

3. 継目無鋼管

3.1 管 材 処 理

継目無鋼管用管材はかなり苛酷な加工を受けるため、
 管材のいろいろな疵は、製管後も疵として残ることが多
 い。このため管材は慎重に、検査および手入れされる。
 管材表面は、一般にリムド鋼は黒皮で、キルド鋼は皮削
 りして使用する。また偏肉を防ぐため管材端にセンタ
 ーホールをつけることが多い。

3.1.1 製品寸法と管材寸法

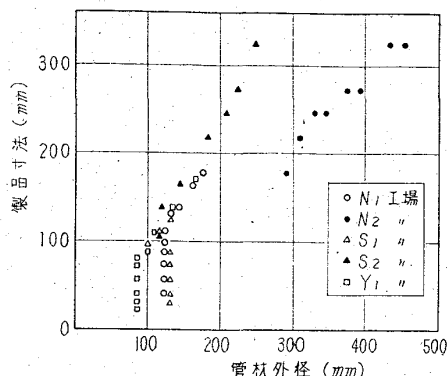


図 3.1 製品寸法と管材寸法

表 3.1 製品寸法と管材寸法

(単位 mm)

管種 工場名 製品外径	配管用鋼管					配管用以外の管											
	N-1	N-2	S-1	S-2	Y-1	N-1		N-2		S-1		S-2		Y-1			
	使用丸鋼外径 (黒皮)					使用丸鋼外径	皮前	削径	使用丸鋼外径	皮前	削径	使用丸鋼外径	皮前	削径	使用丸鋼外径	皮前	削径
27.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
34.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
42.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
48.6	—	—	—	—	85	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60.5	—	—	130	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
70.0	120	—	—	—	—	115	120	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
76.3		—	—	—	—			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
82.6	—	—	—	—	—	122	130	—	—	(93)	(100)	—	—	—	—	—	—
88.9	—	—	—	—	—			—	—	—	(93)	(100)	—	—	—	—	—
89.1	—	—	—	—	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	100	105
101.6	—	—	101	—	115	—	—	—	—	103	113	—	—	—	—	—	—
114.3	—	—	115	116	—	—	—	—	—	113	120	116	124	—	—	110	115
127.0	130	—	130	—	—	125	130	—	—	128	135	—	—	—	—	—	—
130.0		—	—	—	—	132	140	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
139.8	140	—	—	120	135	135	140	—	—	—	—	117	125	130	135	—	—
165.2	160	—	—	145	165	162	170	—	—	—	—	138	147	160	165	—	—
168.3		—	—	—	—	165	170	—	—	—	—	146	155	—	—	—	—
177.8	—	—	—	—	—	172	180	288	308	—	—	146	155	—	—	—	—
216.3	—	308	—	183	—	—	—	288	308	—	—	156	165	—	—	—	—
219.1			—	—	—	—	—	—	328	348	—	—	178	187	—	—	—
241.8	—	348	—	208	—	—	—	328	348	—	—	188	197	—	—	—	—
244.5			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	203	213	—	—	—
267.4	—	395	—	224	—	—	—	375	395	—	—	218	228	—	—	—	—
273.1			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
318.5	—	455	—	251	—	—	—	435	455	—	—	251	261	—	—	—	—
323.9			—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

() 内は 82.6φ, 88.9φ 10mm で肉厚をこえるものに用いる。

各社の製品寸法とそれに使用する管材外径との関係を表3・1、図3・1に示す。

一般に、マンネスマン・プラグ・ミル方式では丸鋼を、ピルガー方式では鋼塊を使用する。なお、ピルガー方式では、特殊なものに偏肉および内面疵防止に有効な中ぐりを行なっている。

3・1・2 管材の表面処理

A 黒皮管材の使用範囲 各社における黒皮管材の使用範囲の実状を表3・2に示す。

B 黒皮管材の酸洗 黒皮のまま製管するものは、丸鋼の表面検査でいろいろな疵の発見がきわめて困難なため一部の工場では酸洗が行なわれている。酸洗は設備

表 3・2 黒皮管材使用範囲

工場名	管 種	備 考
N-1	配管用鋼管および同等管	そのまま検査後手入れまたは酸洗検査後手入れ
N-2	配管用鋼管および同等管、接手工管素管、F、H級油井管高圧ガス容器用管、圧力配管用薄肉管	そのまま検査後手入れ
S-1	配管用鋼管 32~100A (リムド鋼) カップリング素管 101'6 (キルド鋼) ソケット素管 70, 101'6 (キルド鋼)	(随時酸洗) 検査後手入れ
S-2	配管用鋼管 100~250A (キルド鋼)	酸洗検査後手入れ
Y-1	配管用鋼管および同等管 (リムド鋼) キルド鋼の一部 (製造工程中皮削実施)	磁粉探傷検査後手入れ

費が安く微細な疵が肉眼検査で検出する利点がある反面作業費が高く能率が低いこの改善策としてショットブラストが研究されている。

C 管材の皮削り 皮削りを行なうと表面近くの各種の疵が除去されるとともに、残った疵の発見も容易となる。しかしながら皮削り管材は経済性と関係があるので、キルド鋼を使用する管種について皮削りを行なうのが一般的である。

皮削りには一般に丸鋼ピーラーおよび旋盤が使われている。丸鋼ピーラーは旋盤に比べて能力がきわめて大きい。各社の皮削り状況を表3・3に、丸鋼ピーラーの諸元を表3・4に、概観写真を写真3・1に示す。

表 3・3 皮削り状況

工場名	皮 削 り 状 況
N-1	丸鋼ピーラー 2台 + 旋盤 (外注)
S-1	旋盤 (外注)
S-2	丸鋼ピーラー 1台 + 旋盤 (外注)
Y-1	皮削り丸鋼を購入

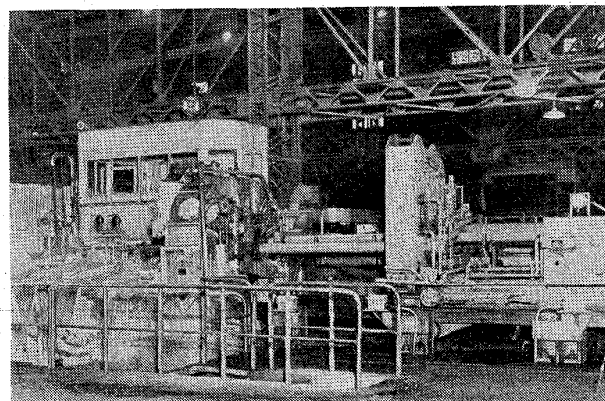


写真 3・1 丸鋼ピーラー

表 3・4 丸鋼ピーラーの諸元

項 目	N-1		S-2
	1号機	2号機	
製 作 所	ダ ッ ト	ダ ッ ト	ダ ッ ト
素材 { 外 径	80~ 240	80~ 240	115~ 292
mm { 長 さ	2,000~5,000	2,000~6,000	2,300~5,000
切削軸回転数 r.p.m	20~ 80	20~ 160	15~ 120
送り速度 mm/sec	max. 40	max. 54	max. 50
戻り速度 mm/sec	150	150	166
往復工程 mm	3,225	3,725	3,200
主 電 動 機	DC 110 kW 300/1200 r.p.m	DC 110 kW 300/1,200 r.p.m	DC 135 kW 600/1200 r.p.m
能 力 t/M	2,000	2,000	4,000

表 3.5 管材のセンターリング状況

	N-1	N-2	S-1	S-2	Y-1
方 法	熱間エア-ハンマー	ドリルガストーチ	旋 盤	熱間エア-ハンマー	ガストーチ
適 用 範 囲	全 般	中ぐり材および配管用 250 A 以下を除く全管種	全 管 種	外径 165・2φ 以上の全管種外径 139・8φ で肉厚 14 mm 以上の管種	熱間仕上げ肉厚 7 mm 以上の管種
形 状	頂角 77° 径 37 mmφ	管材径 <400 mm 50φ × 15 mm 管材径 >400 mm 75φ × 15 (ドリル) 50φ × 15 (ガス)	管材径 ≤99φ 25φ × 15 mm 管材径 ≥100φ 38φ × 20 mm	35φ × 30 mm	管材径 <115 30φ × 20 mm 管材径 >115 35φ × 20 mm

D 管材のセンターリング 管材端のセンターホールは、ピアサーで噛み込みをよくし、偏肉発生防止に効果がある。各社の実状は表 3.5 のとおりである。

3.1.3 管材の検査と手入れ

管材は加熱炉に装入するまでは、種々な検査および手入れが行なわれる。これらの工程は図 3.2 のごとくである。

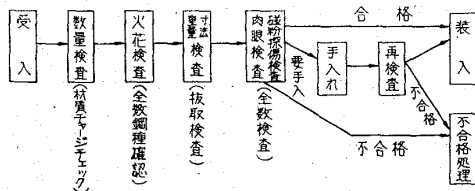


図 3.2 検査手入れ工程

A 表面検査と手入れ 管材の表面検査は主として肉眼検査によるが同時に磁粉探傷法によることもある。磁粉探傷法は疵の検出能力がきわめて優れていて、肉眼で検出不可能な外表面直下の欠陥発見に有効であるので、有力な手段となりつつある。手入れ方法にはチップング、スカーフィング、およびグライインディングがあり、それぞれ特徴を有する。手入れを要するものの比率は材質、造塊条件、および圧延工程の差異により、また管種や皮削り量によっても大きく左右される。一般に小径丸鋼より大径丸鋼のほうが手入れ率が高く、また小型鋼塊より大型鋼塊のほうが手入れ率が高い。

B 寸法検査 表面検査と同時に、寸法、曲り、重量、センターホールなどについて抜取り検査を行なつて管理している。各社の現況を表 3.6 に示す。

表 3.6 寸法、曲り、重量公差

工場名	管材区分	外 径	長 さ	曲 り	重 量
N-1	黒皮 皮削	± 2% +1% ~ +2.0 mm -0.5 -1.0	±1% ±1%	4 mm/m 4 mm/m	±3% ±3%
N-2	黒皮 皮削	— ±5 mm	— —	— —	±3% ±3%
S-1	黒皮 皮削	±1.5% +1% ~ +1 mm -0 -0	±5 mm ±5 mm	5 mm/m 5 mm/m	±2% ±1%
S-2	黒皮 皮削	+1% ~ +1 mm -0 -0 +1% ~ +1 mm -0 -0	±20 mm ±20 mm	6 mm/m 6 mm/m	±2% ±2%
Y-1	黒皮 皮削	±1.5% +1.0% -0	+10 mm -0 +10 mm -0	3 mm/m 2 mm/m	+3% -1 +2% -0

3.1.4 技 術 事 項

A 管材のセンターリングと偏肉との関係 管材の端面にセンターリングを行なうことは、材料の噛み込みを助け、偏肉を是正すると考えられる。(3.7 総合技術の項参照)

B 管材欠陥と管にあらわれる疵との関係 管材の欠陥は製管後管の欠陥となることが多いので、管材の製造工程、検査 (非破壊検査)、手入れなどについて種々の研究が行なわれている。

(a) 管材欠陥と管外面疵 ① 製管後管の表面に生ずる割れ疵は、すべて管材の表面あるいは近くに存在した疵が原因であつて、これを除いておけば発生しな

表 3.7 加 熱 炉 設 備 諸 元

項 目	傾 斜 炉 床 式		回 転 炉 床 式		ワオーキングビーム式		
	N-2,1号	N-2,2号	S-1	Y-1		N-1	S-2
設置および改造年月	昭和9年1月, 14.4 炉長短縮, 26.8 幅長拡大, 34.12 天井高さ拡大, 37.3三帯化	昭和14年4月, 26.8 炉長短縮, 36.12 幅長短縮, 36.12 天井高さ拡大, 37.3三帯化	昭和10年1月 27.12天井型式変 更 32.6プッシュヤー方 式に改造 28.2二帯化 炉長拡大 (現在予備炉)	昭和13年4月 27.11二帯化 式に改造 (現在予備炉)	昭和32年12月	昭和32年9月	昭和37年4月
型式	上部三帯式	上部三帯式	上部二帯式	上部二帯式	単バツフル多廻道式	多バツフル単廻道式	上部二帯式
有効炉床 (長さ×幅) m	21.00×3.06	21.00×3.06	21.05×5.50	21.10×2.23	炉床中心径 15.85×5.80	炉床中心径 15.54×5.72	15.00×5.20
炉床面積 m ²	64.3	64.3	116	47.3	278	282	78
加熱能力 t/hr	20	20	30	11	65	60.5	25
炉床負荷 kg/m ² .hr	397	397	259	235	225	214	346
炉傾斜度	5~2° (3段)	5~2° (3段)	7°	4°	ゾーン数 4	ゾーン数 4	0°
スロップ	炉尻部のみ 水冷厚肉銅管 耐熱鋳物	炉尻部 耐熱鋳物 (136)	耐熱鋳物 (31 cr)	耐熱鋳物 (31 cr)	耐火レンガ ハルトブラック	なし	なし
装入抽出方式	正面押込み 側面押出し	正面押込み 側面押出し	正面押込み 側面押出し	正面押込み 側面押出し	側面掴み下し 側面掴み上げ	側面掴み下し 側面掴み上げ	正面装入 正面送出
炉内移送方式	(2列装入まれに1列装入) ロールダウソ	ロールダウソ	プッシュヤー (スキッドコマ使 用)	プッシュヤー (スキッドコマ使 用)	炉床回転	炉床回転	ワオーキングビーム 2,300以下2列 2,300以上1列
鋼種	炭素鋼, 低合金鋼	炭素鋼, 低合金鋼	炭素鋼低合金鋼 ステンレス鋼	炭素鋼低合金鋼 ステンレス鋼	炭素鋼低合金鋼 ステンレス鋼	炭素鋼低合金鋼 ステンレス鋼	炭素鋼低合金鋼 ステンレス鋼
寸法 (外径×長さ) mm	300~510×700~2,300	300~510×700~2,300	93~170 ×850~4,300	85~165 ×800~2,000	89~230 ×966~4,810	103~282 ×1,300~4,300	85~165 ×1,200~3,000
重量 kg	450~2,500	450~2,500	50~800	35~340	47~1,400	~1,360	53~510
種類	C ガス	C ガス	C 重油	B 重油	C ガス, 重油	C 重油	B 重油
発熱	4,800 kcal/Nm ³	4,800 kcal/Nm ³	10,000 kcal/kg	9,700 kcal/kg	9,300 kcal/kg	9,470 kcal/kg	9,700 kcal/kg
原単位	75×10 ⁴ kcal/t	75×10 ⁴ kcal/t	69×10 ⁴ kcal/t	50 l/t	53×10 ⁴ kcal/t	71.2 l/t	70 l/t
予熱方式	なし	なし	蒸気加熱	蒸気加熱	蒸気加熱 (重油のみ)	蒸気加熱	蒸気加熱

使用温度(°C)	常 温	80°	80°	ガス常温, 重油 90°	80°	80°
型 式	旋 回 式	高圧空気霧化式	高圧空気霧化式	ガス非回転式 重油蒸霧化式	低圧空気霧化式	高圧空気霧化式
容 量 × 個 数	(ガス入口径 65 A) × 6 (空気入口径 150 A)	60 l/hr × 14	150 l/hr × 3 50 l/hr × 3	113.8 l/hr × 52	106 l/hr × 46	250 l/hr × 4 100 l/hr × 4
型 式	直交流 二重管式	な し	十 字 管 式	直交流 メタリックニード ル式	水管式 290 型 つねきちボイラー	直交流 二重管式
利 用 目 的	空 気 予 熱	—	空 気 予 熱	空 気 予 熱	予 熱 ボ イ ラ ー	空 気 予 熱
最 高 予 熱 温 度 (°C)	80°	—	190°	300°	—	300°
型 式	一段ターボプロア	一段ターボプロア	一段ターボプロア	一段ターボプロア	幅 流 型	一段ターボプロア
モ ー タ ー k W	A. C 37.5	A. C 30	A. C 11.25	A, C 37.5	30, 37.5, 30, 18.7, 15	A. C 55
風 量 m ³ /mm	335	370	150	220 × 5	230, 310, 230, 161, 124	350
風 圧 mm Hg	600	200	180	532	350	500
操 作 制 御 方 式	空 気 圧 P. I. D	空 気 圧 カ ス ケ ー ド	空 気 圧 P. I	油 圧 I	油 圧 I	空 気 圧 P. I
検 出 位 置	加 熱 帶 天 井	均 熱 帶 天 井	均 熱 帶 天 井	No. 4 ゾ ー ン 外 側 壁	No. 5 ゾ ー ン 天 井	均 熱 帶 天 井
メ ー カ ー	山 武	山 武	日 本 レ ギ ュ レ ー タ ー	Leads & North- rup と Askania	ニ レ コ	山 武
操 作 制 御 方 式	空 気 圧 P. I. D	空 気 圧 P. I. D	空 気 圧 P. I. D	空 気 圧 P. I. D	空 気 圧 P. I, P. I. D	空 気 圧 P. I. D
検 出 位 置	天 井	天 井	側 壁	外 側 壁	外 側 壁	側 壁
検 出 器	熱 電 対	熱 電 対	輻 射 高 温 計	輻 射 高 温 計	輻 射 高 温 計	輻 射 高 温 計
メ ー カ ー	山 武	山 武	山 武	Leads & North- rup と Askania	ハネウエルブラ ウン	山 武

い. 管の疵発生の有無は管材の疵の種類よりむしろその深さに支配される. また穿孔により疵となる限界, すなわち管材表面疵の有害と無害の限界は深さ 0.7 mm までで深さ 0.7 mm 以内の疵は常にスケール, オフするから無害と考えられる. ② 管材の疵取り手入れした場合手入れ深さが 2 mm 程度までは疵にならないが 2 mm 以上になると疵となつて残る場合がある. しかし深さ 2 mm 以上でも幅広くなだらかに疵取りを行なうと疵にならない. ③ 管材の肉眼検査後磁粉探傷により検査し, 表面疵を完全除去した管材でも製管後疵の出ることがある. したがって表面疵のみでなく, 表面に近い内質欠陥にも影響されると考えられる. また管材に疵が残っている場合でも, 気泡が原因しているものは, 圧着され, 疵は消えるが介在物が原因しているものは疵として残る.

(b) 管材欠陥と管内面疵 ① 管材の内質検査法として超音波探傷法があるが, 超音波探傷により, 管材中の欠陥のないものおよび欠陥反射が数%以下のまばらに点在する小さな欠陥のみの管材は管としたとき管内面疵の発生は少ない. しかし, 数%以下の小さな欠陥で

も連続的にある場合は製管後も疵となり易い. また, それが生介在物である場合には内面疵が発生する. ② 高炭素鋼や合金鋼に見られる白点と管内面疵とは関係が深いと思われるがまだはつきりした関係は判らない. 現在一部の特殊鋼に対し白点発生防止の目的で圧延後徐冷しているが, 放冷管材と徐冷管材では超音波探傷に差があり放冷材は小さい欠陥反射が認められるにもかかわらず, 製管成績にはほとんど差があらわれない材質もあり, 白点に関しては不明な点が多い.

3.2 加 熱

加熱加熱は圧延能力, 製品の品質に重要な影響をもっている. 圧延能力の増大のために炉形の改造が, 品質向上のために温度管理の自動化などが行なわれ, 著しい進歩をしている.

管材加熱炉は被熱材が丸鋼であり通常のプッシャー方式が採用できず, 傾斜炉床を人力によつて転送する方法がとられていた. 近年各社において, 回転炉床炉, ウォーキング・ビーム炉などが新設され, 加熱炉の近代化が行なわれている.

