

Fig. 5. Relation between remainder of molten metal on the weld center line and total upset distance.

upset 量が小になるものと考えられるが本報の upset 圧力一定溶接法の場合にも入熱量が少なく熱影響部がある値以下では溶接強度は期待できず、その値は電縫管溶接部もフラッシュおよびアプセットバット溶接部も近似した値であった。また溶接行程に起因する欠陥を十分に押出すためには溶接部の total upset distance が 3mm 以上である必要があり、圧着強度をえるためには圧着完了時の圧着部がある温度以上であることすなわち HAZ が平均巾で 5mm 以上であることが必要であることが判明した。

(115) 鋼管の拡管加工における Flaking の発生におよぼす諸因子の影響について

住友金属工業, 鋼管製造所

工博 寺井 庄治・○高橋 啓三

Effects of Several Factors on the Occurrence of Flaking in Tube Expanding Process.

Dr. Shoji TERAI and Keizou TAKAHASHI.

I. 緒 言

鋼管の管端を拡管加工して管板に取付ける方法は広く採用されている。この加工は管内に拡管ローラーを挿入し、ローラーに回転を与えて管を半径方向に拡げて管板に固着させる。この場合、管の内面は冷間圧延を受けることになり、かぶれ状のキズ flaking を発生し問題を起すことがある。しかし、この flaking の発生原因については、これまで十分な究明がなされてなく、管端内面研磨および管端焼鈍などの処置がとられているが、完全に解決するにはいたっていない。そこで flaking の発生におよぼす下記のような諸因子の影響について実験を行なった。

(1) 潤滑, (2) 拡管速度 (拡管ローラーのマンドレル回転数), (3) 間隙, (4) 管の機械的性質, (5) 管の内面状態, (6) 拡管ローラーの形状

II. 試験装置および供試管

1. 拡管加工試験装置および拡管ローラー

拡管加工試験装置は旋盤を改造したもので、駆動力 2 IP 負荷時回転数を 40rpm~880rpm の範囲で 8 段の変速が可能なものを用いた。拡管ローラーは Table 1 に示した 3 種のローラーについて試験した。いずれもベルマウスローラー付きの市販品および特別設計した拡管ローラーである。

Table 1. Size of tube rollers.

Type	Expansion range		Mandrel Taper (deg)	Work roller					Bell-mouth roller		Bell-mouth Angle (deg)
	Min. (mm)	Max. (mm)		Diameter		Length (mm)	Taper (deg)	Feed angle (deg)	Length (mm)	Taper (deg)	
			Min. (mm)	Max. (mm)							
D 1	25.00	28.00	2°40'	7.55	8.90	69	1°20'	1°30'	19.0	16°50'	36°20'
F 2	24.61	27.65	1°48'	8.23	8.94	57	55'	2°00'	12.7	15°30'	32°46'
F 3	24.61	27.08	1°44'	7.98	8.97	76	52'	1°55'	12.7	15°20'	32°24'

Table 2. Size, chemical composition and mechanical properties of tubes.

Size		Chemical composition (%)					Mechanical properties			
Outside diameter (mm)	Wall thickness (mm)	C	Si	Mn	P	S	Tensile strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Yield strength (kg/mm <sup>2</sup> )	Elongation (%)	Hardness (Hv)
31.79	3.63	0.12	0.36	0.54	0.023	0.025	41.4~38.2	29.6~24.7	52~48	130~108
31.69	2.50	0.09	0.23	0.45	0.009	0.018	(60.7~35.0)	(58.4~21.6)	(59~14)	(227~104)

( ) Condition of as cold drawn and heat treatment at 400~1000°C.

