限度も高くなる。またマンドレル引の場合の 2 種の相異については、Fig. 3 で判るように引抜応力としては管とマンドレル

Table 2. Comparison of reeler rolls.

Type of the reeler	Expanding tubes	Change of tube length	Number of pass	Dimensional variety of reeler tubes	
				Out dia.	Thickness
Two high plain roll	0.10~0.16	0~+0.15	25~50	±0.03	±0.06
Two high caliber roll	0.11~0.28	+0.2~+0.53	15~25	±0.04	±0.07
Inclined roll	0.14~0.15	0~-0.25	1	±0.02	±0.04



Mandrel drawing (A)

When total drawing force acts on the drawn tubes.

Mandrel drawing (B)

When total drawing force acts on the moving mandrel.

Fig. 3. Comparison of plug and mandrel drawing.

の両方を引抜くための total が示されるため大差ないが、引出し始めの状態では管に作用する引張力に相異を生じ、マンドレルを引張る方法の方が実際問題としては加工限度は高くなる。

VI. リーラー方式の試験

マンドレル引抜後、マンドレルを管より抜取るためのリーラー方式として、さきの実験装置で記した3種の方

式について比較試験をした。外径 12.5mm×肉厚 1.25mm×長さ 800mmの管を外径 11mm×肉厚 1.0mmにマンドレル引した材料につき試験した。その結果はつぎの Table 2 の通りであり、傾斜凹凸ロール方式は、ほかの2種に比して拡張量が安定しており、ロールパス回数も平ロールおよびカリバーロール方式の 15~50 回に対し傾斜ロール方式は 1 回で十分である。さらに外径および肉厚の寸法不同も傾斜ロール方式がもつとも良好であつた。

VII. 小径薄肉不銹鋼鋼管の試作の一例

外径 8.0mm×肉厚 0.375mmの原子炉用シース鋼管の製造の場合につき説明すれば、前述のマンドレル引とリーラーの研究により従来法の約 1/2 に工程を短縮することができたのみでなく、前会本会で報告したような光輝焼鈍法の適用によつて内外面ともに美しいものを作ることができた。すなわち、外面では 3 S、内面では 6 S 程度であつた。そして寸法精度についても最終工程で特殊のプラグ引を併用することにより、外径 ±0.03mm、肉厚 ±0.02mm 以内の精度が確保され、渦電流試験などの非破壊検査結果も十分満足できるものがえられた。

VIII. 結 言

18-8 不銹鋼のごとく加工硬化の大である材料の引抜特性につき研究し、18-8 不銹鋼が低炭素鋼より加工限度が高くなることを確めた後、マンドレル引を応用して1回の引抜加工度を高くした。さらに、このマンドレル引した後のマンドレルを抜取るリーラー方式につき検討し、傾斜ロール方式により良好な結果をえたので、これらの方法と光輝焼鈍を併用してシース用鋼管の試作の試験を行つた結果、寸法精度および表面状況など品質の十分良好な試作品を得ることができた。