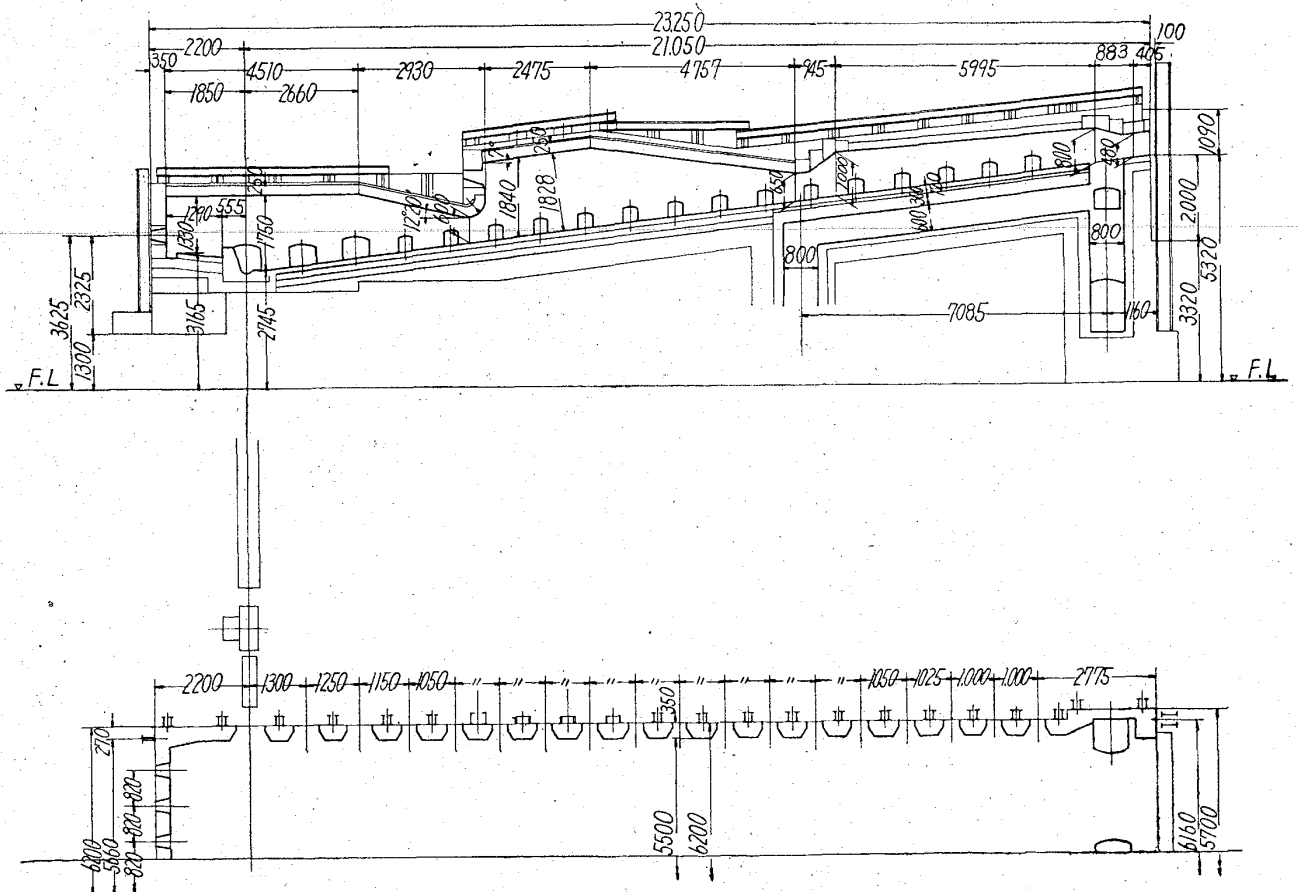
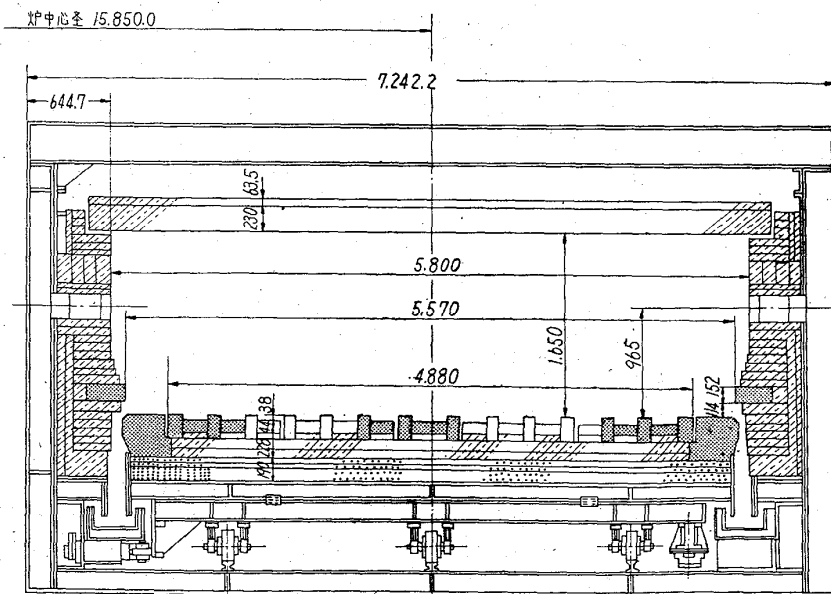
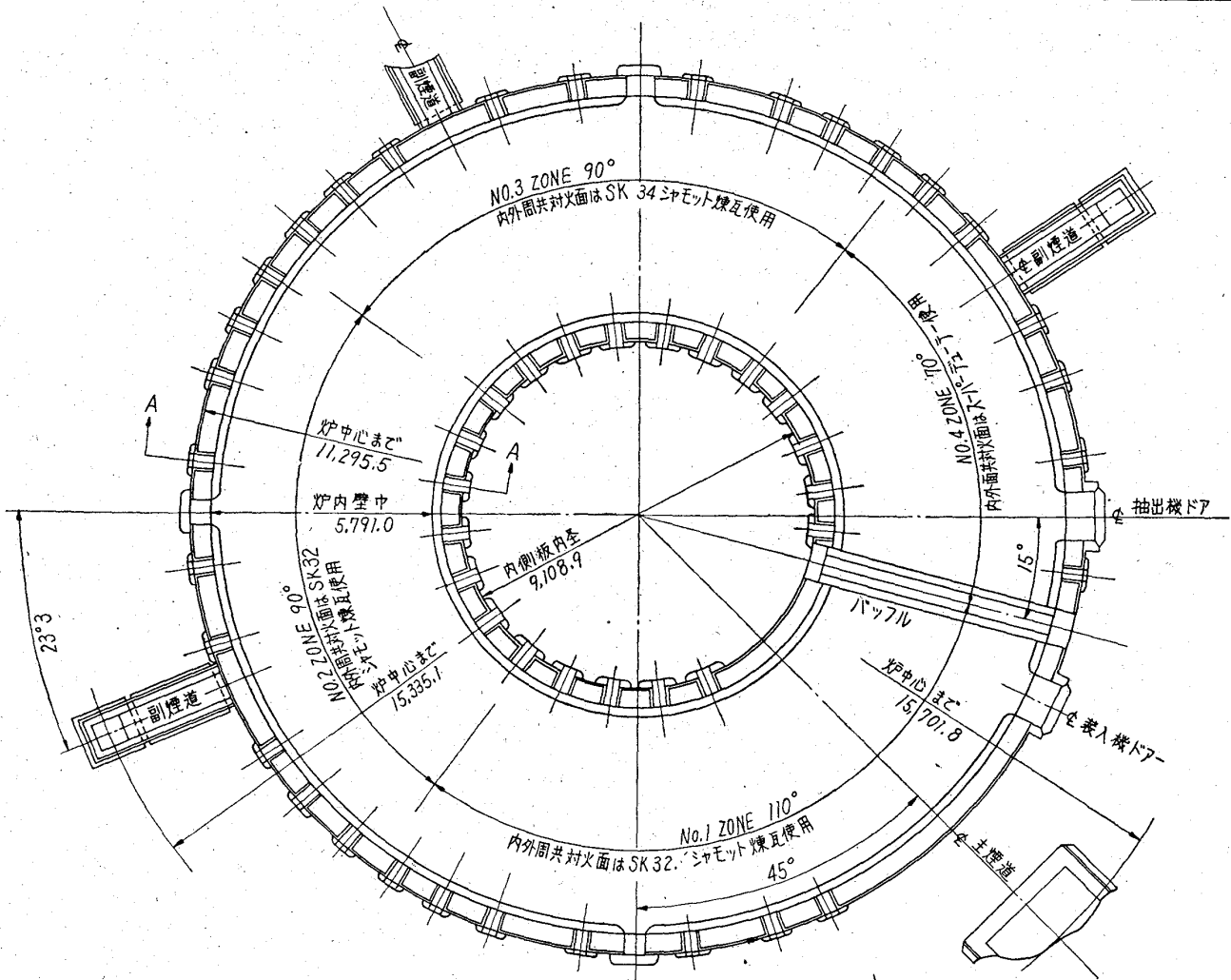


図 3.3 傾斜炉床式連続加熱炉 (S-1)



- C22 or 耐火断熱 F4
- コルハルトブラック (No. 3.4ゾーン)
シリマナイト (No. 1.2ゾーン)
- スーパーナイト (No. 4ゾーン)
SK 34 (No. 3ゾーン)
SK 32 (No. 2ゾーン)

図 3・4 回転炉床式連続加熱炉 (N-1)

3・2・1 炉の構造および能力

A 構造および諸元 加熱炉は炉床形式により傾斜炉床式、回転炉床式、およびウォーキングビーム式などがある。各形式炉の設備諸元を表3・7に、代表例を図3・3~3・5に、回転炉床式連続加熱炉の一例を写真3・2に示す。

B 加熱能力 傾斜炉床式、ウォーキング・ビーム式では炉床面積に限度があり、炉床負荷をあげて、加熱能力をあげ、回転炉床式では炉床負荷を低めにし、炉床面積を大にして加熱能力をあげており、前二者に比しはるかに大きくなっている。

C 燃料および燃焼装置 N-1, N-2 の C ガス利用をのぞき、昭和 24~6 年頃まで石炭を主燃料としていたが、その後改造され、すべて重油が使用されてい

る。バーナー形式はCガスでは施回式、重油では高圧空気霧化式長焰バーナー、低圧バーナーとなっている。バーナーは均熱加熱予熱各帯に数本ずつ配置されているが、回転炉床式では全周にわたり多数のバーナーを配置している。自動燃焼装置は各社とも装備しており、最適な燃焼条件を保持できるようにしている。

D 炉体保護法 加熱室、炉床の耐火材は主としてシャモット系の S. K. 33~35が使用され、とくに回転炉床式、ウォーキング・ビーム式では良質のものが使用される。また最近の傾向としては良質の耐火材を使用して、炉修回数減少がはかられている。たとえば炉床ではコルハルト系、天井、側壁ではスーパー・デューティ・シャモット・高アルミナ系統を使用している。各形式炉の耐火材使用状況を表3・8、図3・3~3・5に示す。

また回転炉床式、ウォーキング・ビーム式では炉床下

表 3・8 加熱炉炉体保護法

項目	工場名	傾 斜 炉 床 式				回 転 炉 床 式		ウォーキングビーム式
		N-2 1号	N-2 2号	S-1	Y-1	N-1	S-2	Y-1
炉 床		コルハルト黒 クローム シャモット SK34	予熱帯 カーボランダム 均熱加熱帯 コルハルト黒 抽出口溝 コルハルト黒 各帯下層 シャモット SK32 イソライト	シャモット S K33 抽 出 溝 コルハルト黒 コマ落とし口 コルハルト白 スキッド保護 キャスト		コルハルト黒 シリマナイ イト	第一層 コルハルト白 第二層 シャモット S K30 第三層 イソライト	予 熱 帯 シャモット SK34 加 熱 帯 クローム SK36 均 熱 帯 クロームキャ スタ 可床先端 ハイアルミナ 抽出部 コルハルト黒
側 壁		シャモット SK34	均 熱 帯 シャモット SK36 加 熱 帯 シャモット SK34 バーナータイル コルハルト白	シャモット 34. 33		スーパー デューテ イ シャモッ ト SK37 シリマナ イト シャモッ ト SK34	内周2~6ゾーン ハイアルミナ SK36 内周1ゾーン シャモット SK34 外周2~6ゾーン イソライト N5 外周1ゾーン イソライト N3 下部2~4ゾーン キャスト CC16 下部5.6.1ゾーン コルハルト白	予 熱 帯 シャモット SK34 均熱加熱帯 シャモット SK35
天 井		シャモット SK34	均熱加熱帯 ハイアルミナ G1 予 熱 帯 シャモット SK34 加熱帯、バーナーサ ポートの吊天井部水 冷	シャモット 34. 33		スーパー デューテ イ シャモッ ト SK37 シャモッ ト SK34	天井2~6ゾーン ハイアルミナ G1 天井1ゾーン ハイアルミナ SK36 パッフル1, 2, 3 キャスト D160 ヒミコン CBの混練 パッフル吸込口 同 上 パッフル4 ハイアルミナ G1	予 熱 帯 シャモット SK34 加熱均熱帯 ハイアルミ ナ SK35

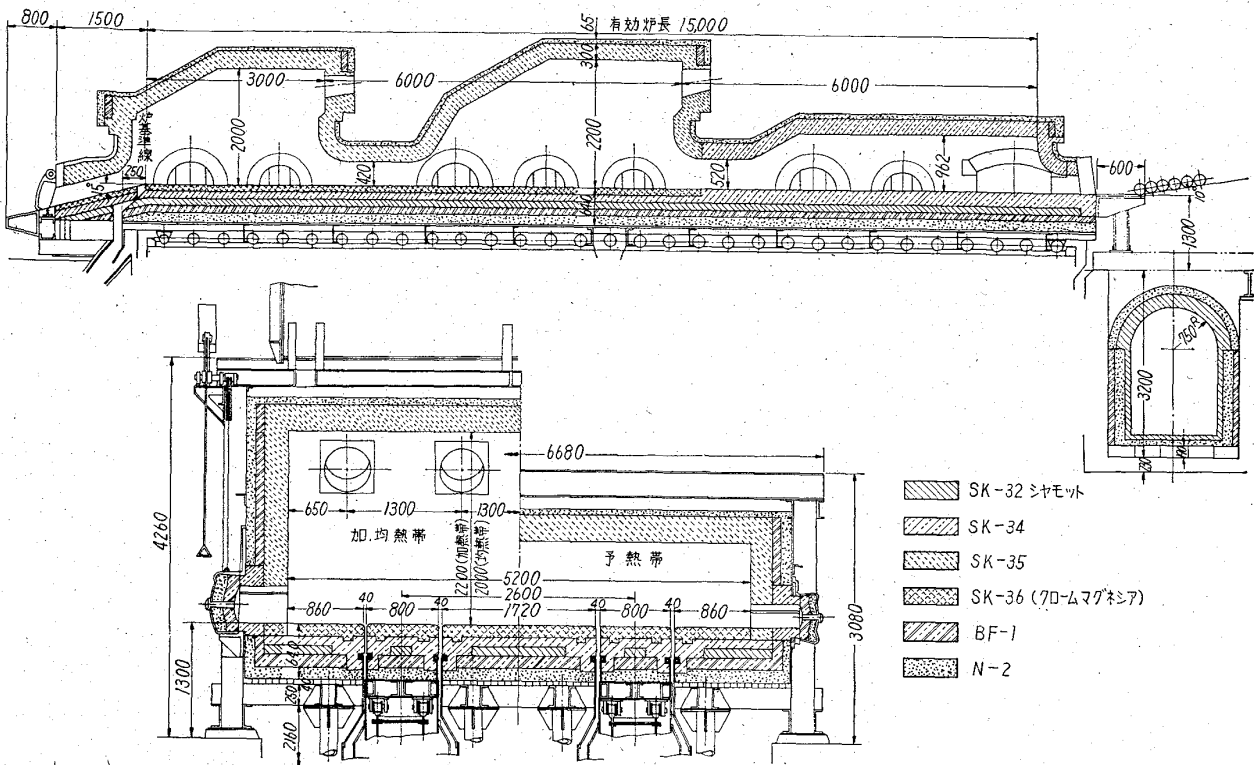


図 3.5 ウォーキングビーム式連続加熱炉 (Y-1)

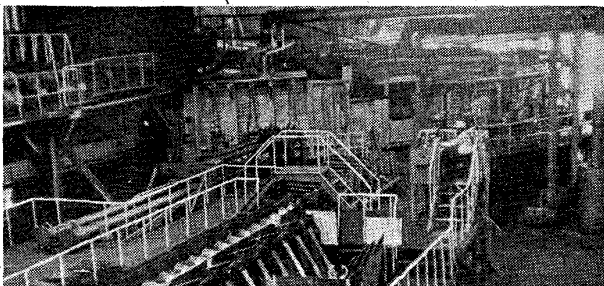


写真 3.2 ロータリ, ファーネス

に炉床駆動機構を有しているのので、炉床保護法が傾斜式に比し、複雑になっており、可動炉床と固定炉床を有するので、その間をウォーター、シールして冷気の侵入を防いでいる。

3.2.2 操業について

加熱炉の操業状況を表 3.9 に示す。

A 燃焼制御すべて自動燃焼装置を設置し、燃焼管理の自動化が行なわれている。操業方式は主として空圧気式が用いられ、制御方式としてはその対象により I.P.I, P.I.D などがある。温度制御は P.I.D が主で加熱部で P.I. 制御のものもある。検出場所は炉壁と天井にわ

かれ炉壁ではタンマン管輻射温度計、天井では熱電対温度計が用いられる。炉圧の制御は I.P.I, P.I.D と各社で差があり、炉の形式、検出場所の差によるものである。S-1工場のように炉圧にガスケード制御を使用しているものもある。

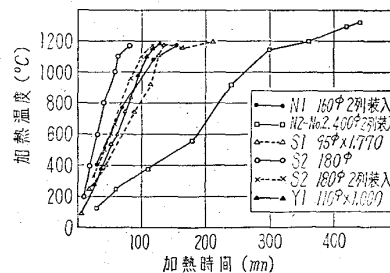


図 3.6 各社加熱曲線

B 加熱曲線 抽出温度は1,200°C程度である。加熱曲線は各帯設定温度と被熱材の在炉時間により変化する。焼ベリ量を減量させるためには急速加熱、製品品質上から均一加熱がのぞましい。各社の加熱曲線の代表例を図 3.6 に示す。

C 熱精算 熱効率は回転炉床式が傾斜炉床式に比し低い、これは炉尻での温度の差に起因している。空気

表3.9 加熱炉操業状況

	傾斜炉床式				回転炉床式		ウォーキング ビーム式	
	N-2 1号	N-2 2号	S-1	Y-1	N-1	S-2	Y-1	
加熱時間(hr)	300φ 7hr 19.4 p/hr	93φ 1.5~2 hr 220~150 p/hr	85φ 1.8hr 120 p/hr	120φ 2.1 hr 150p/hr	120φ 1.0 hr 150p/hr	85φ 2.6 hr 120p/hr		
および 抽出ピッチ(p/hr)	400φ 8 hr 17.6 p/hr	113φ 2.0~2.5hr 180~130 p/hr	115φ 1.8 hr 90 p/hr	140φ 2.0 hr 144p/hr	180φ 1.5 hr 70p/hr	151φ 2.6 hr 90p/hr		
	460φ 9 hr 15 p/hr	128φ 2.0~3.0hr 160~180 p/hr	165φ 2.3 hr 50 p/hr	160φ 1.9 hr 138p/hr	241φ 2.2 hr 40p/hr	165φ 2.3 hr 70p/hr		
排熱回収	回収効率	23.9	32.8	—	28.8	42.0	42.0	
	熱回収率	8.7	11.0	—	19.1	11.9	20.0	
熱精算時 操業状況	加熱量(t/hr)	21	21	21.7	8.2	18.8	50	13.2
	管材寸法(mm)	318.3φ ×8.3	318.3φ ×8.3	130φ ×2,000	85φ ×1,780	122φ×1,680 Cガス	180φ×2,370	100φ ×1,800
	燃料使用量	66.9Nm ³ /t	57.7Nm ³ /t	40.0 kg/t	36.9 kg/t	86.4 Nm ³ /t	62.9 kg/t	48.9kg/t
	抽出温度(°C)	1,315	1,325	1,180	1,180	1,168	1,180	1,150
	炉尻排ガス温度(°C)	630	640	680	631	647	888	636
	空気過剰率	1.10	1.15	1.20	1.21	1.27	1.38~1.20	1.30
	焼ベリ量(%)	2.8	1.5	1.2	2.03	1.20	1.17	2.0
熱精算結果	燃料の発熱量(%)	92.0	93.6	95.2	90.2	91.7	96.3	85.2
	鋼材の被熱(%)	42.1	41.7	50.4	46.6	39.1	29.5	32.3
	排ガスの顕熱(%)	25.2	23.8	32.6	25.8	19.7	54.1	29.5
	その他の出熱(%)	32.7	34.5	17.0	27.6	41.2	16.4	39.2
	熱効率	45.8	44.7	53.0	50.8	42.7	30.7	37.8

過剰率は1.10~1.38で使用燃料、バーナー形式により変化し、回転炉床式のほうが大きい。焼ベリ量はできるだけ小さいことが望ましく操炉条件により差がある現状では1.2~2.8%である。

D 排熱回収 煙道入口の排ガス温度は600~900°Cあり、この排熱の利用は必要である。利用方法としては、①燃料および空気の予熱、②排熱ボイラの熱源などがある。

主として用いられるのは空気予熱で排熱回収効率は8.7~20.0%。回収効率は23.9~42.0%であり、操炉状況、回収設備により差を生じている。

3.2.3 各形式炉の比較

わが国における回転炉床炉の歴史は比較的浅く、建設

後約5年を経過しているにすぎないが、この炉のもつ、移送、加熱、保守などに関する多くの長所は早くから認められている。さらに従来熱処理炉用として操業されてきたウォーキング・ビーム炉による管材加熱が昨年より1基稼動しているのでその比較を表3.10に示す。

3.3 ピアサー

加熱炉で所定の温度まで加熱された管材は、まずピアサーにより管材の約3倍の長さに穿孔された素管となる。通常、穿孔圧延作業は1台のピアサーで行なうが、とくに大径薄肉管を製作する場合には2台のピアサーを使用し、一台当たりの加工度が過度に大きくならぬように配慮している。

表 3-10 各 型 式 炉 の 比 較

項 目	傾 斜 式 加 熱 炉	回 転 炉 床 式 加 熱 炉	ウォーキングビーム式 加 熱 炉	
加 熱 お よ び 操 業	均 熱	均熱帯の設置を必要とする。	炉床上、被熱材は間隔をおいて置かれ、必要な均熱が容易である。極端に炉温を上げる必要はない。	炉床上；被熱材はある程度間隔を生ずるので、均熱はかなり良い。
	材 料 移 送	両側壁の小窓よりの転送を必要とし移送労力が大きい。	材料移送は炉床の回転により行なわれるので人力を必要としない。	材料移送はウォーキングビームにより行なわれるので、人力を必要としない。
	ス ケ ー ル	スケール剥離し常時スケールのかき出しが必要である。	移送中スケールの剥離はなく、スケールのかき出しは年一回程度でよい。	スケール剥離し常時スケールのかき出しが必要である。
	レキュペレータ	排ガス温度が低い。	排ガス温度が高い。	傾斜式と回転炉床式の間である。
経 済 性	人 員	約 13 名	約 3 名	約 3 名
	熱 損 失	侵入空気の防止が難しい。	少ない。	炉床よりの熱損失がある。
建 設 お よ び 保 守	建 設 費	比較的安価	傾斜式の約2~3倍程度	傾斜式と回転炉床式の間
	立 地 条 件	長方形でありレイアウト上有利である。	円形でありデッドスペースが大きくなる。	長方形でありレイアウト上有利である。
	保 守	機械関係ではほとんどない。	駆動機構、材料装入抽出の保守に注意を要する。	駆動機構、ウォータージェットの保守に注意を要する。

写真3-3に2重穿孔機の場合の実例を示す。

3-3-1 概要および諸元

図3-7にピアサーの構造の概要を示す。

図において左端の入口テーブルに落とし込まれた管材は、プッシャーにより本体に押込まれる。本体で穿孔された素管は、右側の出口テーブルのボトム、ガイドの上ののるが、このときには管の尾端はまだ本体の中に残っているので、ドラグアウトローラーにより、さらに少し引出した後、ガイド、カバーを開いて蹴出す。