2. 管板

C量 0.28% の炭素鋼圧延丸鋼を所定寸法に鍛造後、900°C の焼ナラシをした後、管板に切削加工をした。管板の型式は軸方向に分割可能な割型を使用した。なお管板の厚さはいずれも 65mm、カタサは Hv 140~150 である。

3. 供試管

試験に供した管は、いずれも製造工場通常作業において製作した冷間仕上品の内から任意に抜取つて、試験に供した。Table 2 に供試管の寸法、化学成分および機械的性質を示した。

III. 拡管加工条件

各因子についての基準条件として、次のように定め各試験の該当因子については、条件をいろいろかえて試験をした。

潤滑：白絞油，拡管速度（拡管ローラーのマンドレル回転数）：90rpm，間隙：0.3~0.4mm，管の内面状態：成品状態，加工度：有効拡管率で約 0.3~3%，なお，有効拡管率 ( $\phi$ ) は次の式で求めた値である。

$$\left( \frac{\text{拡管後の管内径} - \text{間隙が0となつたときの管内径}}{\text{間隙が0となつたときの管内径}} \right) (\%)$$

IV. 実験結果

1. Flaking 発生程度の判定基準

発生程度の表示記号としては、J=0~9 の 10 段階に区別し、J=0 は無発生、J=9 はもつとも酷く発生したものとして判定した。Photo. 1 に代表的な flaking の発生状態を示した。なお、発生形態は全面一様にうろこ状に発生した AF 型、管軸方向にある程度の長さをもつて発生した BF 型および内面縦筋などにそつて発生した CF 型の 3 種がある。

2. 潤滑の影響

白絞油，機械油，エキスパンダ市販油，引抜用の合成樹脂系潤滑剤および燐酸塩被膜+ソルブル油の 5 種について、D1 型拡管ローラーで試験した。結果はわずかに引抜用潤滑剤の 2 種に比較して他の 3 種が発生は少ない

が、大きな差ではない。発生した flaking はいずれも AF 型で  $\phi=0.8\%$  以上では加工度が大きくなるとともに発生はひどくなっている。

3. 拡管速度の影響

拡管ローラーのマンドレル回転数を 40~880 rpm の範囲で 5 段階に変速し、各回転数について D1 型、および F2 型の 2 種ローラーで試験した。加工度は  $\phi=0.5\sim1.8\%$  とした。結果はローラーにより大きな差があり、F2 型はいずれの速度にても無発生であつたが、D1 型は回転数が速くなるほど発生はひどくなる。しかし一般に加工されている 90 rpm 以下においては大きな差はない。なお発生した flaking はいずれも AF 型である。

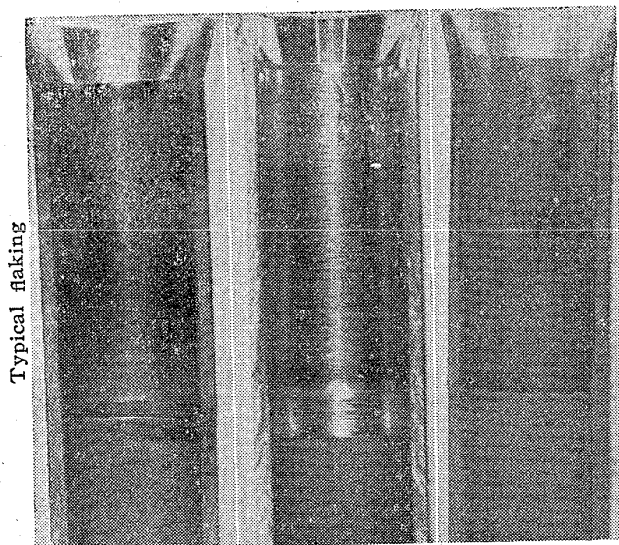
4. 間隙の影響

0.2~1.0mm の範囲で 0.2mm 間隔の間隙について D1 型および F2 型ローラーで試験した。加工度は、 $\phi=1.0\%$  を目標とした。結果は拡管ローラーにより大きな差異があり、F2 型はいずれの間隙とも無発生であつたが、D1 型は間隙が大きいほど発生はひどく、間隙 1mm においては AF 型の J-5 の発生が認められた。

5. 管の機械的性質の影響

冷間引抜したままおよびこれを 400~1000°C の範囲で熱処理した各種機械的性質の異なつた管について、D1 型および F2 型のローラーで試験した。また、管の内面状態は熱処理をしたままおよび 60メッシュのグラインダーで研磨した状態の 2 種の内面状態とした。

冷間引抜加工のままおよび低温で熱処理した硬い材料は、ひどい flaking を発生しやすく、700°C 以上で熱処理し軟化した材料は発生が少ない。Fig. 1 に引張強さと発生程度との関係を示した。引張強さが小さいほど発生は少なくなる傾向を示しているが、引張強さ 43 kg/mm<sup>2</sup> 以下においては明瞭な傾向ではない。なお拡管ローラーについては、F2 型ローラーが発生が少なく、また内面状態については、熱処理のままの状態が発生は少ない傾向を示している。



Type AF BF CF  
Grade (J) 6 5 8

Photo. 1

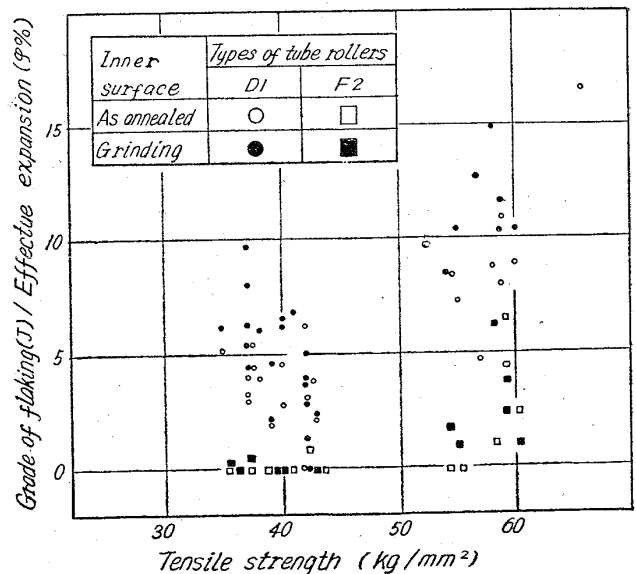


Fig. 1. Relation between tensile strength and grade of flaking.

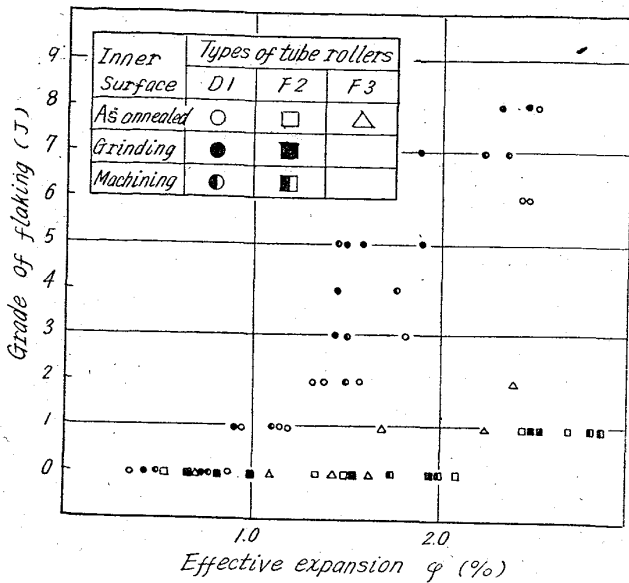


Fig. 2. Effect of tube rollers and inside surface of tubes.

6. 管の内面状態の影響

成品状態、酸により地荒れをさせた状態、深さ 0.2~0.3mm の V ノッチを切つた状態、60 メッシュのグラインダーで研磨した状態、旋盤切削した状態および 24, 50 120 メッシュのペーパーで軸方向研磨した状態について D 1 型ローラーで試験した。V ノッチを切つた状態については、V ノッチが起点となつて C F 型のひどい発生をする。また、120 メッシュのペーパーで研磨した状態については発生しがたい。他の状態については、成品状態がわずかに発生が少ないが大きな差ではなく、 $\phi = 0.8\%$  以上では加工度が大きくなるほど発生はひどくなる。