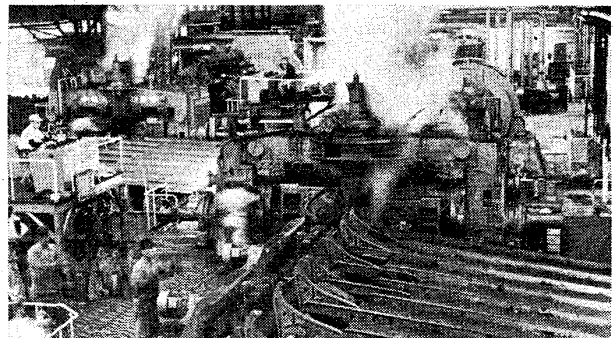


写真 3-3 2重穿孔機の配置例

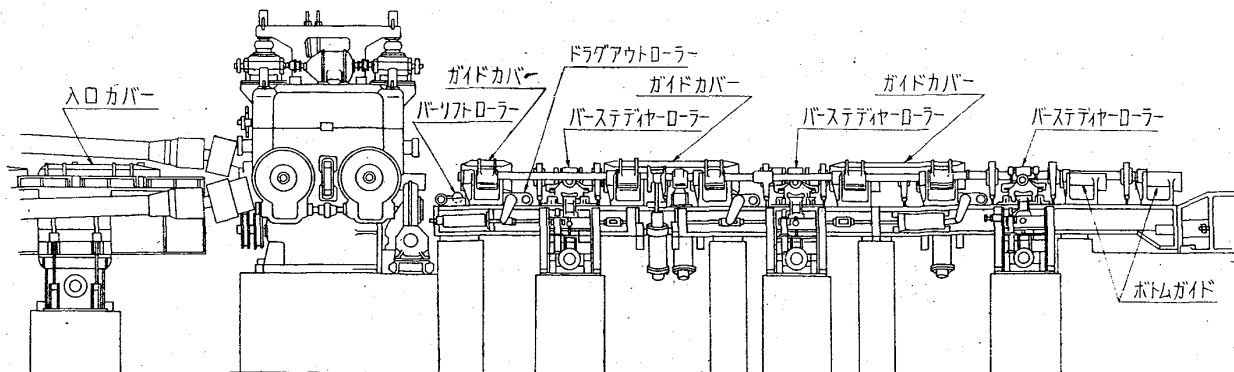


図 3-7 ピアサー全体図 (N-1)

ピアサーは、傾斜圧延を行なう関係上、通常の圧延機に比して複雑な調整機構を必要とする。

図3・8にピアサー本体の構造図の例を示す。パスセンターに対して等距離の位置に平行におかれた中高の2本のロールは、水平面に対して進み角 θ だけ傾斜して同方向に回転する。

したがってこの間に押込まれた管材は、スパイラル状に回転しつつ前進する。上下方向の案内としては、通常B-B断面図に示す。ごときガイドシューが用いられているが、厚肉穿孔専用機ではガイドロールを使用しているものもある。

ロール間隔の調整はロール調整用ねじをまわすことによつて行なう。進み角は、普通図3・8のA-A断面に見るごとく、ラックとピニオンにより調整しうようになっている。

しかし、ピルガー用のピアサーのごとく一部固定式ののものもある。ほかにラックとピニオンの噛合でなく、本体下部に嵌込まれたねじでクレドール底部を両側より押して調整および固定を行なう方式のものも多い。

管の上下方向の押さえとしてガイドシュー、ガイドローラーいずれを使用する場合でも、管材径に応じてその間隔を変える必要がある。上ガイドシューまたはガイドローラーの調整はガイドハンガーを電動機により上下させることによつて行なう。

下ガイドの調整は、シューを用いる場合にはシューの下にあるホルダーの厚みを変えるとよいが、ローラーの場合には、電動機で調整ねじをまわしてローラー自体を上下させる。

ガイドシューの保持機構は図3・8 B-B断面に示す。

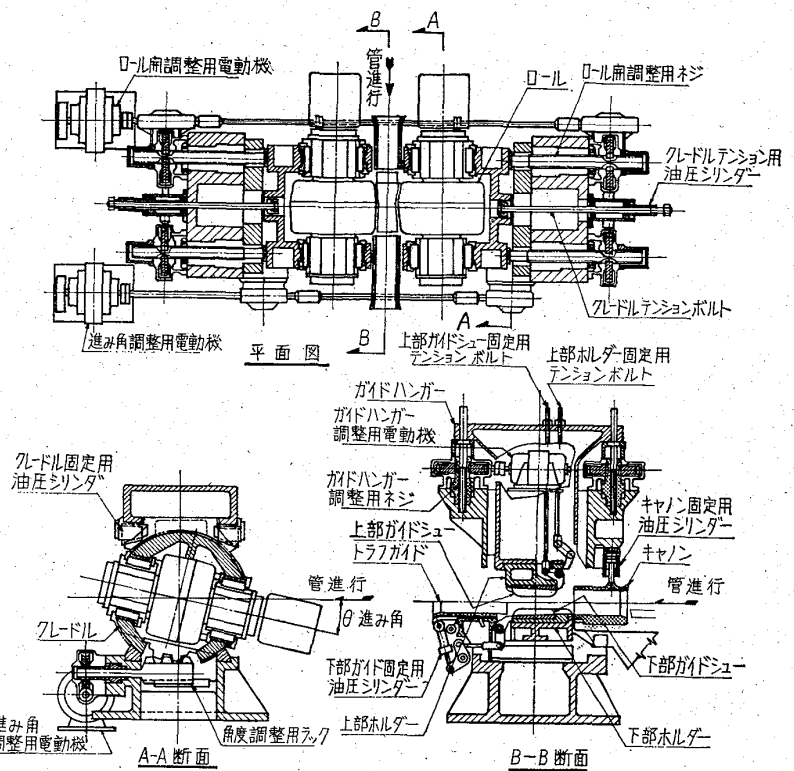


図 3・8 ピアサー断面図 (S-2)

ピアサーにおける肉厚の圧延はロールと管内のプラグによつて行なわれる。圧延中、プラグを定位置に保持する機構は図3・9に示す。

プラグは、マンドレルの先端に嵌込まれ、マンドレルはさらにスピンドルヘッドに固定されている。穿孔時の推力はフレームに取付けられたラッチにより支持される。

スラストブロックは、出口テーブルより、さらに後方にあるスラストヘッド上を移動する。この移動用動力源としては、従来エアシリンダーが使用されていたが、近時次第に直流電動機によるワイヤードライブが採用されつつある。マンドレルは穿孔中温度上昇を防ぐために、

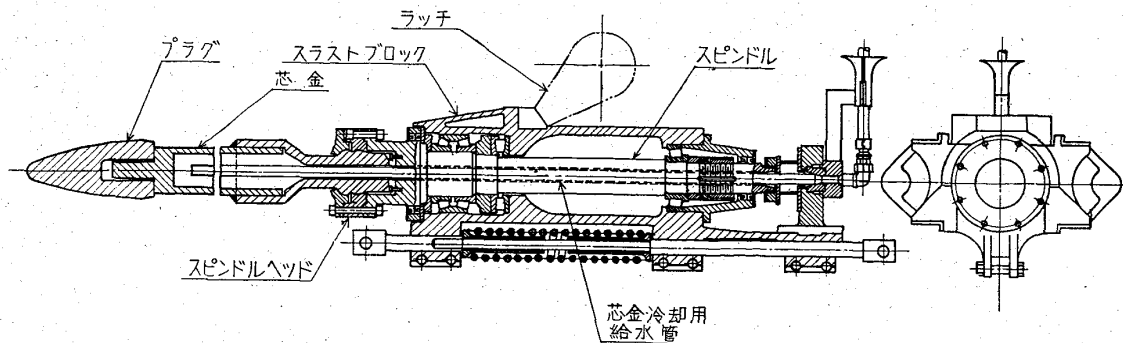


図 3・9 プラグ保持機構 (S-2)

内部から冷却水により冷却される。プラグの位置の調整は、図3・9におけるラッチの位置を動かして、スラストブロック本体の停止位置を前後に移動する場合とスラストブロックの位置は固定とし、スピンドルを前後に移動する場合とがある。ピアサーの主要諸元を表3・11に示す。

3・3・2 段取りとパステデザイン

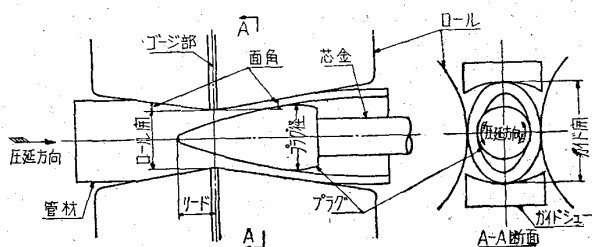


図3・10 穿孔過程 (単独穿孔)

A 段取 図3・10に穿孔過程における管および工具の状況を示す。左側より押込まれた管材は回転しつつ進行する。このとき管材には常に横方向の圧縮力が作用し、この結果管材中心部に剪断変形が蓄積される。剪断応力により非常に変形されやすくなった管材中心部がプラグの先端に当たると、容易に穿孔が行なわれ、以後はプラグとロールとの間で半回転ごとに圧延され所定の肉厚に達する。この際、管は外径方向に拡大しようとする。この傾向を制限し円周方向の変形を長さ方向の変形に変えるために上下よりガイドシューまたはガイドロールで押さえる。

穿孔段取を定める上に、とくに注意する必要があるのは、つぎの諸点である。① 穿孔過程に無理がなく、円滑な安定した作業ができること。② 次工程の圧延作業から要望される範囲内の寸法を持つた素管を作ること。③ 穿孔時における疵の発生または成長を少なくすること。④ 偏肉の発生を少なくすること。⑤ 穿孔速度を高めること。

これらの条件の中には互いに相反する傾向のものもあり、その組合わせの決定には管種に応じた総合的な技術が必要であり、各社ではそれぞれの設備、鋼質に応じて最適の段取りを定めている。表3・12に具体的な段取りの例を示す。

各段取り項目についての一般的考え方はつぎのとおりである。

① 進み角 一般に進み角を大きくすると、管の前進速度が高くなるので作業能率は高くなる。しかしその反面圧延が苛酷になるための管材疵の成長および内面の

ラップによるかぶれ疵の生成などの問題、および喰込み不良、尻詰など円滑な穿孔を阻止する現象などが生じてくる。これを総合し比較的小径の薄肉管に対しては $9^{\circ}\sim 10^{\circ}$ 厚肉管および大径管では頭詰り尻詰り防止を考慮して $6^{\circ}\sim 8^{\circ}$ が採用されることが多い。

② ドラフト (ロール開き) ドラフトとしては、穿孔前のビレットに加えられる加工度の目安として、つぎの値を採っている。

$$\text{ドラフト} = (\text{管材径}) - (\text{ロール開き})$$

穿孔のさい、管材の中心部に沿って円滑な穿孔が行なわれるためには、管材に適當のドラフトを与え、その中心部をある程度変形し易い状態にすることが不可欠の条件である。実際にプラグ先端でこのような状態を作るため管材に与えるべきドラフトの量は、管材の鋼質、ロール進み角、プラグ位置などによつて異なるもしドラフトを大きく採りすぎると、管内面にかぶれ疵を生じるおそれがあり、反対にドラフトが小さすぎると、穿孔に対する抵抗が大きくなるため、管材の前進速度の低下、プラグ摩耗の増加などを生ずるのみならず、極端な場合には穿孔が不能となる。薄肉穿孔の場合は通常管材径の10~15%のドラフトをかけ、大径管機では小径管材より少し小さくする。また厚肉穿孔のさいには回転に対する抵抗が大きいため、薄肉管の場合より小さくして8~10%とすることが多い。

管材として鋼塊を直接使用する場合には圧延管材よりドラフトを若干大きくとる必要がある。

③ リード リードとは、図3・10に示すごとく、ロールのゴジ部よりプラグの先端に至る距離をさす。リードはすでに述べたごとくドラフトと密接な関係がある。リードが大きすぎたり小さすぎたりすると、ドラフトが小さすぎたり大きすぎたりと同様な問題を生じる。通常薄肉管に対しては50~80mm、厚肉管に対しては30~60mmの範囲が採用されている。鋼塊をそのまま管材として使用する場合にはとくにリードを小さくして15~25mmとする。

ピアサーにおいては上記の諸段取りのほか穿孔温度が重要な要因である。穿孔温度が最適温度から遠ざかるにつれて管材欠陥の成長が現われるので、この意味から穿孔温度は厳重に管理する必要がある。

具体的な管理限は各設備によつて異なるが、大体の傾向は表3・13に示すとおりである。

B パステデザイン 穿孔過程においては、各部分は数回にわたる圧延を受けるが、その圧下率をできるだけ均一に配分することが望ましい。このためにはプラグの

表 3.11 ビ ア サ ー

項 目		N-1	N-2	
電 動 機	製 作 会 社 名 式	富 士 電 機 D.C 分 巻	富 士 電 機 A.C 誘 導	
	回 轉 力 (kW) 回 轉 数 (r.p.m)	2,250 280~630	2,500 147.5	
本 体	設 計 会 社 名 製 作 会 社 名	エトナスタンダード 石川島播磨重工	デ マ ー グ "	
	減 速 機	減 速 比 齒 型 種 別	3°06 : 1 ダ ブ ル ヘ リ カ ル	2°46 : 1 ダ ブ ル ヘ リ カ ル
	ロ ー ル	回 轉 数 (r.p.m)	91.5~205.8	60
		周 速 (m/sec)	9.9~ 4.4	2°0~1°8
		ロ ー ル 径 × 幅 (mm)	915~830×660	650~590×927
		面 傾 斜 角 度 範 囲 (入口-出口)	3°28'~2°58' 0~12°	3°50'~6°50' 4 (固 定)
	上 下 ガ イ ド 型 式 ガ イ ド シ ュ ー 固 定 方 式 ロ ー ル ネ ッ ク ベ ア リ ン グ 型 式		上 下 と も ガ イ ド シ ュ ー 上 : 捻子固定 下 : 油圧固定 テーパーローラーベアリング	上 下 と も ガ イ ド ロ ー ル 砲金製 プレーンベアリング 砲金製 プレーンベアリング
	調 整	ロ ー ル 水 平 角 度		固 定 1°~1°30' 出 口 開
		ロ ー ル 傾 斜 角 度	調 整 方 式 (電 動 機 出 力) 固 定 方 式	スクリュー (手 動) スクリュークランプ
		ロ ー ル ス ク リ ュ ー ダウ ン	調 整 方 式 (電 動 機 出 力) 固 定 方 式	スクリュー電動式 A.C. 15 kW 油 圧 バ ラ ン ス 式
ガ イ ド ハ ン ガ ー		調 整 方 式 (電 動 機 出 力) 固 定 方 式	スクリュー電動式 7.5 kW スクリュークランプ	
入 口	テ ー ブ ル 長 (mm)	8,240	3,025	
	調 整 方 式	ウエッジ電動調整 5 kW	ライナー調整	
出 口	テ ー ブ ル 長 (mm)	10,900	4,160	
	マ ン ド レ ル サ ポ ー タ ー ド ラ グ ア ウ ト ロ ー ラ ー (電 動 機 出 力)	1 組 3 組 3.7 kW×1	1 組 ロ ー ラ ー 7 個 A.C. 15 kW×1	
	バ ー ス テ ジ ャ ー キ ッ ク ア ウ ト 型 式 (電 動 機 出 力) ス ラ ス ト ブ ロ ッ ク (シ リ ン ダ ー 径 ・ 空 圧) ク 駆 動 (電 動 機 出 力)	4 ロ ー ル 式 × 3 組 上 下 作 動 空 圧 キ ッ カ ー 電 動 式 D.C 56 kW×1	— ス ラ ス ト ブ ロ ッ ク フ レ ー ム 開 放 式 水 圧 シ リ ン ダ ー に よ る フ レ ー ム 開 放 式	
油 圧 ユ ニ ッ ト		最 高 圧 力 電 動 機 出 力	80 kg/cm ² (水 圧) —	
丸 鋼 径 使 用 範 囲		76~203	270~515	

の 主 要 諸 元

S-1	S-2		Y-1
	第 1 穿 孔 機	第 2 穿 孔 機	
芝浦製作所 A.C 誘導 1,500 294	東京芝浦電気 A.C 同期 2,000 300	東京芝浦電気 A.C 同期 2,600 257	明電舎 A.C 誘導 1,350+410 980
メーア "	住友機械 "	エトナスタンダード 石川島播磨重工	デマーグ "
3°75' : 1 ダブルヘリカル	3°75' : 1 ダブルヘリカル	2°57' : 1 シングルヘリカル	10°8' : 1 シングルヘリカル
78°5 4°00 970~870×508 3°30'—3°30' 5°~11°	80 4°04 965~865×685 3°30'—3°30' 0~12°	100 5°57 1,066~966×711 4°30'—6°30' 9~12°	91 3°80 800~750×500 3°30'—3°30' 5°~9°30'
上下ともガイドシュー 上下とも捻子固定 テーパローラーベアリング	上下ともガイドシュー 上:捻子固定 下:油圧固定 テーパローラーベアリング	上下ともガイドシュー 上:捻子固定 下:油圧固定 テーパローラーベアリング	上下ともガイドシュー 上下とも捻子固定 合成樹脂 プレーンベアリング
固 定	±1°5' 可動	固 定	固 定
スクリュー (手 動) 油 圧 ク ラ ン プ	スクリュー電動, 油圧バ ランス式, 3°7 kW×2 油 圧 ク ラ ン プ	ピニオンラック電動式 15 kW×1 油 圧 ク ラ ン プ	スクリュー (手 動) スクリュークランプ
スクリュー電動式 20 kW×1 テンションボルト	スクリュー電動式 20 kW×1 油 圧 バ ラ ン ス 式	スクリュー電動式 15 kW×1 油 圧 バ ラ ン ス 式	スクリュー電動式 30 kW×1 —
スクリュー電動式 10 kW 油 圧 ク ラ ン プ	スクリュー電動式 15 kW×1 スクリュークランプ	スクリュー電動式 25 kW×1 油 圧 ク ラ ン プ	スクリュー電動式 2°25 kW×1 スクリュークランプ
4,500 ライナー調整	5,600 ライナー調整	9,000 ウェッジ電動調整 3°7 kW×1	3,230 ライナー調整
8,700 1 組 1 組 (アイドル) 4ロール式×2組 上 下 作 動 空 圧 キ ッ カ ー 空 圧 シ リ ン ダ ー 150φ, 6 kg/cm ²	8,200 1 組 1 組 3°7 kW×1 4ロール式×2組 上 下 作 動 空 圧 キ ッ カ ー 電 動 式 D.C 120 kW×1	12,000 1 組 2 組 3°7 kW×2 芯金挟み式×3組 ロータリーキッカー 15 kW×1 電 動 式 D.C 120 kW×1	5,900 — 1 組 (アイドル) — 上 下 作 動 空 圧 キ ッ カ ー 空 圧 シ リ ン ダ ー 140φ, 5°5 kg/cm ²
70 kg/cm ² 1°5 kW×1	100 kg/cm ² 5°6 kW×1	100 kg/cm ² 5°6 kW×1	— —
93~215	117~282	115~306 (中空)	85~165

表3.12 主要なピアサーの段取例

分類	小径管			中径管			大径管																					
	N-1	S-1	S-2 No. 1 No. 2	Y-1	N-1	N-2	S-1	S-2 No. 1 No. 2	Y-1	N-2	S-2 No. 1 No. 2																	
設備寸法 (mm)	外径	114.3	114.3	114.3	177.8	216.3	216.3	216.3	165.2	318.5	318.5																	
	肉厚	5.218.0	4.020.0	—	3.611.4	8.114.0	5.8	5.030.0	7.020.0	4.413.4	6.9	7.025.0																
管材径(mm)		115	122	113	113	110	110	172	175	308	308	215	215	178	192	190	160	160	455	251	271	271						
		122	125	119	—	122	122	116	180	180	310	305	225	221	192	190	230	225	170	170	440	440	271	271	333	330		
穿孔寸法 (mm)	外径	104.8	80.8	106.74	—	107	102	104	88	155.2	143.8	205	203	153	134	114	210	179	154	138	315	285	201	179	313	274		
	肉厚	8.622.1	8.022.5	—	—	7.5	107.0	14.0	12.4	18.1	42.5	50.0	11.0	34.0	29.0	38.0	10.0	23.0	8.0	16.0	62.5	77.5	35	46	1028.0			
進み角(°)		9	6	9	8	—	8	9	9	9	7	4	7	6	8.5	8.5	8.5	8	5.5	5.5	4	4	7	7	7	7		
ロール開(mm)		99	107	101	102	—	99	100	92	94	147	150	272	178	182	164	166	179	180	135	138	400	400	230	236	254	261	
ブラグ径(mm)		92	73	101	67	—	98	95	94	82	143	130	210	195	189	139	116	98	206	170	144	130	315	280	188	158	290	260
ガイド開(mm)		120	127	121	121	—	122	122	116	116	176	180	305	300	226	226	190	190	206	210	168	168	435	435	266	266	293	298
穿孔比		3.501	7.03	4.21	4.4	—	3.77	2.87	3.88	2.08	3.69	2.70	2.09	1.86	4.80	1.78	1.64	1.33	3.55	1.68	4.83	2.55	1.84	1.54	1.88	1.48	4.76	1.80
ドラフト		16	15	12	11	—	16	15	18	13	25	25	33	26	37	33	14	12	13	10	25	18	55	55	21	15	17	10
リード(mm)		70	55	51	30	—	53	48	60	45	85	60	15	15	72	32	50	40	140	106	55	30	25	25	50	34	173	128
外径膨れ代		7	3	9	6	—	7	7	6	6	8	5	2	-3	10	6	14	12	38	35	10	10	-15	-15	20	20	62	59
圧延機肉厚下量		3.4	4.1	4.0	2.5	—	3.0	3.0	3.3	2.5	4.3	4.1	36.5	35.0	6.0	4.0	19	5	3.0	3.0	3.5	2.5	55.5	52.5	25.0	18.0	3.0	3.0

備考 1. N-2 のガイド開の欄はガイドロールの間隔を示す

2. S-2 の No. 1 ピアサーの圧延機肉厚下量は No. 2 ピアサーにおける肉厚下量を示す。

3. S-2 では成品径 114.3φ に対しては単独穿孔のため No. 1 ピアサーは使用せず。

表 3.13 鋼種別穿孔温度

鋼種	穿孔温度(°C)
低炭素リムド鋼	1,170~1,200
低炭素キルド鋼	1,190~1,220
高炭素鋼	1,190~1,220
フェライト系合金鋼	1,200~1,230
オーステナイト系合金鋼	1,200~1,230

プロフィールをつぎのごとく定めればよい。

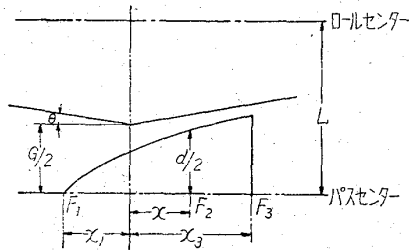


図 3.11 プラグデザイン

図 3.11 において

- α : 進み角
- θ : ロール面角
- G : ロール開き
- L : ロールセンターとプラグセンターの距離
- d : プラグ径
- F : 断面積
- x : 軸方向の距離
- V : 穿孔材の前進速度
- t : 時間

添字 1,3 でそれぞれプラグの先端, 後端を表わし, また $t_1=0$ とする。

$$FV = K \text{ (const)}$$

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \text{(const)}$$

の条件を用い, t をパラメーターとして解くとつぎの解をうる。

$$x = \frac{K^2(F_1^2 - F_3^2)}{4F_1^2F_3^2(x_3 - x_1)} t^2 + \frac{K}{F_1} t + x_1$$

$$\frac{d^2}{4} = \left\{ \sqrt{L^2 + x^2 \tan^2 \alpha} - L + 6/2 + |x| \tan \theta \right.$$

$$\left. \cos \alpha \right\}^2 - \frac{1}{t} \left\{ \frac{K(F_1^2 - F_3^2)}{2F_1^2F_3^2(x_3 - x_1)} t + \frac{1}{F_1} \right\}^{-1}$$

上式で求めたプロフィールをもつプラグを使用すれば, 初期の目的が達成される。これを geometrical pass と呼んでいる。

3.3.3 技術事項

A 穿孔中の変形 管材は互いに傾斜した2つの樽形ロールによつてスパイラル状の回転運動を与えられ, プラグの先端部分で管材中央部を穿孔される。その後ロールとプラグとによつて半回転ごとに管材の肉厚は圧延

されて所定の外径, 肉厚になる。プラグの先端はロールのゴージ部より前方に位置し, 管材は回転圧縮を受けて管材中央部が破壊する前に穿孔されてゴージ部より後方で肉厚は圧延される。穿孔圧延の一般的な変形過程を図 3.12 に示す。厚肉穿孔, 薄肉穿孔の際の変形状況を図 3.13 に示す。

薄肉穿孔では苛酷な加工をうけるが, 上下のガイドシュューを効果的に使つてクロズドバスを形成し, スムースな変形の行なわれるよう改善されている。

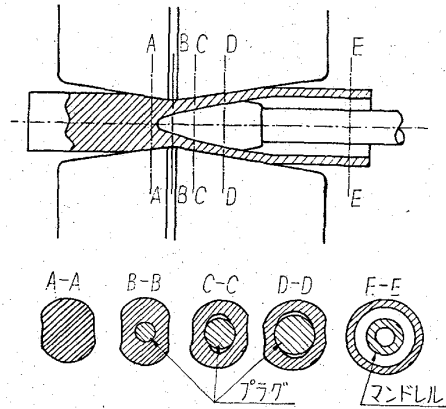


図 3.12 穿孔圧延の変形過程の断面

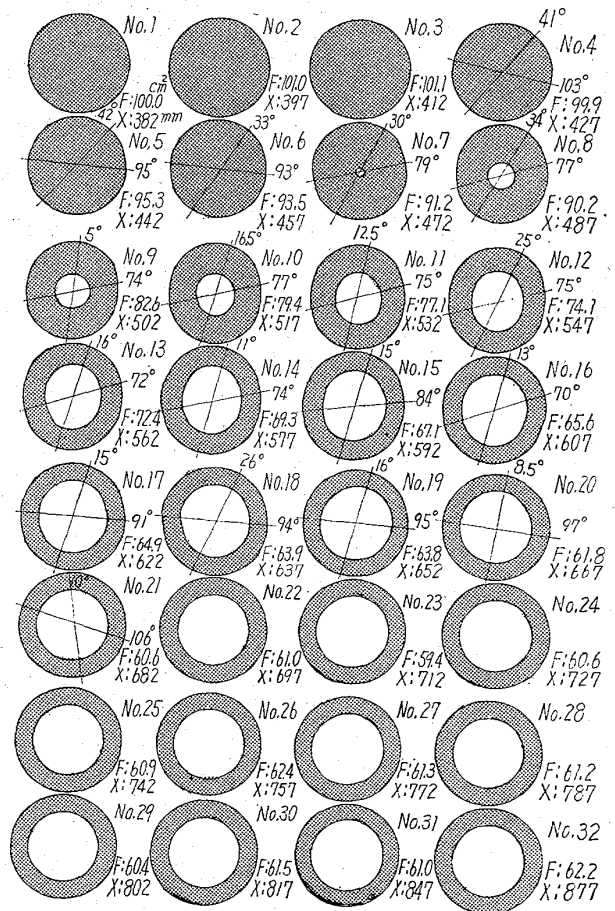


図 3.13 (a) 穿孔中の変形状況 (厚肉)

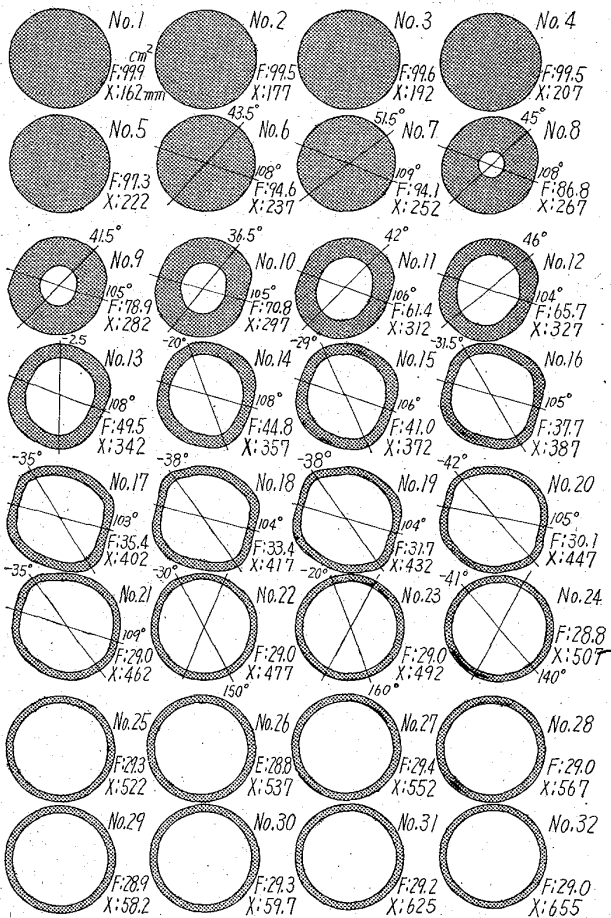


図 3-13 穿孔中の変形状況(薄肉)

(a) 外径の変化 穿孔中の外径変化の一例を図3-14に示す。最小径はロール形状に沿つた変化をするが、最

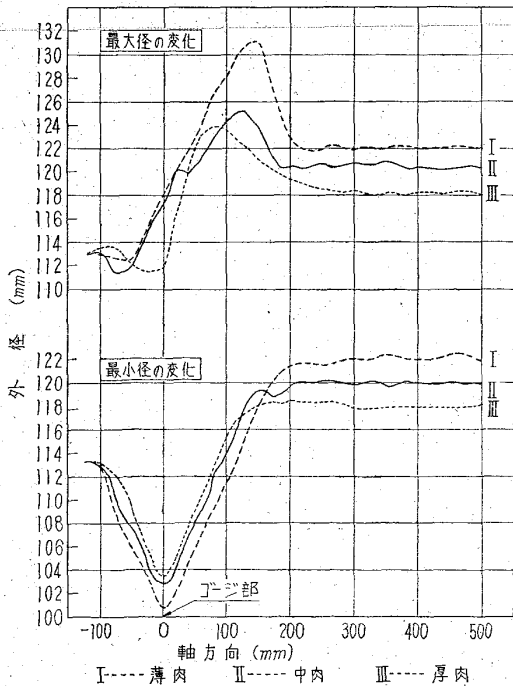


図 3-14 穿孔中の外径の変化

大外径は一旦最大に達した後 ovaling action によりアプセットされて再び小さくなる。

(b) 断面積の変化 穿孔中の断面積変化の一例を図3-15に示す。外径変化は肉厚の変化に比して小さいので肉厚もほぼこれと同様の変化をすると考えてよい。

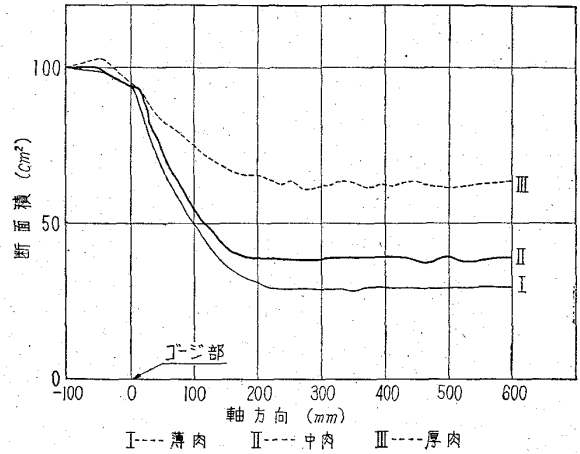


図 3-15 穿孔中の断面積の変化

(c) 付加剪断面変形 穿孔工程においては、穿孔自体のための変形のほかに、円周方向および軸方向に非常に苛酷な剪断変形を生じる。ピアサーで鋼質的欠陥が成長しやすいのは、この付加剪断によることが多い。したがって所定の穿孔加工を行なうさい、これらの付加剪断をいかにして小さくするかは、穿孔技術上非常に重要な問題となつている。

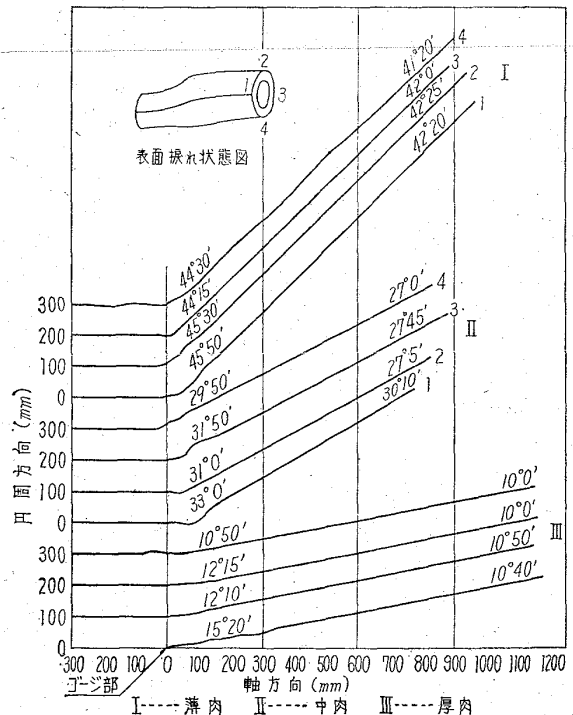


図 3-16 穿孔材表面の振れ量

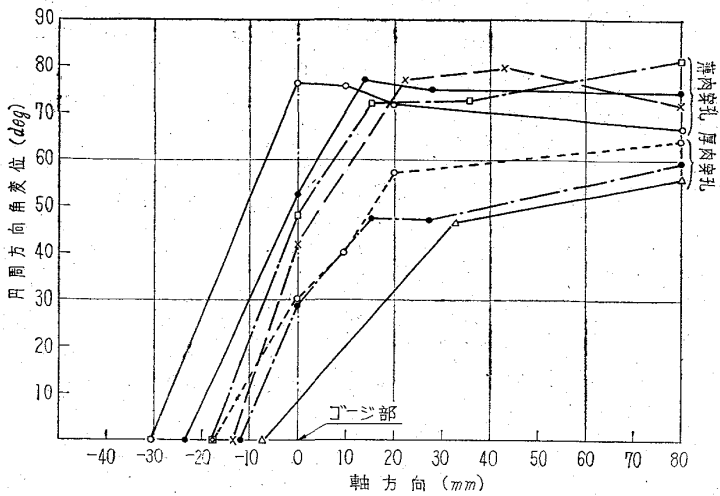


図 3-17 穿孔中の円周方向角変位の変化

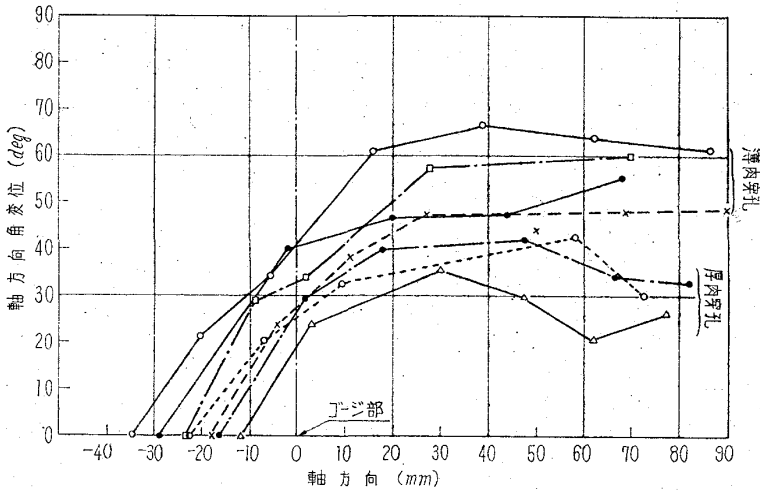


図 3-18 穿孔中の軸方向角変位の変化

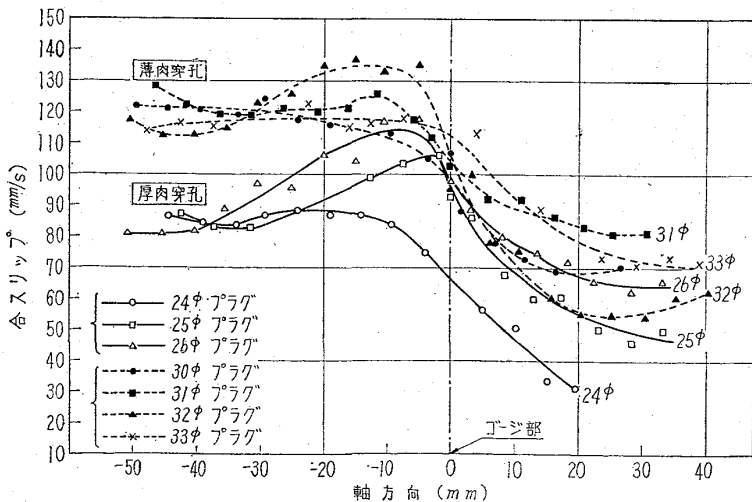


図 3-19 穿孔過程における穿孔材の合スリップの変化

図3-15に穿孔後の管全体として振れ状況の一例を示す。薄肉穿孔の場合には40°以上の振れを生ずることが判る。

図3-16は、穿孔前には半径方向であつた部分が、穿孔中に円周方向の剪断により傾いて、もとの半径方向となす角度の変化を示す。これにより、とくに薄肉穿孔の場合には、肉厚内部における円周方向の剪断はゴージ部の付近で著しく大きいことが判る。

図3-17は、穿孔前には軸に直角であつた部分が、穿孔中に、軸方向の剪断により、傾いて、もとの方向となす角度の推移を示す。この場合には、円周方向の剪断に比し少し緩やかな変化をたどる。以上いずれの場合も、付加剪断変形は薄肉穿孔のほうが大きい。薄肉穿孔時に、管材欠陥の成長が著しい理由の一つはここにあると考えられる。

B 素管とロールのスリップ 穿孔過程においては、管材の進行とともにロール径、プラグ径、素管断面積および外径工具との接触圧力、ロール表面状況などいずれも著しく変化するので、そのスリップの状況は非常に複雑である。通常の作業管理においては、穿孔材の前進速度 v 、ロールゴージ部における前進方向の速度成分を v_G としたときに、つぎの式で定義される穿孔効率 η_f をもつて、スリップの目安としている。

$$\eta_f = \frac{v}{v_G} \times 100 (\%)$$

穿孔効率は種々の条件によつて変化するが大體 $\eta_f = 70 \sim 90\%$ の範囲内にあるのが普通である。

図3-18は、穿孔中素管の前進方向および回転方向のスリップを合成した合スリップが穿孔過程でどのように変化するかを調査した一例である。合スリップは非常に複雑な経過をたどることがわかる。素管の変形を考慮に入れると、実際のスリップはもつと小さくなると予想される。

工具と素管との間のスリップの動向は、作業能率の向上および付加剪断変形の減少等に対して大きな要因となる。

C 疵の発生、成長およびその要因 穿孔過程では、加工自体が苛酷な上に、著しい付加

剪断をも受けるので、管材に内蔵された鋼質の欠陥が成長して疵を発生することが多い。

このため鋼質的欠陥を除去することはもちろんたとえ欠陥が存在しても、その成長を極力押える努力がなされなければならない。

穿孔時に疵を生じる原因として次の要因が考えられる。

(a) 製鋼時の問題点 造塊時に、鋼塊外面に割れを生ずることがある。このため鑄込温度および速度に注意せねばならない。また鋼塊中の偏析や非金属介在物（とくに MnO , SiO_2 および SiO_2 系のもの）は内面疵の原因となる。

(b) 分塊圧延時の問題点 分塊圧延における均熱不良またはスケジュール不良により発生する over fill は外面疵の原因となる。

(c) 穿孔温度 穿孔温度が高すぎると内面疵、低すぎると外面疵が増加する傾向がある。

(d) 加工度 ピアサーにおける加工度が大きいほど、疵の発生がみられる。また同一寸法の管を二重穿孔した場合は単独穿孔の場合より疵の発生は少ない。

(e) プラグ品質 プラグの先端が傷んでいる場合には、内面疵を発生しやすい。

(f) ドラフト ある範囲内では大きな影響はないが、ある限度より大きくすると内面疵を生じる。

(g) ロール進み角 進み角を大きくとり過ぎると、圧延量が大きくなるため、内面にかぶれ疵を生じることがある。

3.4 プラグ・ミルおよびリーラー

プラグ・ミルはピアサーで穿孔された厚肉の素管を、半円のカーリーブを持った上下ロールと、その中央に置かれた筒型のプラグとの間で、ほぼ所要の寸法の管までに圧延する圧延機で、加工度は穿孔とともに大きく、この製管方式の主体をなす重要な工程である。

リーラーはプラグ・ミルで圧延された素管の肉厚の平均化、表面の磨き、内面筋の消去を行なう目的で、左右の円筒形の傾斜ロールと長い円筒形プラグとの間で圧延する圧延機である。

加工度はプラグ・ミルよりはるかに少ないが、管の外観上不可欠な工程であり、また長尺の管をロールの傾斜によるスパイラル運動で前進させるため能率が低く、通常プラグ・ミル1基に対してリーラーは2基配置し交互に使用している。

3.4.1 設備概要および諸元

近代的プラグ・ミルは、原理的には20世紀の初めにステューフェルの作ったものと変わらないが、各部の機構に発達の見られる。すなわちモーターおよび駆動方式は、低速モーターとフライ・ホイールが使用されていたが、中速モーターから減速機により駆動される傾向になった。また調整機構は極力動力化されて人力節減と動作の正確さが向上した。

リーラーについても従来に比し原理的には変わらないが、プラグ・ミルと同様、剛性の増加、機械精度の向上、調整機構の自動化などに発達の見られる。駆動方式はリーラー直前にモーター、減速機を装置する方式からモーターを前面テーブルの後に配してロング・シャフト・ドライブ方式かまたは駆動装置を地下に入れる方式などが採用され、プラグ・ミルとリーラー間の配置をコンパクトにするようになってきた。ロール支持方法はトウイングを容易にするため、従来の球面軸受から軸受チョックにトラニオン軸受けを設け、これに軸受カートリッジを抱かせるトラニオン式となつてきた。

マンドレル・バーはバー・ステディアが設置され、振れなどによる損傷を防止している。

さらにスラスト・ブロックの駆動は交流モーターから直流モーターのワードレオナード方式が採用され能率の向上を計るようになった。

A プラグ・ミル 主な調整機構は以下に述べるとおりでありその1例を図3.20に示す。

(a) 主ロール 下ロールを基準にして上ロールを調整するが、下ロールはベアリング、チョックの下にスクリュウを有して、ギヤ、ピニオンを介して手動ハンドルにより上下する型と、ベアリング・チョックの下にエッジを手動ハンドルによる出入れによつて上下する型とがある。前者は N-1, Y-1 工場で使用され、後者は S-1, S-2 工場で使用されている。

上ロールはいずれも調整用モーター、ウォーム減速機、圧下スクリュウを介して上下される。なお上ロールはカウンター・ウェイトにより常に上方に支持されている。またロールチョックと圧下スクリュウの間にはエヤシリンダーで働くウェッジがあり、その出入りにより管の戻り工程の前後にロールが上下される。

(b) 戻しロール 戻しロール位置は、下ロールが上つたときに正規のパス・センターになるように上ロールをボルトにより調整する。下ロール位置はロッカー・アームのレバー・ストッパーの高さを調整して行なう。