7. 管の内面状態および拡張ローラーの影響

管の内面が成品状態 (12S~25S) については、D 1 型、F 2 型および F 3 型の 3 種のローラーで、また内面 60 メッシュのグラインダー研磨および旋盤削りした状態 (6S~18S) については、D 1 型と F 2 型の 2 種につき試験した。Fig. 2 に加工度と flaking の発生程度との関係を示した。各内面状態ともローラーにより発生程度は著しく異なっており、F 2 型および F 3 型は  $\phi = 1.5\%$  以下においては、いずれの内面状態においても発生していない。しかし D 1 型は、 $\phi = 0.8\%$  以上では、加工度が大きいほど発生はひどくなる。管の内面状態については、F 2 型ローラーでは差は認められないが、D 1 型ローラーではグラインダー研磨および旋盤削りした状態に比較して、成品状態が発生はやや少ない。なお発生した flaking はいずれも A F 型である。

V. 総括

拡張加工における flaking の発生におよぼす諸因子の影響については、

1. 潤滑剤、拡張速度 (拡張ローラーのマンドレル回転数) および間隙は、一般に実施されている範囲においては大きな影響はない。
2. 管の機械的性質は冷間引抜加工のまま、あるいは低温で熱処理した硬い材料は、ひどい発生を起しやすい。

3. 管の内面状態については、悪質な縦筋などが存在していると、これが起点となつてひどい発生をする。しかし、普通の成品状態であれば、60 メッシュのグラインダー研磨および旋盤削りした状態より発生しがたい。

4. 拡張ローラーの形状については、試験した因子の内最も影響が大きく、Flaking の発生防止解決策としては、拡張ローラーの形状を検討することが重要である。なお試験した 3 種のローラーの内、D 1 型ローラーは発生を起しやすくよくない。

(116) 空気添加によるカーボンポテンシャルの低減について

(バッチタイプ焼入炉における雰囲気調節—Ⅲ)  
大同製鋼, 中央研究所

○益本 茂・保田 正文

On the Carbon Potential Decrease by Adding Air.

(Atmosphere control in the batch type hardening furnace—Ⅲ)

Shigeru MASUMOTO and Masabumi YASUDA.

I. 緒言

バッチタイプ焼入炉における雰囲気調節に関するこの一連の研究の第 1 報として、炉室内のコンデイションングおよびパーシング、とくに後者を計算と実験とで論じ、第 2 報には炉気汚染によるカーボン・ポテンシャル低下対策としてのプロパンエンリッチをとり上げ、その効果を熱天秤による基礎的な実験と、工業的な炉での実証例をあげて詳しく報告した<sup>1)</sup>。

今回は、第 1 報報告の際に、2, 3 のデータを示して少し触れておいた空気添加による endothermic ガス雰囲気組成変化とカーボン・ポテンシャル低下の状況、添加量の限界などを計算、基礎的な実験および工業的な炉による実証例などを示して報告したい。すなわち空気侵入による炉気汚染の問題から、逆にこの現象を利用し (Fig. 1 参照)。最近次第に実用化されようとしている低炭素強靱鋼の無浸炭焼入用雰囲気や約 0.35% C 以下の鋼の焼入用雰囲気として使おうとする理由にもとづき、endothermic ガス雰囲気のカーボン・ポテンシャル低下方法のうち、これまでほとんど報告されていない空気添加の方法をまず第 3 報とした。なお exothermic ガスの吹き込み、あるいは混合法については、CO<sub>2</sub> 量を赤外線ガス分析計で自動分析し、これによる自動制御が概要報告されており<sup>2)</sup>、このほか水蒸気吹き込み、N<sub>2</sub> または浄化乾燥したリーントタイプの exothermic ガスで薄めるなどの方法<sup>3)</sup>があるが、これらについても順次報告する予定である。

II. 計算結果

一定の endothermic ガス雰囲気が、ある温度の炉に送られて安定した状態にある場合、これに空気を混ぜて露点を上げることは、いわば雰囲気中の CO や H<sub>2</sub> を空気中の O<sub>2</sub> で燃焼させ、その温度で CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> および H<sub>2</sub>O 4 成分間に新しい平衡関係を生み出すことで