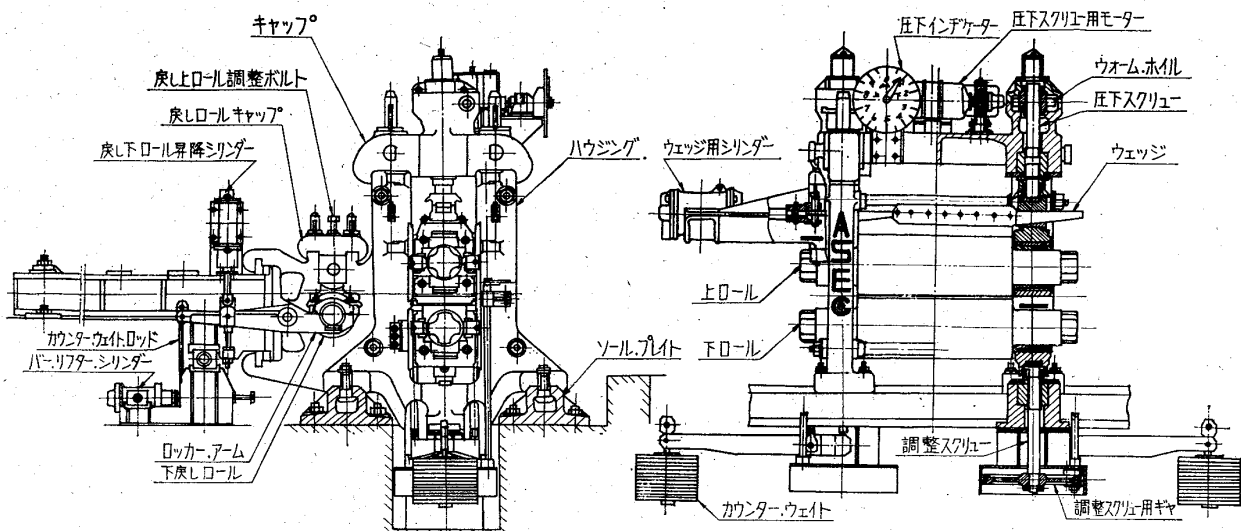


図 3-20 プラグミルの調整機構

(c) パーリフター ストッパー型とサーポート・ロートローラー型とあり。いずれもエヤ・シリンダーのピストン・ロッドのストッパーを調整して高さの調整を行なう。

(d) マンドレル・パーマンドレルバーの前後調整はバックストップのライナー調整で行なう。

(e) その他 プラグの着脱には通常人力で行なっているがS社では特許となっている自動プラグ拔出装置を使用している。また S-2 工場のように、大径管の場合リフト・シリンダーとモノレールを持つたプラグ挿入装置がある。プラグ・ミルの設備諸元を表3-15に示す。

B リーラー 主モーターは Y-1 工場以外は直流または交流極数変換モーターで回転数に変化できる。伝導機構は N-1, S-2 工場がロング・シャフト・ドライブで、インレット・テーブルの前面にモーターおよび減速機があり、他の工場はリーラー直前にモーターおよび減速機を配置している。ロール支持の方法は N-1, S-1, S-2 工場がテーパ・ローラー・ベアリングを使用したトラニオン式でロールの開度調整を容易にしているが、Y-1 工場では砲金製軸受の裏金が球面になっている球面軸受を使用している。おのおのの機構を図3-21, 図3-22に示す。

ロール左右調整機構は、モーターにより左右同時に開閉する機構と、片側のみモーターが他は手動により左右別個に開閉する機構とがあるが、一例として前者の機構を図3-23に示す。

パー・ステディアーは左右2個ずつのロー

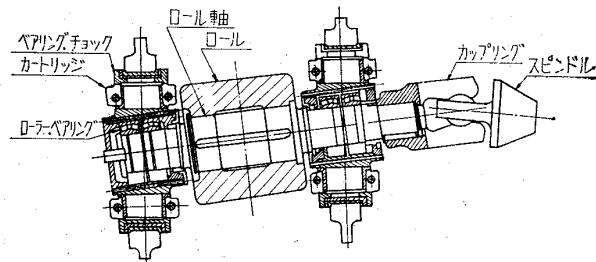


図 3-21 リーラー・トラニオン式軸受

ラーでおさえる4ロール式と左右のガイド、シューでおさえる挟み式とがあり、これらが普通2組設置されていて最初にマンドレルをおさえて振れを防ぎ、素管の進行に伴って順次開いて行く。パー・ステディアーおよびスラスト・ブロックはピアサーのものと同じ型式である。リーラーの設備諸元を表3-16に示す。

3.4.2 段取りおよび作業

プラグ・ミルおよびリーラーの段取りは、その前後の

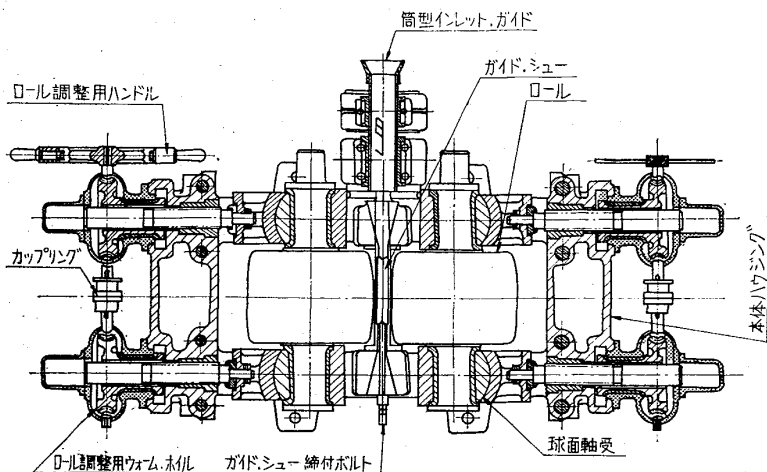


図 3-22 リーラー球面軸受

表 3.15 プラグミルの設備諸元

工場名		N-1	S-1
機 械 の メ ー カ ー ス タ ン ド 型 式		エトナー 石川島 単スタンド ハウジング分割型	メ ア ー 単スタンド ハウジング分割型
主 ロ ー ル	直 径 (最大~最小) (mm)	830 — 762	750 ~ 700
	胴 長 (mm)	1,254	1,520
	回 転 数 (r. p. m)	86.4	77.5
モ ー タ	素 管 径 (最大~最小) (mm)	183 ~ 95	213 ~ 90
	メ ー カ 電 源 (V)	富 士 電 機 AC 3,300	芝 浦 製 作 所 AC 3,300
	出 力 (kW)	1,125	900
回 転 数 (r. p. m)	500	565	
減 速 比	1:5,795	1:7.3	
ロ ー ル 軸 受	合 成 樹 脂	合 成 樹 脂	
戻 し ロ ー ル	直 径 (最大~最小) (mm)	546 ~ 500	600 ~ 550
	胴 長 (mm)	1,380	1,320
	回 転 数 (最大~最小) (r. p. m)	666 ~ 264	360 ~ 180
モ ー タ	出 力 (kW)	DC 56	DC 75
	回 転 数 (最大~最小) (r. p. m)	1,300 ~ 515	1,000 ~ 440
	減 速 比	1:1.95	1:2.62
ロ ー ル 軸 受	ニードルベンリング	砲 金	
本 機 体	主 ロ ー ル	カウンター・バランス (分銅押上棒) 電動式 (インジゲーター付) エヤ・シリンダー ウエッジ 出入 メーン・ライナ 出入 押上スクリュウ なし (スラスト・プレイトあり)	カウンター・バランス (分銅押上棒) 電動式 (インジゲーター付) エヤ・シリンダー ウエッジ 出入 メーン・ライナ 出入 ウエッジ 出入 あり
	戻 し ロ ー ル	昇 降 装 置 昇 降 量 調 整	エヤ・シリンダーとカウンター・ ウエイト レバー・ストッパーボルト ストローク調整ボルト
付 帯 設 備	前 面 装 置	前面テーブル長さ 実長 (有効長) 17,800 (15,500) 電動によるラックピニオン エヤ・シリンダー エヤ・シリンダー 回転ローラー 電動昇降装置あり	15,914 (13,700) 電動によるラックピニオン エヤ・シリンダー エヤ・シリンダー ターン・テーブルあり
	後 面 装 置	後面テーブル長さ 実長 (有効長) mm 17,200 (16,000) ガイドの型式 連絡式バレル, ガイド 連続式 固定 マンドレルの型式 ホーロー・マンドレル 内 側 水 冷 マンドレルの冷却方法 エヤシリンダーによるスリ ッパ型	14,780 (13,700) 単独式バレル, ガイド 連続式 (エヤ, シリンダー で吊り下げ) ソリッドおよびホロー, マンドレル 外側および内側水冷 エヤ, シリンダーによるサ ポートローラー型
運 転 台 の 装 置		1 (ロール圧下・プッシャー)	2 (ロール圧下・プッシャー)

表 3-15 プラグミルの設備諸元 (つづき)

工場名		S-2	Y-1
機械のメーカー スタンド型式		芝浦共同工業 単スタンド・ハウジング分割型	エトナー 石川島 単スタンド・ハウジング分割型
主 ロ ー ル	直 径(最大~最小) (mm)	865 ~ 815	650 ~ 550
	胴 長 (mm)	1,520	1,524
	回 転 数 (r. p. m)	80°0	97°5
モ ー タ	素管径(最大~最小) (mm)	379 ~ 100	164 ~ 83
	メーカ	東京芝浦電気	明 電 舎
	電 源 (V)	AC 6,600	AC 3,150
減 速 比	出 力 (kW)	1,000	750
	回 転 数 (r. p. m)	585	97.5
	軸 受	1:7.3 合 成 樹 脂	1:1(60Tフライ・ホイール) 合 成 樹 脂
戻 し ロ ー ル	直 径(最大~最小) (mm)	730 ~ 680	454 ~ 400
	胴 長 (mm)	1,480	1,397
	回 転 数(最大~最小) (r. p. m)	270 ~ 225	396
モ ー タ	出 力 (kW)	AC 75	AC 56
	回 転 数(最大~最小) (r. p. m)	705 ~ 590	723
	軸 受	1:2.62 合 成 樹 脂	1:1.83 ニードルベアリング
本 機 体	主 ロ ー ル	カウンター・バランス(分銅押上棒) 電動式(インジゲーター付) エヤ・シリンダー ウエッジ 出入 押込ボルト 調整 ウエッジ 出入 あり	カウンター・バランス(分銅押上棒) 電動式(インジゲーター付) エヤ・シリンダー ウエッジ 出入 メーン・ライナー 出入 押上スクリュー なし(スラスト・プレイトあり)
	戻 し ロ ー ル	昇 降 装 置 昇 降 量 調 整 エヤ・シリンダーとカウンター・ ウエイト ストローク調整ボルト	エヤ・シリンダーとカウンター・ ウエイト レバー・ストッパー・ボルト
付 帯 設 備	前 面 装 置	前面テーブル長さ 実長 (有効長) 17,500 (15,400) 電動によるラック・ピニオン エヤ・シリンダー エヤ・シリンダー 回転ローラー・ターン・テーブルあり	12,250 (11,500) 電動によるラック・ピニオン エヤ・シリンダー エヤ・シリンダー ターン・テーブル電動昇降装置あり
	後 面 装 置	後面テーブル長さ 実長 (有効長) 15,300 (93.7φ 以上 14,600) (216.3φ 以上 15,000) 単独式パレル・ガイド 連続式(調整ボルトで吊下 げ) ソリットおよびホロー・マンドレル 外側および内側水冷 エヤ・シリンダーによる サポートローラー型	12,240 連続式パレル・ガイド 連続式 固 定 ホロー・マンドレル 内 側 水 冷 エヤ・シリンダーによる スリッパ型
運 転 台 の 装 置		2(ローラー圧下・プッシャー)	2(ローラー圧下・プッシャー)

表 3.16 リーラーの設備諸元

項 目		会 社 名		
		N - 1	S - 1	
メーカ		エトナー石川島	住友石川島	
素管径(最大~最小)(mm)		183 ~ 95	213 ~ 90	
ロ ー ル	直径(最大~最小)(mm)	763 ~ 680	700 ~ 660	
	胴長(mm)	712	640	
	回転数(最大~最小)(r.p.m)	92 ~ 82	152 ~ 57	
モ ー タ ー	メーカ	富士電機	芝浦製作所	
	電源(V)	DC 750	DC 420	
	出力(kW)	450	380	
	回転数(最大~最小)(r.p.m)	800 ~ 400	1,000 ~ 375	
	減速比	1:4.81	1:6.58	
本 体	調 整 機 構	ロール支持方法	トラニオン式	トラニオン式
		ロール軸受	スフェロカル・ローラー・ベアリング	テーパ・ローラー・ベアリング
		ロール傾斜角度	6°	6°
		ロール開閉装置	圧下スクリュウにより両側 ロール開閉	圧下スクリュウにより両側 ロール開閉
		ロール開閉操作	電動式(両側)	電動式(片側)
上ガイド, シューの取付および調整	締付ボルトと爪, 電動スクリュウ式	締付ボルトと爪, 電動式スクリュウ式		
下ガイド, シューの取付および調整	溝はめ込み, ライナー調整	〃 ライナー調整		
前 面 装 置	前面テーブル長さ, 実長(有効長)(mm)	19,000 (15,500)	23,000 (13,700)	
	ピンチローラー	なし	なし	
	インレット・ガイドの型式	開閉型と筒型併用	筒型	
付 帯 設 備	後 面 装 置	バー, ステディアの型式	4 ロール式 3組	開 閉 式
		アウトレット・ガイドの型式	開 閉 型	開 閉 型
		スラスト・ベアリングの型式	テーパ, ローラー, スラスト, ベアリング	ロールウェイ・タイプ・スラスト・ベアリング
		スラスト・ブロック走行装置	電動式(ワイヤー・ドライブ)	電動式(ワイヤー・ドライブ)
		マンドレルの型式	ホロー, 後端球面	ホローおよびソリッド, 後端球面
		マンドレルの冷却方法	内 側 冷 却	内, 側 外 側 冷 却
		マンドレルのサポートローラー	エヤ・シリンダー 1組	なし
		スラスト・ブロック固定機構	エヤ・シリンダーとラッチ	上部ラッチ
		マンドレル出入調整	上部ラッチ移動式	上部ラッチ移動式

表 3・16 リーラーの設備諸元 (つづき)

会社名		S - 2	Y - 1
メーカー	素管径(最大~最小)(mm)	エトナー石川島 382 ~ 100	デマーグ 170 ~ 88
ロール	直径(最大~最小)(mm)	810 ~ 755	700 ~ 660
	胴長(mm)	710	540
	回転数(最大~最小)(r.p.m)	114 ~ 91	120
モーター	メーカー	東京芝浦電気	明電舎
	電源(V)	AC 3,300	AC 3,150
	出力(kW)	400	187.5
	回転数(最大~最小)(r.p.m)	880 ~ 700	375
	減速比	1:7.72	1:3.12
本体	調整機構	トニオン式 テーパー・ローラー・ベアリング OD ≤ 177.8 mm 7° OD > 177.8 mm 6° 圧下スクリューにより両側 ロール開閉 電動式(両側, 油圧バランス式) 締付ボルトと爪, 電動スクリュー式 溝はめ込み, ライナー調整	球面軸受 バビッドおよび砲金平軸受 6° 圧下スクリューにより両側 ロール開閉 電動式(片側) 締付ボルトと爪, 電動スクリュー式 締付ボルトと爪, ライナー調整
	前面装置	前面テーブル長さ, 実長(有効長)(mm) ピンチローラー インレット・ガイドの型式	11,300 (11,150) 上, 下ローラー駆動式 開閉型と筒型併用
付帯設備	後面装置	芯金挟み式 3組 開閉型 ロールウェイ・タイプ・スラスト・ベアリング 電動式(ワイヤー・ドライブ) ホローおよびソリッド, 後端球面 内, 外冷却 エヤ・シリンダー 1組 油圧シリンダーと上部ラッチ 上部ラッチ移動式	なし 開閉型 シンドリカル・ロール・スラスト・ベアリング 電動式(ワイヤドライブ) ソリッド後端球面 外側冷却 エヤ・シリンダー 1組 後端ストッパー 内筒出入式

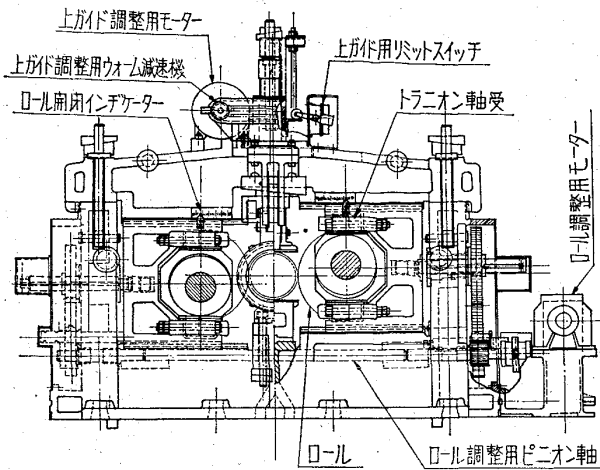


図 3.23 リーラー調整機構

工程を含めて、製品のサイズ品質に応じてもつとも生産性を高くするような最適値を選ぶことが必要であり、このため各工程の加工度を適切に配分しなければならない。一方これらの条件は加工温度、工具の形状、セッティングなどにより大きく左右されるので、すべての条件を考慮した上で段取りおよび作業方法を決めなければならない。

A プラグミルの段取り 各社ともピレットの径、ピアサーの条件、設備の可能性寸法範囲が異なるので、その方法は各社それぞれの条件と経験により適切な段取りを行なっている。たとえば N-1 工場では外径圧下量を 6~9 mm、通常 8 mm とし、肉厚圧下量を表 3.17 のごとく変化させているが S-2 工場では表 3.18 のごとく製品外径、肉厚により外径圧下量を変化させ、肉厚圧下量を 3 mm と一定にしている。

表 3.17 N-1 工場のプラグ・ミル肉厚圧下量 (mm)

出口素管内径	肉厚圧下量
4.0 以下	2.8
4.1 ~ 8.0	3.2
8.1 ~ 12.0	3.6
12.1 以上	4.0

このほか一般に各社とも第 2 パスのプラグ径は第一パスのものより 2mm 大きくしている。しかし内面筋をとくに防止したいときにはこれを 1 mm とし第 2 パスの負荷を軽くしている場合もある。また第 2 パスでさらにロール圧下を行なっている工場もある。各社普通鋼の場合の代表的な例を表 3.19 に示す。この表から出口素管の外径(D)肉厚(t)と減面率の関係を見ると、図 3.24

表 3.18 S-2 工場のプラグミル外径圧下量 (mm)

製品外径	薄肉管	厚肉管
168.3 以下	6	6
177.8~193.7	7	6
216.3~244.5	8	7
267.4~323.9	10	8
339.7 以上	12	10

のごとく、D/t の大きいほど減面率を大きくしている傾向にある。

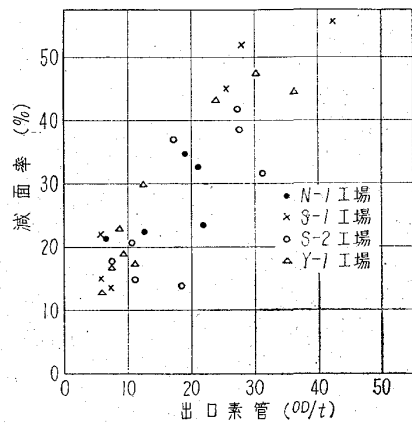


図 3.24 プラグ・ミルの D/t と減面率の関係

B リーラーの段取り 一般にリーラーでの拡管率と肉厚圧下率とはほぼ比例することが知られており、内面筋の消去に直接関係があるのは肉厚圧下量であるが、これを直接測定することは困難であるので拡管量を測定して作業の目安としている。実際の作業では各社若干の相違があるが、1 例として S-2 工場の方法を示す。

リーラーでの拡管量を決定するためにつぎのような仮定を設ける。① 素管長さはリーリングの前後では変わらない。② 拡管量は肉厚圧下と相応して定められる。③ リーリング前後の素管断面積は等しい。

この仮定のもとに拡管量と肉厚圧下量との関係は次式となる。

$$\Delta D = \frac{D-2t}{t} \Delta t$$

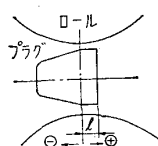
ただし入口素管外径: D 出口素管外径: D + ΔD
" 肉厚: t 肉厚 " t - Δt

従来の経験から入口素管外径は製品外径にほぼ等しいことが知られており、したがって上式において D=製品外径とし、t および Δt に関して 図 3.25 のような関係にとりこれらの数値を代入することによりリーラーにおける拡管量が求められる。

表 3.19 プラグ・ミルの段取

会社名		N - 1						S - 1					
項目													
製品寸法	外径(mm)	114.3		139.7		177.8		88.9		114.3		215.9	
	肉厚(mm)	5.2	18.0	7.0	20.0	8.1	14.0	3.5	15.0	4.0	20.0	5.0	30.0
入口素管寸法	外径(mm)	122	125	146	155	180	180	98	98	121	119	225	221
	肉厚(mm)	8.6	22.1	10.85	24.1	12.4	18.1	6.0	18.0	8.0	22.5	11.0	34.0
	長さ(mm)	6,600	5,300	7,300	9,020	7,600	9,650	6,500	6,000	6,500	5,800	6,000	5,400
出口素管寸法	外径(mm)	117	117	139	150	175	175	90	90	112	112	213	213
	肉厚(mm)	5.4	18.1	7.25	20.1	8.35	14.1	3.5	15.0	4.0	20.0	5.0	30.0
	長さ(mm)	10,400	6,500	10,900	10,600	11,100	11,400	11,800	7,600	13,500	6,900	13,500	6,200
外径圧下量	(mm)	5	8	7	5	5	5	8	8	9	7	12	8
	(%)	4.1	6.4	4.8	3.2	2.8	2.8	8.2	8.2	7.4	5.9	5.3	3.6
肉厚圧下量	(mm)	3.2	3.0	3.6	3.0	4.05	6.0	2.5	3.0	4.0	2.5	6.0	4.0
	(%)	37.2	13.6	33.2	12.4	32.3	33.2	41.6	16.7	50.0	11.1	54.5	11.8
減面率	(%)	23.6	21.3	34.9	17.9	33.0	22.5	45.2	21.9	52.2	15.3	55.8	13.7
内径の変化	(mm)	-1.4	0	-0.2	-3.0	-3.1	+3.1	+3.0	+2.0	+1.0	+2.0	0	0
ロール溝径	(mm)	116	116	137	148	173	173	90	90	112	112	213	213
パス回数		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
プラグ径(1パス)	(mm)	104	78	121	106	155	143	81	60	101	68	201	150
" (2パス)		106	80	123	108	157	145	82	60	103	70	203	153
プラグ位置	(mm)	14	14	14	14	14	14	0	-10	10	-10	35	0
ロール圧下		0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3
入口ガイド穴径	(mm)	130	130	159	167	197	197	125	125	155	155	290	290
出口 "	(mm)	143	143	168	181	203	203	115	115	145	145	260	260
マンドレル棒径	(mm)	96	73	108	96	140	127	70	52	85	60	150	130

注 プラグ位置の表わし方は図のとおりとする。



最小肉厚圧下量は製品最小肉厚に対してプラグ・ミルで発生した内面筋をほとんど完全に消すため、 $4t=0.4$ mm と定める。一方肉厚に関しては、製品外径と肉厚により、ある肉厚以上では $4t$ を一定として、その値に図3.25に示すように製品外径139.8~381.0φ に対し $4t=1.4\sim 1.0$ mm と定める。この値より少ない場合は内面筋が残る恐れがあり、これより大きいとアタバを生じることがある。さらに $4t$ の最大値はリーラー容量により制限される。

各社プラグ・ミルで選んだ代表例について、引続きリーラーの段取りを表3.20に示す。この表から、拡張率と肉厚圧下率の関係は、図3.26のごとく、この両者がほぼ比例していることがわかる。

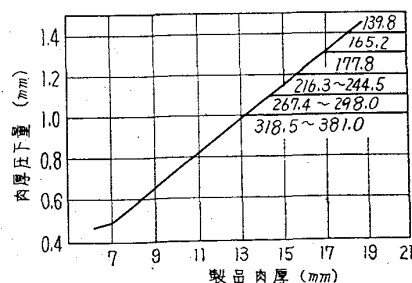


図 3.25 S-2 工場の製品肉厚とリーラー肉厚圧下量との関係

C プラグ・ミルおよびリーラーの作業 プラグ・ミルでは管内面の潤滑が非常に重要な問題で、これによりプラグの損耗を減少し製品品質を向上させることがで

表 3-19 プラグ・ミルの段取 (つづき)

会 社 名		S - 2								Y - 1													
項 目																							
製 品 寸 法	外 径(mm)	114*3				139*8				216*3				381*0				76*3		114*3		165*2	
	肉 厚(mm)	4*5	7*0	5*0	13*0	7*0	20*0	8*0	20*0	3*7	9*7	3*6	18*4	4*4	21*4								
入 口 管 寸 法	外 径(mm)	118	118	143	143	227	226	394	389	88	88	116	116	170	170								
	肉 厚(mm)	7*5	10*0	8*0	16*0	10*0	23*0	11*0	23*0	6*0	12*0	7*0	21*0	8*0	24*0								
	長 さ(mm)	6,450	4,920	5,820	5,200	6,000	5,270	6,100	5,650	5,600	3,900	5,600	3,000	5,600	3,600								
出 口 素 管 寸 法	外 径(mm)	112	112	137	137	219	219	382	379	83	83	112	112	164	164								
	肉 厚(mm)	4*5	7*0	5*0	13*0	7*0	20*0	8*0	20*0	3*5	9*5	3*7	18*5	4*5	21*5								
	長 さ(mm)	11,040	7,230	9,520	6,550	8,770	6,180	9,710	6,620	9,900	5,100	10,700	3,450	10,150	4,100								
外 径 圧 下 量	(mm)	6	6	6	6	8	7	12	10	5	5	4	4	6	6								
	(%)	5*1	5*1	4*2	4*2	3*5	3*1	3*0	2*6	5*7	5*7	3*4	3*4	3*5	3*5								
肉 厚 圧 下 量	(mm)	3*0	3*0	3*0	3*0	3*0	3*0	3*0	3*0	2*5	2*5	3*3	2*5	3*5	2*5								
	(%)	40*0	30*0	37*5	17*9	30*0	13*0	27*2	13*0	41*6	20*8	47*2	11*9	43*7	10*4								
減 面 率	(mm)	41*6	37*2	38*9	20*7	31*6	14*8	29*0	14*0	43*4	23*4	47*5	13*3	44*6	14*5								
内 径 の 変 化	(mm)	0	0	0	0	+2*0	+1*0	-6*0	+4*0	0	0	-2*6	-1*0	-1*0	+1*0								
ロ ー ル 溝 径	(mm)	112	112	137	137	219	219	379	379	83	83	112	112	164	164								
パ ス 回 数		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2								
プ ラ グ 径 (1 パ ス)	(mm)	161	96	125	109	203	177	364	337	74	62	101	71	151	116								
" (2 パ ス)		103	98	127	111	205	179	366	339	75	63	10*3	73	154	119								
プ ラ グ 位 置	(mm)	10	10	10	10	15	15	20	20	26	21	31	26	36	31								
ロ ー ル 圧 下		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1								
入 口 ガ イ ド 穴 径	(mm)	160	160	185	185	265	265	440	440	101*5	101*5	136*3	136*3	186*9	186*9								
出 口 "		40	140	165	165	245	245	435	435	110	110	145	145	190	190								
マ ン ド レ ル バ ー 径	(mm)	89	89	110	101	177	140	298	267	65	53	90	65	130	100								

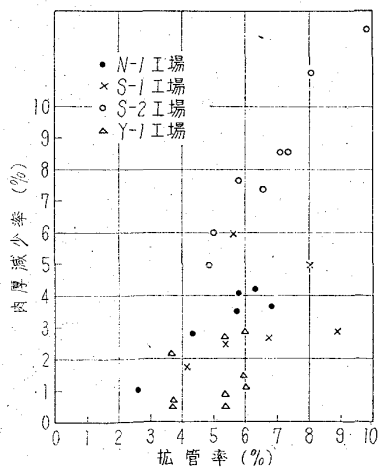


図 3-26 リーラーの肉厚減少率と拡管率の関係

きるが、素材が熱間であること、細長い素管の内面であることなどで潤滑剤の選択と使用方法はむずかしい。一般に潤滑剤としては黒鉛、塩などが用いられるが各社そ

の性状配合などの条件について多くの実験をくりかえしている。したがって各社の条件と経験により標準を決めている。潤滑方法は穿孔素管の管端から適量投入する方法をとっている。リーラーでは一般に潤滑剤は使用していない。

ロールの冷却は表面の肌荒れを防ぐために必要な作業であり、ノズルから水を噴射させて直接ロールカーリーバーにかけている。

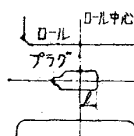
プラグ・ミルのプラグは取り外した時水槽に漬けているが、全然行なっていない工場もある。リーラーのプラグおよびガイド・シューは、入口キャノンにノズルを取付けて冷却するか、またはロール冷却の水でそのまま冷却したりしている。各社のプラグ・ミルおよびリーラーの作業諸元を表3-21に示す。

圧延温度もまた品質に対する影響は大きく、とくに特殊鋼では適正加工温度が狭いので温度管理に注意を要する。普通薄肉管は温度降下が早いので、できるだけ早く

表 3.20 リーラーの段取

会社名		N - 1						S - 1					
項目													
製品寸法	外径(mm)	114.3		139.7		177.8		88.9		114.3		215.6	
	肉径(mm)	5.2	18.0	7.0	20.0	8.1	14.0	3.5	15.0	4.0	20.0	5.0	30.0
入口素管寸法	外径(mm)	117.0	117.0	139.0	150.0	175.0	175.0	90.0	90.0	112.0	112.0	213.0	213.0
	肉厚(mm)	5.4	18.1	7.3	20.1	8.35	14.1	3.5	15.0	4.0	20.0	5.0	30.0
	長さ(mm)	10,400	6,500	10,900	10,600	11,100	11,400	11,800	7,600	13,500	6,900	13,500	6,200
出口素管寸法	外径(mm)	125.0	122.0	147.0	154.0	186.0	185.0	98.0	96.0	121.0	118.0	225.0	222.0
	肉厚(mm)	5.2	17.6	7.0	19.9	8.0	13.6	3.4	14.6	3.8	19.5	4.7	29.5
	長さ(mm)	10,100	6,300	10,700	10,500	10,800	11,100	11,500	7,400	13,200	6,750	13,300	6,100
外径増加量	(mm)	8.0	5.0	8.0	4.0	11.0	10.0	8.0	6.0	9.0	6.0	12.0	9.0
	拡管率(%)	6.8	4.3	5.8	2.6	6.3	5.7	8.9	6.7	8.0	5.4	5.6	4.2
肉厚圧下量	(mm)	0.2	0.5	0.3	0.2	0.35	0.5	0.1	0.4	0.2	0.5	0.3	0.5
	率(%)	3.7	2.8	4.1	1.0	4.2	3.5	2.9	2.7	5.0	2.5	6.0	1.7
ロール間隔	(mm)	117.0	117.0	139.0	150.0	175.0	185.0	91.0	92.0	113.0	114.0	213.0	214.0
ロール平行度(出口側の開き角度または寸法)		1°	1°	1°	1°	1°	1°	4.5/1,000	2.5/1,000	4.5/1,000	2.5/1,000	4.5/1,000	2.5/1,000
プラグ径	(mm)	108	84	126	113	161	149	85	63	106	74	206	158
	位置(mm)	80	80	80	80	80	80	90	90	90	90	90	90
ガイドシュー間隔	(mm)	132	132	153	165	190	190	105	100	125	122	230	226
パスセンター高さ	(mm)	-6	-6	-6	-6	-6	-6	+4	+1.5	+1.5	0	+2	0
圧下電流(電力)	Amp	250	400	300	500	350	450	300	500	350	500	350	550
	A												
入口ガイド穴径	(mm)	152	152	178	178	203	203	115	115	145	145	280	280
出口	(mm)	153	153	178	178	229	229	115	115	145	145	280	280
マンドレルバー径	(mm)	96	77	115	108	140	140	65	55	85	65	160	140

注 プラグ位置の表わし方は図のとおりとする。



リーラーまでの圧延を終るようにし、厚肉管ではあまり高温でリーリングを行なうと内面アバタが発生しやすくなるので、リーラー前面で待つて温度調整を行なうことがある。一般に温度条件の厳しいのは、穿孔作業であるので穿孔温度を管理することによりそれ以後の温度は決まってくる。圧延温度の代表例を表3.22に示す。

3.4.3 技術事項

A 特殊製品 プラグ・ミルおよびリーラーにおける特殊製品の問題として、薄肉管厚肉管の製造限界と特殊鋼管の圧延がある。薄肉、厚肉の限界としては、モーター容量、スタンド各部の強度およびマンドレル・バ

ーの強度など設備的な限界と、アバタ、腹切れなど品質上の問題があるので、はつきりとした限界を表わすことはむずかしい。薄肉では温度降下が早いので腹切れを起こしやすく、また加工度も大きいので耳が出やすく、プラグ・ミルでの頭詰り、リーラーの耳詰りの発生が多くなる。このため素管の運搬はできるだけ早く行ない、プラグの予熱、ロール冷却水を少なくするなどの対策が必要である。実際の寸法としては、製品肉厚/製品外径の比率が、製品外径200以上で2~2.5%、200mm以下で3~3.5%である。とくに薄肉の場合は穿孔条件に支配されることが多い。厚肉はプラグ・ミルではマンドレル・バーの強度が条件になるほかは問題はあまりないが、リー

表 3.20 リーラーの段取(つづき)

項 目		S - 2								Y - 1					
		会社名		S - 2		Y - 1		S - 2		Y - 1		S - 2		Y - 1	
製品寸法	外径(mm)	114*3		139*8		216*0		321*0		76*3		114*3		165*2	
	肉径(mm)	4*5	7*0	5*0	13*0	7*0	20*0	8*0	20*0	3*7	9*7	3*6	18*4	4*4	21*4
入口素管寸法	外径(mm)	112*0	112*0	137*0	137*0	219*0	219*0	382*0	379*0	83*7	83*0	112*0	112*0	164*0	164*0
	肉厚(mm)	4*5	7*0	5*0	13*0	7*0	20*0	8*0	20*0	3*5	9*5	3*7	18*5	4*5	21*5
	長さ(mm)	11,040	7,230	9,520	6,550	8,770	6,180	9,710	6,620	9,900	5,100	10,700	3,450	10,150	4,100
出口素管寸法	外径(mm)	123*0	120*0	148*0	145*0	235*0	230*0	407*0	397*0	88*0	88*0	118*0	118*0	170*0	170*0
	肉厚(mm)	4*0	6*4	4*5	12*0	6*4	18*8	7*4	19*0	3*4	9*4	3*6	18*4	4*4	21*4
	長さ(mm)	10,840	7,050	9,320	6,400	8,570	6,030	9,500	6,560	9,570	4,820	10,400	3,260	9,770	3,950
外径増加量(mm)	11*0	8*0	11*0	8*0	16*0	11*0	25*0	18*0	5*0	5*0	6*0	6*0	6*0	6*0	
拡管率(mm)	9*8	7*1	8*0	5*8	7*3	5*0	6*50	4*8	6*0	6*0	5*4	5*4	3*7	3*7	
肉厚圧下量(mm)	0*5	0*6	0*5	1*0	0*6	1*2	0*6	1*0	0*1	0*1	0*1	0*1	0*1	0*1	
〃 〃 率(mm)	12*5	8*6	11*1	7*7	8*6	6*0	7*5	5*0	2*9	1*1	2*7	0*5	2*2	0*5	
ロール間隔(mm)	112*0	113*0	137*0	136*0	219*0	220*0	383*0	380*0	81*0	81*0	110*0	110*0	162*0	162*0	
ロール平行度(出口側の開き角度または寸法)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
プラグ径(mm)	104	100	128	112	206	182	368	342	76	65	104	75	155	121	
〃 位置(mm)	125	125	165	165	175	175	290	290	35	35	50	50	60	60	
ガイドシュー間隔(mm)	130	130	160	160	245	245	410	410	95	95	125	125	180	180	
パスセンター高さ(mm)	-3	-3	-3	-3	-4	-4	-5	-5	+2	+2	+3	+3	+5*5	+5*5	
圧下電流(電力)	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	kW	A	A	A	A	A	A	
	250	400	300	800	400	800	600	800	20	20	20	20	20	20	
入口ガイド穴径(mm)	150	150	175	175	260	260	438	438	110	110	140	140	180	180	
出口 〃 (mm)	150	150	175	175	260	260	445	445	110	110	140	140	180	180	
マンドレルバー径(mm)	89	89	114	101	177	140	298	267	65	60	80	70	100	100	

ラーでは設備的に拡管量の制限を受け、また温度が下らないので内面アバタが発生しやすく、その対策としてプラグ・ミルのプラグ径を計算値より2~3mm大きくしたり、リーラー前で温度調整を行なったりしている。外径別の肉厚限界は大体表3.23となる。特殊鋼の圧延では熱間の変形抵抗が大きく、リーラーで内面筋が消え難いので、素管の温度はできるだけ下げないようにし、またプラグ・ガイドシューの摩耗が大きいので新品を使用し取替えを早目に行なう。

プラグ・ミルの潤滑には食塩が多く使用されている。

B プラグ・ミルの荷重測定 プラグ・ミルの圧延においては圧延荷重、トルク、およびマンドレル・バーに対する軸荷重の三つの力が主として作用し、これらの値を知ることはプラグの耐用度および形状、マンドレル・バーの振動および挫屈、ロール軸の強度、圧延動力の余力、潤滑剤の性能、圧延作業の解析などに関する基礎

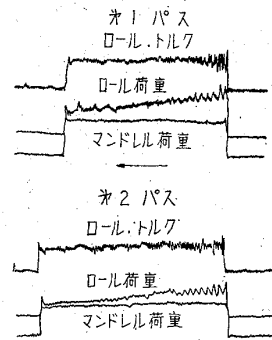


図 3.27 プラグミル 荷重測定
オシログラフの1例

的研究の上に重要なことである。

ワイヤー・ストレイン・ゲージの取付けは、圧延荷重には圧下スクリュエの下部先端ブロック、圧延トルクには駆動軸に取り付けたスリップ・リングで接続し、マン

表 3.21 プラグミルおよびリーラーの作業

工場名		N - 1		S - 1	
項目	潤滑剤	種類	適用管種	種類	適用管種
プラグミル	()は配合の割合	黒鉛+塩 (7:3)	全管種	ソーダ灰	ステンレス鋼以外のすべての第1パス
	食塩			ステンレス鋼の第1,2パス	
	ソーダ灰+黒鉛 (3:7)			主にサイザー仕上品の第2パス	
	ソーダ灰+黒鉛 (5:5)			主にレデューサー仕上品の第2パス	
ロール冷却水 (圧力および使用量)	6 kg/cm ²	10 t/hr	2 kg/cm ²	5 t/hr	
プラグ冷却方法	淡水槽に水槽に浸漬		黒鉛混ぜた水槽に浸漬		
リーラー	ロール冷却水 (圧力および使用量)	6 kg/cm ²	5 t/hr	2 kg/cm ²	5 t/hr
	プラグ冷却方法	入口キャノンに取付られたノズルにより散水		ロール冷却水の流下. 飛散を利用	

表 3.21 プラグミルおよびリーラーの作業 (つづき)

工場名		S - 2		Y - 1	
項目	潤滑剤	種類	適用管種	種類	適用管種
プラグミル	()は配合の割合	土状黒鉛+食塩 (7:3)	全管種	木炭	合金鋼以外のサイザー仕上品
	木炭+塩 (7:3)			合金鋼以外のレデューサー仕上品. その他ボイラー用鋼管合金鋼, ステンレス鋼など	
	食塩				
ロール冷却水 (圧力および使用量)	1.5~2.0 kg/cm ²	18 t/hr	1.0~1.5 kg/cm ²	2.4~3.0 t/hr	
プラグ冷却方法	受皿に入れ, ゴムホースで散水		行なわない		
リーラー	ロール冷却水 (圧力および使用量)	1.0~1.5 kg/cm ²	8 t/hr	1.0~1.5 kg/cm ²	1.5~2.1 t/hr
	プラグ冷却方法	入口キャノンに取付けられたノズルにより取水		行なわない	

表 3.22 プラグ・ミル, リーラーの圧延温度

項目	外径×肉厚 mm	圧延温度(°C)			項目	外径×肉厚 mm	圧延温度(°C)		
		炭素鋼	フェライ ト系 合金鋼	オーステ ナイト系 合金鋼			炭素鋼	フェライ ト系 合金鋼	オーステ ナイト系 合金鋼
プラグ・ミル	89.1×4.2	940~1,000	950~990	940~980	リーラー	89.1×4.2	700~760	710~750	700~740
	" × 7.6	980~1,040	880~1,030	970~1,010		" × 7.6	840~900	850~890	770~810
	" × 11.1	1,010~1,070	1,020~1,060	1,000~1,040		" × 11.1	890~950	900~940	820~860
	139.1×4.5	950~1,010	960~1,000	950~990		139.1×4.5	730~790	740~780	720~760
	" × 9.5	990~1,050	1,000~1,040	980~1,020		" × 9.5	810~870	820~860	730~770
	" × 13.9	1,020~1,080	1,030~1,070	1,010~1,050		" × 13.9	860~920	870~910	810~850
	216.3×5.8	970~1,030	980~1,020	970~1,010		216.3×5.8	760~820	770~810	750~790
	" × 12.7	1,010~1,070	1,020~1,060	1,000~1,040		" × 12.7	810~870	820~860	790~830
	" × 23.0	1,40~1,110	1,050~1,090	1,030~1,070		" × 23.0	900~960	910~950	880~920

表 3-23 外径別肉厚限界 単位: mm

製 品 外 径	肉 厚 限 界
88・9	3・0 ~ 10・0
101・6	3・0 ~ 18・0
114・3	4・0 ~ 20・0
127・0	4・0 ~ 20・0
139・0	4・5 ~ 23・0
152・5	4・5 ~ 25・0
165・2	4・5 ~ 30・0
177・8	5・0 ~ 30・0
216・3	5・0 ~ 32・0
219・1	5・0 ~ 32・0
267・4	6・0 ~ 33・0
355・6	7・0 ~ 42・0

ドレル荷重にはマンドレル・バーに直接取付けている。測定結果の1例を図3-27に示す。

負荷の状態は圧延荷重, トルク, マンドレル荷重とも素材の噛込みのときに一時的に大きな値をとるが, それ以後はほぼ直線的に低減する。この減少の勾配は圧延荷重が最大で, つぎにトルク, マンドレル荷重の順になっている。これらの荷重の関係は, 素管とロールまたはプラグの接触部における圧力は一様に分布し, また摩擦力はプラグと素管の接触部では管の前進を妨げる方向は, ロールと素管の接触部ではその逆の方向に作用するものと仮定するとつぎのような関係になる。

$$\pi\mu_1 = T/P \cdot R$$

$$P_S/P = \pi(\mu_2 + \tan\theta)$$

T : 圧延トルク θ : プラグ傾斜角

P : 圧延荷重 μ_1 : プラグと素管の間の摩擦係数

R : ロール半径

P_S : マンドレル荷重 μ_2 : ロールと素管の間の摩擦係数

したがって P, T, P_0 が実測できると μ_1, μ_2 は算出できる。上式を用いて実測値より計算すると μ_1 は 0・1, μ_2 は 0・02 程度となる。

これらの諸荷重に対する潤滑剤の影響について実験した数例の傾向はつぎのようになる。

潤滑剤なし, ソーダ灰, 食塩の三種類の比較実験ではソーダ灰, または食塩を使用するとマンドレル荷重は減少し, 食塩の場合はとくに管材の全長にわたって減少している。また別に潤滑剤なし, 塩+黒鉛, ソーダ灰の3種類の実験では塩+黒鉛の摩擦係数が少ないという結果が出た。しかしいずれの場合もその差は僅少であるのでまだ最終的な結論は出るに至っていない。

各工場で条件が異なるので直接比較することはできないが, 各荷重の測定値を表3-24に示す。

表 3-24 プラグ・ミル荷重測定例の1例

管種, 寸法 (mm)	項目	パス	ロール荷重 t	マンドレル荷重 t	ロールトルク t×m
SGP 60・5×3・8		1	70~90	12~20	7~9
		2	40~55	9~15	4~6
SGP 165・2×5・0		1	80~150	6~8	11~22
		2	80~140	5~7	10~20
J. CS 139・7×6・2		2	40~60	6~10	

3・5 ピルガー・ミル

ピルガー・ミルは, ピアサーで穿孔された厚肉の素管を, 特殊なカリバー形状の上下ロールと長いマンドレルとの間で製管する圧延機で, 加工度が非常に大きいのが特徴である。プラグ・ミルとの比較をするとつぎのとおりとなる。

① ピルガー・ミルはロール1回転ごとに厚肉素管を回転鍛造により薄肉管に仕上げて行くので, 加工度が減面率でプラグ・ミルの3倍前後もある。したがって穿孔における素材の条件はプラグ・ミルより厳しくない。しかし能率は低い。② 製品寸法を変更する場合, 段取り替えが比較的簡単で小量多品種の生産には有利である。

③ プラグ・ミルにおけるプラグ・マークのごとき疵はないがリダクションが大きいいため外面はプラグ・ミルより若干劣る。

そのほか運転に熟練を要するなどの問題があるが, 歴史的経済的背景もあり, ヨーロッパに多く設置されており, わが国では1基が稼働している。以下その1基のあるN~2工場について説明する。

3・5・1 設備概要および作業

ピルガー・ミルの本体関係の機構は, 材料の進む方向が逆であることを除けば普通の二重圧延機と大体同じである。

ピルガー・ミルにおいては, 以上のスタンド関係のほか, 素管をロールに喰込ますためのフィーダーとマンドレルを1本ごとに交換するマンドレル交換装置が必要である。

フィーダーはスタンド前面にあるフレームに取付られたガイドレールの上に設置され, 80 kg/cm² の水圧シリンダー2本により前後進する。フィーダーはマンドレルのク

クッションの作用を行なうエヤシリンダーを持ち、そのピストンにはロール1回転にマンドレルを90°回転させるスパイラルスピンドルが接続され、その先端にマンドレルが取付られている。

マンドレル交換装置はフィダーの横に置かれ4~6本1組のマンドレルを管1本ごとに取り替えて海水槽による冷却後、再びマンドレルをフィダーのロッカーに挿入する動作をおこなっている。ピルガー・ミルの設備諸元を表3・26は示す。

ピルガー・ミルの機構における改善の余地は、すでに新しい設備には実施されているように、フィダー前進量

の正確安定化、マンドレルの前進停止を正確にするためのウォーター・クッション、マンドレルの回転角度を任意の角度で正確に作動する装置などすべての動作機構を確実にしないかつ自動化して行く方向に進んでいる。

ピルガー・ミルの段取りの代表例を表3・27に示す。外径圧下は肉厚にかかわらずカリバー形状によりほぼ一定で80~120mm程度である。これより大きくても小さくとも圧延作業とくに喰込作業が円滑に行かない。

肉厚はマンドレル・交換のみで行ない、厚肉にはとくに制限がないが、薄肉では腹切れを起こすので製品外径の2~2.5%程度が限度である。

圧延温度は、圧延時間が1~2.5分程度であるので、穿孔素管の内面温度で1,250~1,330°Cと高くしている。これが圧延直後では750~900°Cとなる。

作業人員はフィーダー・エヤ圧力調整ハンドル1名、マンドレル交換装置運転2名、素管運搬車運転および前面諸シリンダー操作1名、ピルガー運転1名交代要員2名

表 3・26 ピルガー・ミル設備諸元

項 目		N-2 工 場
機 械 の メ ー カ ー		デ マ ー グ
ス タ ン ド の 型 式		閉頭式単スタンド
本 ル	直 径(最大~最小)mm	900~600
	胴 長 mm	650
	回転数(最大~最小)mm	65'0~43'5
	素管径(最大~最小)mm	419'0~168'0
モ 1 電 タ 出	メ ー カ ー (V)	富 士 電 機
	電 源 (V)	D・C 600
	力(kW)	1,500
減 速 比	減 速 比	1:1
	フ ラ イ ホ イ ル 径 (mm)	8,500
	ロ ー ル 軸 受	砲 金
調 整 機 構	上ロール支持方法	水圧シリンダー
	圧下スクリューの操作	電動式(インジケーター付)
下ロール上下調整		ライナー
セルフティー・ブロック		あり
前面テーブル長さ実長(有効長)mm		3,600 (3,200)
後面テーブル長さ実長(有効長)mm		24,500 (23,000)
フ イ ダ ー	前 後 進 装 置	80/kgcm ² 水圧シリンダー2本による
	マンドレルの往復装置	5kg/cm ² のエヤによる空気シリンダー
	" の 前 進 停 止	エア・クッション
" の 回 転		スパイラルスピンドル
マ 交 換 装 置	型 式	電 動 け ん 垂 式
	モ ー タ ー	A・C 30kW
	マンドレルのキックアウト	水圧シリンダーで作働するレバーによる
	" の 冷 却	海水槽に入れる

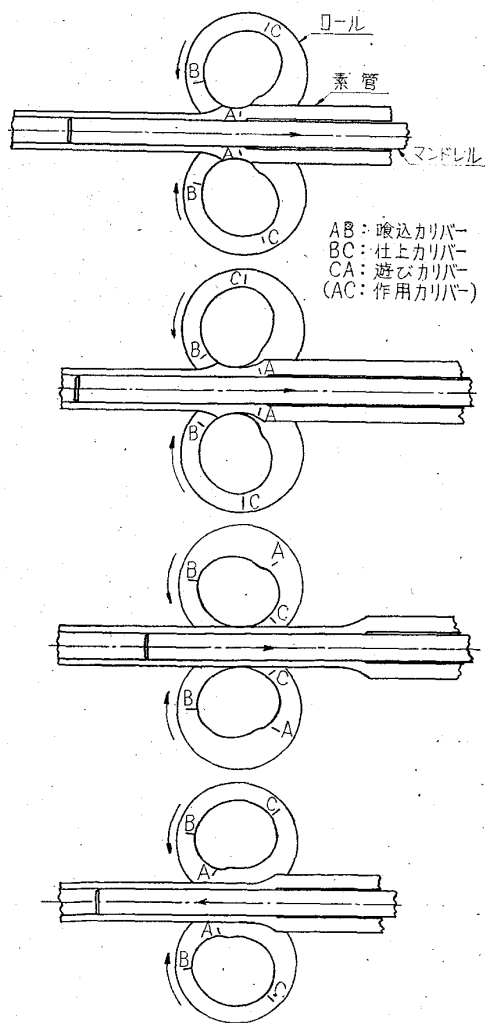


図 3・28 ピルガー・ミル圧延機構

表 3-27 ビルガー・ミルの段取代表例

項 目		N — 2					
製 品 寸 法	外 径(mm)	318・5		267・4		216・3	
	肉 厚(mm)	6・9	25・0	6・6	20・0	5・8	15・0
入 口 素 管 寸 法	外 径(mm)	440	440	390	380	310	305
	肉 厚(mm)	62・5	79・5	60・5	67・5	42・5	50・5
	畑 さ(mm)	1,860	2,100	2,010	2,030	2,100	2,660
出 口 素 管 寸 法	外 径(mm)	324・4	324・4	273・0	273・0	221・2	221・2
	肉 厚(mm)	6・9	25・0	6・6	20・0	5・8	15・0
	長 さ(mm)	20,000	8,300	22,600	8,500	19,100	11,000
外 径 圧 下 量	(mm)	115・6	115・6	117・0	117・0	88・8	88・8
	(%)	26・3	26・3	30・0	30・8	28・6	29・1
肉 厚 圧 下 量	(mm)	55・6	54・5	53・9	47・5	36・7	35・0
	(%)	89・0	68・6	89・1	70・4	86・4	70・0
減 面 率 (%)		90・7	74・0	91・1	76・1	89・0	75・7
ロ ー ル 溝 径(mm)		326	326	275	275	223	223
マ ン ド レ ル 径(mm)		309	274	258	242	208	190

の計7名が配置されている。

潤滑剤は、マンドレルに黒鉛と水を混ぜたものを刷毛で塗付けている。内面にアバタが発生したときは穿孔素管に黒鉛を投入している。またロールにスケールが付着するようときは、黒鉛をロールと素管の間に水と混ぜて吹付けることもある。ロール冷却は 2.5 kg/cm^2 の淡水を上下ロールおのおのノズルから噴射し、その使用量は 12 t/hr 程度である。

3.5.2 技 術 事 項

ビルガーミルにおいて能率および製品品質に大きく影響するのはロールのカリバー形状である。ビルガー・ミルの圧延機構は、図3-28に示すごとく、カリバー円周の約半分が作用カリバーで、残りは素材とカリバーが接触しない遊びカリバーとなつている。カリバー形状が不適當であると種々の加工疵が発生する。その代表例を表3-28に示す。これらの加工疵はいずれもカリバー形状を各圧延素管の外径・肉厚に対し適切なカリバーを選ぶことにより防止できる。

N-2 工場で使用しているカリバーの喰込部の展開図を図3-29に示す。この喰込カリバーのカーブに対しては、以前から諸外国で多く研究がなされ、放物線、双曲線が発表されているがいずれも図式解析により求めているもので定用にさいして修正を加えている。図3-30に示

表 3-28 ビルガー・ミルによる加工疵の代表

疵の名称	疵の特 徴	発 生 原 因
耳 切 疵	圧延の喰込側管端より約2m以内に発生する。管外面に葉状にラップするか、それがはがれて凹んで疵である。	圧延の喰込時ロール回転と素材の推進とのタイミングが合わないときに発生し、喰込カリバーの急なものに発生しやすい。
水 圧 疵	外面に一定の間隔を持ち、対向的に発生する笹葉状の凹みである。	ロール1回転あたりの推進量が大きすぎ、 90° 回転して次の圧延を行なっても前回の耳部が加工しきれず残ってしまうもので、喰込カリバーがゆるく作用カリバーが短いものに多い。
内 段	内面に一定間隔で 90° ずつ千鳥状に発生する段である。	ロール1回転あたりの推進量が大きすぎたときとか、カリバーが磨耗したときは、1回の加工量をこなさず外段となったものがサイザーで内面に出る。喰込カリバーがゆるく作用カリバーが短いものに多い。

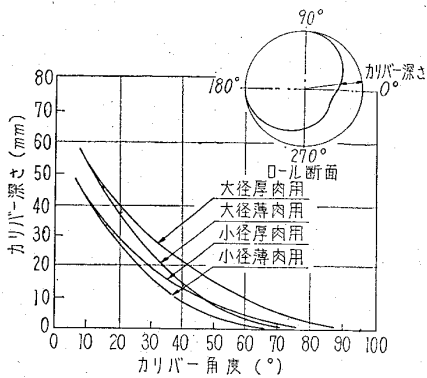


図 3.29 ピルガー・ロール・カリバー
喰込部展開図

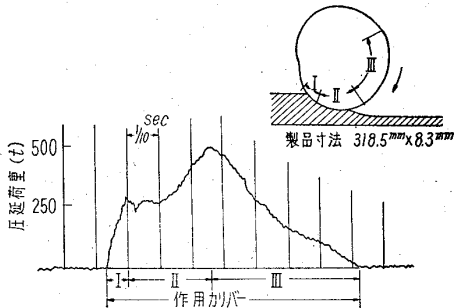


図 3.30 ピルガー圧延荷重のオンログ
ラフ 1

したのも経験的に漸次改善を加えてきたもので、現在でもさらに検討を重ねている。最近歪計による荷重測定および記録装置の発達により、この方向からカリバー形状の研究が始められてきた。N-2工場で行った測定結果の1例を図3.31に示す。これを見ると圧力分析の曲線すなわち荷重波形に、作用カリバーを3つの主要部分に区分することができる。第1部分は喰込みおよび絞り期間に相当し、圧力が零から急激に増大することが特徴となっている。圧力の急激な増大は接触面が大きくなったことによるものである。第2の部分は残余の喰込部で行なう圧下部に相当するところである。この部分の初めには荷重の上昇はゆるやかになり、その後再び上昇して最大値に達する。この最大値喰込部が仕上げ部に移行するところに相当する。第3の部分は最大値から零までの荷重の低下部であつて材料の転位した体積がここで圧延される仕上げカリバー部に相当する。第2の区分の末端に大きなピークがあるこの種のピークはあまり良い状態ではない。その理由は、ピーク圧力は圧延機の過負荷を生じ、1回の送りを小さくすることすなわち圧延機の能率の低下をきたすことになる。そのほかピーク圧力はロールの局部的摩擦をもたらしその寿命を低下する。したが

つてこの場合、このサイズに対してはさきに第2部分の圧力が均等になるように研究する必要がある。

3.6 サイザー、レデューサー、再加熱炉

熱間圧延の最終工程としての定径、もしくは絞り圧延工程は、製品の寸法精度、表面状況などの品質特性を左右する重要な工程である。したがって機械自体の剛性、ロールの調整方法などは逐次改善されている。剛性の面では、たとえばサイザーのロールネックベアリングは、ローラーベアリングに変えられ、またロール調整方法についても、レデューサーでは特殊旋盤によりスタンドにロールを組込んだままキャリバーを切削し、圧延のさいには調整不必要のものがある。さらにまたストレッチレデューシングの導入と素管の大径化によつて生産能率の向上を計り、他方組替時間の短縮のためスタンド組替装置をもつたレデューサーも稼動を開始して、品質の向上とともに生産性の向上にも努力が払われている。

3.6.1 設備の概要

A サイザー

(a) 機械の諸元 サイザーは現在ほとんどが5~7スタンドの2ロールストラドル型式のもので、連続的に外径を絞つて行くが、圧延のさい管軸方向に引張りはかけず、シンキングサイジングを行なっている。特殊な例としてはピルガーミル工場の1スタンドのサイザーで往復数パスの後仕上げるものもある。表3.29は現在各社で稼動中のサイザーの諸元一覧である。

(b) 機械の構造およびセッティングの機構 2ロール、ストラドル型のサイザーは、一般に水平面に対し45°傾けてあり相隣のスタンドは互いに90°ずつ傾いている。モーターは通常1つで側軸からベベルギヤを経て各スタンドに動力を伝えている。各スタンドのロール回転数は、すべて同一の場合と、各スタンドごとにベベルギヤ歯数比を変えて回転数を変えている場合とがある。スタンド間の圧延速度差は、前者はロール直径を変えており、後者の場合は一定である。

(c) ロール保持機構 (N-1工場の場合) 図に3.31示すごとくハウジングに軸受を取付けたロールを組込んで、ハウジングを本体にボルトで締めつける。締めつけ点は図の①②である。ロールは軸受に組込まれ、ボルト③にて、スプリングを通じて固定される。④は圧下スクリーンであつて、ベアリングショックと圧下スクリーンの間にブレーカーブロックが入る、ロールの軸方向

表 3.29 サイザー 諸元一覽表

項 目	N-1工場	N-2工場	S-1工場	S-2工場	Y-1工場
モーター型式	同期電動機	誘導電動機	誘導電動機	誘導電動機	誘導電動機
容 量	D.C 3,150 V. 373 kW	A.C 3,300 V. 164 kW	A.C 3,300 V. 270 kW	A.C 3,000 V. 373 kW × 2台	224 kW
回 転 数 (r.p.m)	500	485	585	580	490
減 速 比	9.95 : 1	12 : 1	16 : 1	10.8 : 1	8.33 : 1
メーカ	富士電機	三菱電機	東 芝	三菱電機	明 電 舎
サイザー型式	2ロールストランド型	2ロールストランド型	2ロールストランド型	2ロールストランド型	2ロールストランド型
スタンド数	7	1	7	5	7
スピンドルピッチ (mm)	1,067	—	1,100	1,350	914.4
ロール径 (mm)	504 ~ 440	800 ~ 680	520 ~ 460	700	419.1 ~ 342.9
ロール幅 (mm)	330.2	275 ~ 450	400	400/500	215.9
ロール回転数 (r.p.m)	52.6	40	36.5	32.5 ~ 34.0	58.8
仕上外径 (mm)	219.1 (177.8) ~ 101.6	410 ~ 170	(244.5) 130 ~ 82.6	381.0 ~ 101.6	168.3 ~ 76.3
肉厚 (mm)	30 ~ 3.2	50 ~ 5.8	30 ~ 3.2	36.0 ~ 3.8	18.0 ~ 3.5
吐出速度 (m/sec)	1.1 ~ 1.0	1.4 ~ 1.0	0.9 ~ 0.7	1.2 ~ 1.0	1.13 ~ 0.93

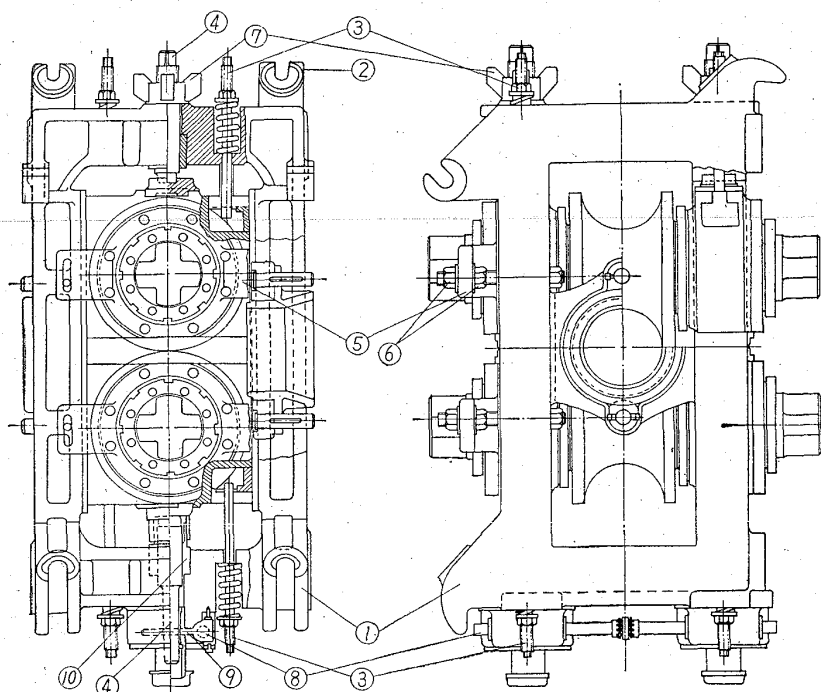


図 3.31 サイザー・スタンド組立側面図および断面図

はベアリングジョックから出ているアーム⑤と調節ナット⑥でハウジングに固定する。

(d) 圧延温度 圧延仕上げ温度は、管の機械的性質を左右するとともに、サイザーセッティングが同一であ

れば製品寸法にも影響を及ぼす。したがって圧延する管の材質、寸法および製品の使用目的などによって適当な圧延温度を選ばねばならない。表3.30は鋼種別寸法別の圧延温度である。

B レデューサー

(a) 機械の諸元 小径管の製造には古くからレデューサーが用いられていたが、ここ数年の間に各社で設備の更新が行なわれ、新しいストレッチレデューサーが稼動に入っている。これは圧延段取りにより各スタンドの回転速度を任意に変え得るもので、そのために各スタンドを別個の直流モーターで駆動するものや、油圧機構によって変速できるものなどがある。

表3.31に各社のレデューサー諸元をまとめたが、写真3.4~3.5はそれぞれN-1工場、S-1工場のストレッチレデュー

サーである。

(b) 機械の構造およびセッティングの機構 2ロールオーバーハング式 (N-1工場) についてのべるとロールは図3.32のごとく、スピンドル①にテーパスリー

表 3.30 サイザー 圧延温度 (°C)

材 質	外 径 (mm)		101.6		114.3		139.8		165.2		216.3		318.5	
	4.2	11.1	4.2	12.7	4.5	13.5	4.5	15.9	5.0	18.2	5.8	23.0	6.9	33.3
低 炭 素 鋼	770 ~810	630 ~670	780 ~670	640 ~680	800 ~820	650 ~700	860 ~900	650 ~700	870 ~920	600 ~700	650 ~750	600 ~700	650 ~750	
高 炭 素 鋼	770 ~810	630 ~670	780 ~670	640 ~680	800 ~820	650 ~700	860 ~900	650 ~700	870 ~920	600 ~750	650 ~750	600 ~750	650 ~750	
フェライト系合金鋼	770 ~810	630 ~670	780 ~670	640 ~680	800 ~820	650 ~700	860 ~920	650 ~720	870 ~940	600 ~750	650 ~800	600 ~750	650 ~800	

表 3.31 レデュースー諸元一覧表

		N-1工場	S-1工場	Y-1工場
モーター	型 式	直 流 分 巻	交 流 誘 導	E-ERO
	容 量 (kW)	112	1,000	} 75 kW × 1 } 71 kW × 2 } 30 kW × 1
	台 数	14	1	
	回 転 数 (r.p.m)	1,000~500	900	
	減 速 比	9.374 : 1 4.860 : 1		2.4 : 1
製 作 会 社 名		富 士 電 機	明 電 舎	明 電 舎
本 体	型 式	2ロールオーバーハン グ単独駆動	3ロール両端支持	4ロール片持式
	ス タ ン ド 数	14	24	15
	ス タ ン ド 間 隔 (mm)	317.5	290 (1~6スタンド) 300 (6~24 ")	300 240
	ロ ー ル 径 (mm)	303.3	330	
	ロ ー ル 内 径 (mm)	108	160	
	ロ ー ル 幅 (mm)	158.7	125 135	78 70
	回 転 数 調 整 法	モーター速度調整	油圧機構 + 差動歯車	—
	回 転 数 調 整 範 囲 (r.p.m)	206 ~ 53.4	基礎回転数 ± 28%	—
稼 動 開 始 年 月	昭 和 33 年 2 月	昭 和 36 年 3 月	昭 和 13 年 6 月	
設 計	エトナススタンダード	マンネスマンメーア	デ マ - グ	
製 作	エトナススタンダード	マンネスマンメーア	デ マ - グ	
素 管	外 径 (mm)	114.3	130 ~ 89	88 ~ 48.6
	肉 厚 (mm)	12.0 ~ 3.2	12.0 ~ 3.5	7.2 ~ 3.2
仕 上 げ	外 径 (mm)	89.1 ~ 38.0	89.1 ~ 34.0	76.2 ~ 27.2
	肉 厚 (mm)	11.0 ~ 3.2	12.0 ~ 3.2	6.5 ~ 2.7
	噛 込 み 速 度 (m/sec)	0.95 ~ 0.65	0.94 ~ 0.53	0.62
	吐 出 速 度 (m/sec)	2.6 ~ 1.0	4.2 (max)	2.35 ~ 1.06
	最大 Total dia reduction	66.7	74.0	61.3
	最大 Total wall reduction	26.0	38.0	15.4

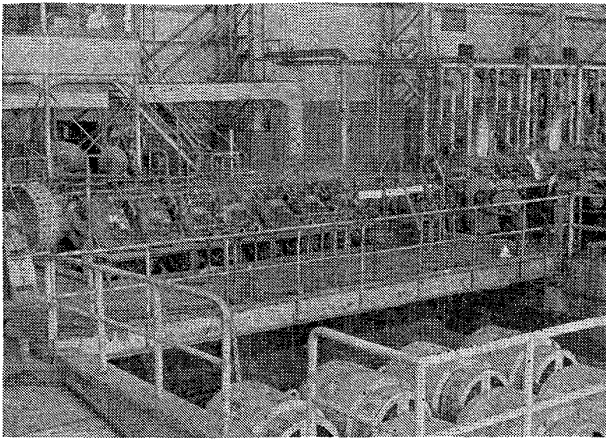


写真 3.4 N-1 ストレッチレデューサー

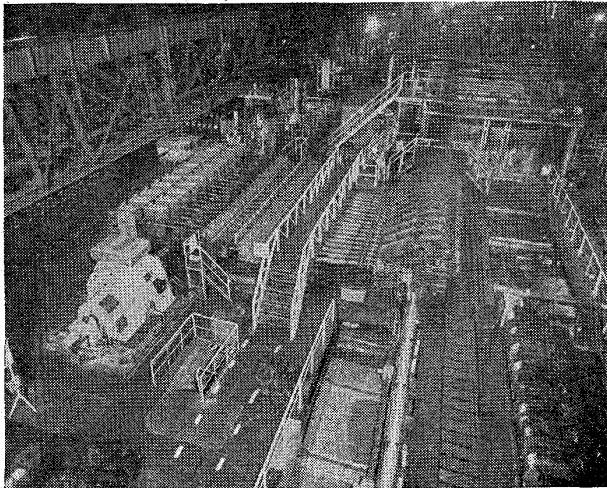


写真 3.5 S-1 ストレッチレデューサー

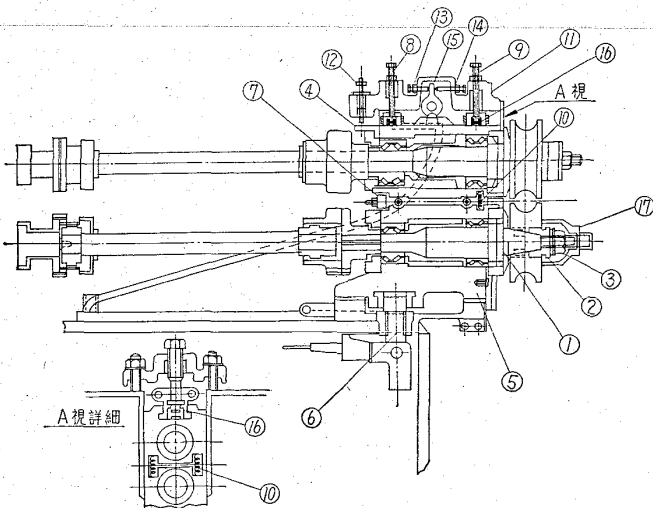
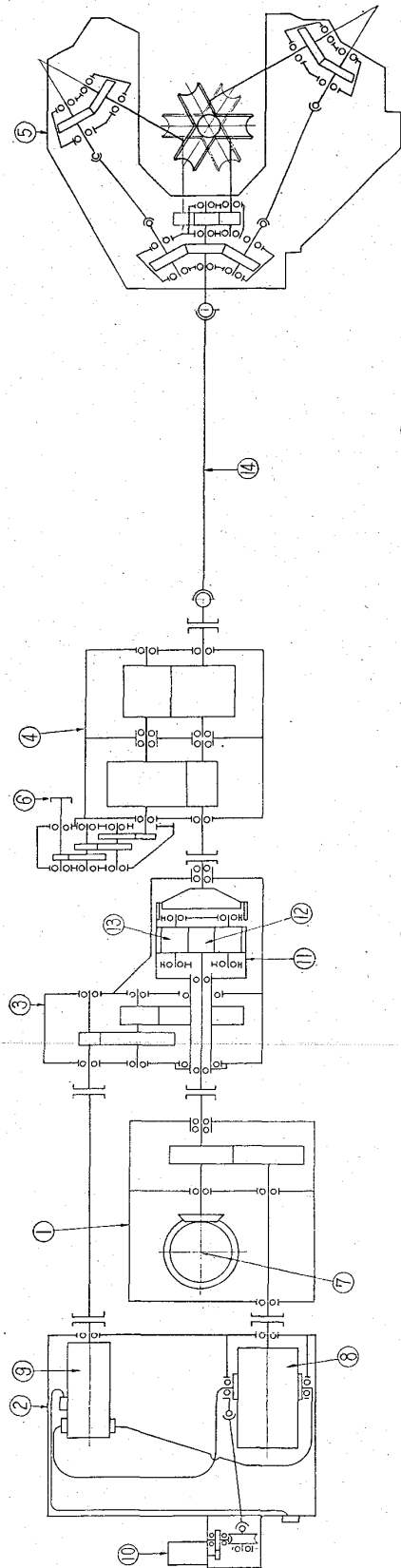


図 3.32 レデューサー・ロール・スタンド

ブ②を通した後にはめこんでナット③で締めつける。スピンドルはテーパローラーベアリングをはめてカートリッジ④⑤に組込む。下カートリッジは偏心シャフト⑥で軸方向に調節し、コッター⑦で固定する。上カートリ



ヤ
ギ
大
ビ
プ
カ

⑪ ⑫ ⑬ ⑭
回
メ
油
油
油

① ② ③ ④ ⑤
ベ
ト
デ
リ
ス

図 3.33 3 ロール ストレッチレデューサー駆動機構説明図

ッジは下カートリッジの上にスプリング⑩をはさんでのせ、プレーカブロック⑮、調整ボルト⑧⑨を介してカバー⑪により本体に締めつける。ロールの調整は半径方向にはボルト⑧⑨⑫で行ない、軸方向はボルト⑬⑭によ

りレバークラム⑤を動かして行なう。回転数の調整は静止レオナード方式である。

3ロール式(S-1工場)についてのべると図3-33のごとく主電動機からの動力は各スタンドごとにベベルギヤで取り出されるが、さらにスパーギヤにより下側に取り出された回転がアクシアルプランジヤーポンプをまわして圧力油を上側の同型式の油圧モーターに供給する。油圧モーターからの回転とベベルギヤボックスからの回転が差動ギヤボックスで合成され、減速機を経てスタンドに供給される。速度の変換は油圧ポンプの傾斜を変化させて油の吐出量を変化せしめ油圧モーターの回転を正負に変化するものである。減速機よりユニバーサルスピンドルを経て、スタンドフレームに入つた回転はベベルギヤとユニバーサルスピンドルにより三方向にわけられる。さらにロールへはギヤカップリングを用いて連結するが、上下のギヤカップリングは油圧で着脱するようになっている。

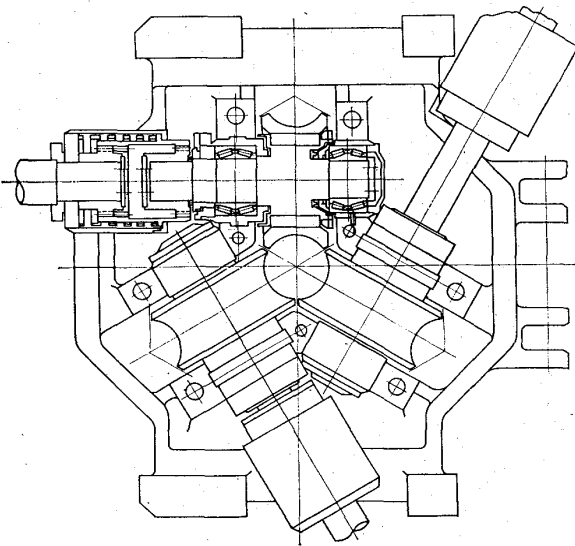


図 3-34 ロール型レデューサーロールスタンド

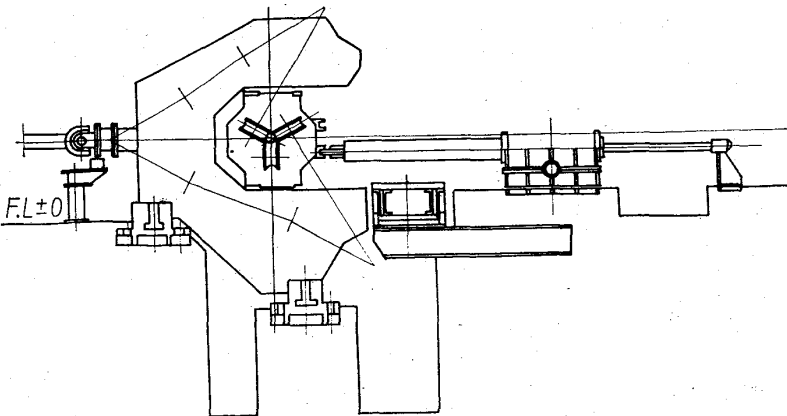


図 3-35 レデューサー組替装置

ロールスタンドは、図3-34のごとく、鋳鋼製のフレームに3個のロールを納めたものでロールはスタンドに組込んだまま特殊専用旋盤で切削するので圧延にさいしてはロール調整は行なわない。

なお、この機械には図3-35のごとき油圧駆動のレデューサー組替装置がついている。

(c) 圧延温度 レデューサー圧延温度の一例は表3-32のごとくである。

C 付属設備

(a) 再加熱炉 ストレッチレデューサーの導入に伴い、素管は大径、長尺化され、従来の傾斜炉による人力転送は不能となり、再加熱炉も管転送の機械化がとり入れられると同時に素管の均一加熱に注意が払われるようになった。

表3-33に再加熱炉諸元をまとめてある。

図3-36はS-1工場のウォーキングビーム型再加熱炉の断面概略図である。パイプはビーム表面のポケットを右から左へ送られるが固定ビームと移動ビームの位相をずらしてあり、パイプは移送と同時に少しずつ回転するようになっている、他の型式としてはバレル炉と傾斜炉床式とがあるが、写真3-4に見られるのがバレル炉で管は軸方向に進行中に急速に加熱される。

(b) デスケーリング装置 デスケーリング装置を用いているのはS-1工場のみで、これはスプレーノズルを8個放射状に並べ、パイプ表面に対し 20° 傾けてセットしたものをレデューサー入口に据えつけ、70気圧の圧力水を用いている。

(c) 出口テーブル 従来レデューサー仕上げの管長さは大略30mくらいであつたものが新設備の稼動によつて50~60mの長尺管が圧延できるようになった。したがつてこのパイプの処理は迅速かつ正確に行なう必要があり、出口コンベアも高速化および自動化がとり入れられている。

表3-34に各社の出口コンベア能力諸元をまとめ、図3-37に一例としてS-1工場のコンベア断面図を示す。

D 特殊設備、熱牽機 特殊な仕上げ方としてリーラー仕上げの素管を一度冷却し片端をつぶして掴みを作り、再加熱して熱間引抜を行なう方法がある。この場合外径のみを落し、内面に芯金を用いない。この方法は能率は悪いが特殊寸法の少量生産の場合にはサイザロールを用意するより有利となる。表3-35に熱牽機の一覧を示した。

表 3.32 レデュースャー圧延温度 (°C)

材 質	外径 (mm)	42.7			48.6			60.3		
		肉厚 (mm)			肉厚 (mm)			肉厚 (mm)		
		3.5	4.9	6.4	3.5	5.1	7.1	3.8	5.5	8.7
低 炭 素 鋼		660~700	700~740	720~760	660~700	720~760	740~780	680~720	720~760	780~820
高 炭 素 鋼		660~700	700~740	720~760	660~700	720~760	740~760	680~720	720~760	780~820
フェラライト系合金鋼		660~700	700~740	720~760	660~700	720~760	720~760	680~720	720~760	780~820

表 3.33 再 加 熱 炉 一 覧 表

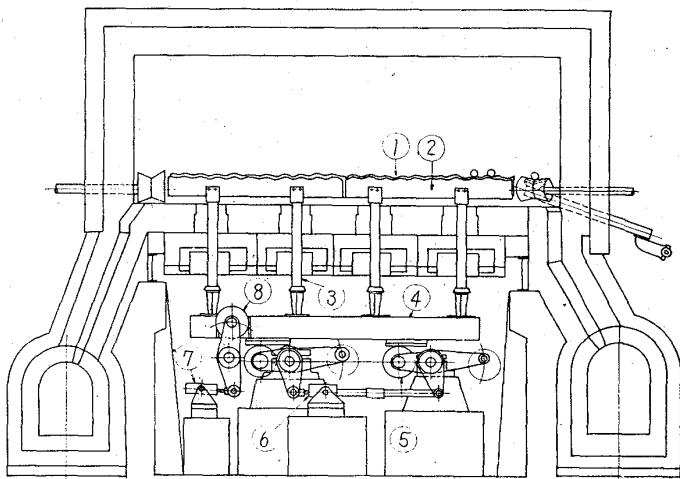
	N-1工場	S-1工場	Y-1工場
型 式	バ レ ル 型	ウォーキングビーム型	傾 斜 炉 床 式
セ ッ ト 数	1 (20 バレル)	1	1
製 作 会 社 名	シ ー ラ ス	炉 材 工 業	上 田 工 務 店
能 力 (t/hr)	30	32	10
加 熱 材 外 径 (mm)	114.3	130 ~ 89	88 ~ 48.6
加 熱 材 長 さ (mm)	16,000~5,000	14,000 ~ 4,000	11,300 (max)
材 料 装 入 温 度 (°C)	800 ~ 常 温	800 ~ 常 温	700 ~ 600
材 料 抽 出 温 度 (°C)	1,100 ~ 800	1,000 ~ 900	1,050 ~ 830
燃 料	C ガ ス (脱 硫)	C 重 油	B 重 油
燃 料 原 単 位	25 × 10 ⁴ kcal/t	30 l/t	40~45 l/t
燃 料 圧 送 機	多 段 タ ー ボ プ ロ ア ー	ギ ャ ー ポ ン プ	ギ ャ ー ポ ン プ
	2,120 m ³ /hr × 6	1,200 l/hr	230 l/hr
	1,416 m ³ /hr × 1	4.5 kg/cm ²	
	0.21 kg/cm ²		
バ ナ ー 型 式	ガ ス 空 気 混 合 気 燃 焼 型	プ ロ ポ ー シ ョ ニ ン グ バ ナ ー	低 圧 噴 霧 式
バ ー ナ ー 数	240 (1 バレル 12)	挿 入 側 15 抽 出 側 16	13
バ ー ナ ー 容 量	ガ ス 空 気 混 合 気 60 m ³ /hr	挿 入 側 6~24 l/hr 抽 出 側 3~12 l/hr	150 l/hr
予 熱 装 置	な し	な し	な し
送 管 装 置 型 式	ロ ー ラ ー 式	ウォーキングビーム式	プ ッ シ ャ ー 式
能 力	0~2.7 m/sec	240 t/hr	
材 質	FC 23 (水 冷)	25 Cr 20Ni 鑄 鋼	
駆 動 法	DC モ ー タ ー 駆 動	油 圧 駆 動	

表 3.34 出 口 コ ン ベ ア 諸 元

項 目	N-1工場	S-1工場	Y-1工場
管 最 大 長 さ (m)	50	60	27
最 大 吐 出 速 度 (m/sec)	3.2	4.2	2.3
合 取 本 数 (最 大)	4	4	4
ホ ッ ト ソ ー 台 数	3	3	3
モ ー タ ー 容 量 (kW)	A. C 30	A. C 40	A. C 11.25
モ ー タ ー 回 転 数 (r.p.m)	1,500	1,800	1,400
プ レ ー ト 直 径 (mm)	1,016	1,000	800
プ レ ー ト 回 転 数 (r.p.m)	1,800	2,000	1,375

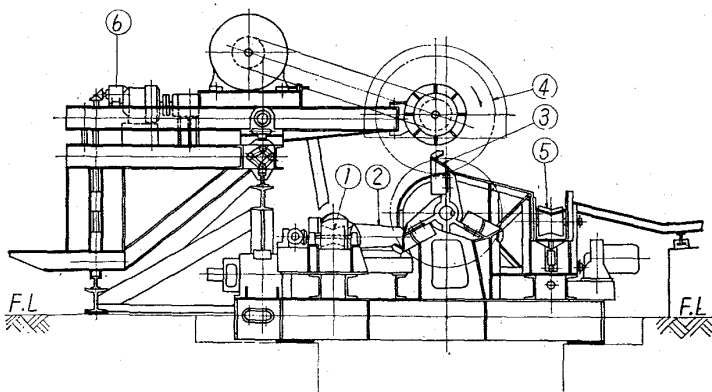
表 3-35 熱 牽 機

工場名	製 作 社 名	構 成 設 備			製 作 範 囲					能力 (t/hr)	加工目的
		設備名	型 式	主電動機 出力 (kW) × 基数 × 交直	(外径mm)		(肉厚mm)		最大 仕上げ 長さ (m)		
					最小	最大	最小	最大			
N-2	増野製作	口絞機 加熱炉 抽伸機	エアハンマー式 バ ッ チ 型 一 連 鎖 式	37.5 × 1 A. C. 1 150 × 1 D. C.	60	365	5.8	50	10	1.5	中間サイズ製品
Y-1	自 社 製	機口絞 加熱炉 抽伸機	エアハンマー式 バ ッ チ 型 一 連 鎖 式	23 × 1 A. C. 1 112.5 × 1 A. C.	30	164	3.2	30	7	1.22	中間サイズ製品



- ① 固定ビーム
- ② 移動ビーム
- ③ 移動ビーム支柱
- ④ ビーム支持フレーム
- ⑤ ビーム昇降用ローラー
- ⑥ ビーム昇降用シリンダー
- ⑦ ビーム前後進用シリンダー
- ⑧ ビーム前後進用ローラー

図 3-36 ウォーキングビーム型再加熱炉断面



- ① 第1コンベア (レデューサー出口コンベア)
- ② 第2コンベア (定寸コンベア)
- ③ スターホイール
- ④ ホットソー
- ⑤ 第3コンベア
- ⑥ ホットソー傾動用モーター

図 3-37 レデューサー出口テーブル断面図

3-6-2 圧 延

A 仕上げ寸法と外径減少率 表3-36はサイザーの仕上げ寸法と外径減少率の一覧表, 表3-37はレデューサーについての一覧表である。

ただし, 平均外径減少率は $\frac{\text{入口径} - \text{出口径}}{\text{入口径}} \times \frac{1}{\text{スタンド}} \times 100\%$, 最大外径減少率は1スタンド当りの最大外径減少率をいう。

B 外径減少率と引張り, および肉厚減少率 表3-38にN-1工場とS-1工場の例を掲げる。ただし,

D: キャリバー公称直径 (mm)

t: 管肉厚 (mm)

p: 外径減少率 (%)

N: ロール回転数 (r. p. m)

v: ロール周速度 (m/sec)

Z: 引張り

である。Zは肉厚が不変として

$$Z = \frac{V_{n+1} \cdot Q_{n+1} - V_n Q_n}{V_n Q_n}$$

Q: 管断面積 n: スタンド番号

で求めたものである。

図3-39はS-1工場においてストレッチレデューシングを行なった場合の肉厚変化を外径減少率との関係で示したものである, aがフルストレッチによる肉厚変化, bはフルシンキング, cはセミストレッチ, dが内面角バリによる限界である。

C 作業上の問題点

(a) サイザー (1)サイザーで仕上げられる

表 3-36 仕上げ寸法と外径減少率 (サイザー)

項 目	工 場	外 径 (mm)		89*1		101*6		114*3		114*3	
		肉 厚 (mm)		4*2	11*1	4*2	12*7	4*5	13*5	4*5	13*5
丸 鋼 径 (mm)	N — 1							120	122	140	152
	N — 2										
	S — 1		93	103	103			113	113		
	S — 2							115	114		
	Y — 1			{110 115}	{110 115}	{110 115}	{110 115}	{110 115}	{110 122}	{130 135}	{130 135}
穿 孔 材 外 径 (mm)	N — 1							125	123	145	155
	N — 2										
	S — 1		98	110	110			121	120		
	S — 2							122	122		
	Y — 1			{116 118}	{116 118}	{116 118}	{116 118}	{116 118}	{116 118}	143	143
プ ラ グ ミ ル 溝 径 (mm)	N — 1							116	116	137	148
	N — 2										
	S — 1		90	102	122			112	112		
	S — 2							112	112		
	Y — 1			112	112	112	112	112	112	138	138
リ ー ラ ー 仕 上 げ 外 径 (mm)	N — 1							124	122	148	154
	N — 2										
	S — 1		98	112	111			122	120		
	S — 2							123	120		
	Y — 1			118	118	118	118	118	118	143	143
No. 1 キ ャ リ バ ー 径 (mm)	N — 1							126*2	126*2	154*6	154*6
	N — 2										
	S — 1		99*5	112*5	112*5			123*5	123*5		
	S — 2							124*1	124*1		
	Y — 1			117*3	117*3	117*3	117*3	118*6	118*6	145*4	145*4
最 終 キ ャ リ バ ー 径 (mm)	N — 1							115*0	115*0	140*6	140*6
	N — 2										
	S — 1		89*45	102*35	102*35			114*75	114*75		
	S — 2							115*4	115*4		
	Y — 1			102*2	102*2	102*2	102*2	115*0	115*0	141*0	141*0
ス タ ン ド 数	N — 1							7	7	7	7
	N — 2										
	S — 1		6	6	6			6	6		
	S — 2							5	5		
	Y — 1			7	7	7	7	5	5	5	5
全 外 径 減 少 率 (%)	N — 1							9*0	7*0	7*4	13*4
	N — 2		8*72								
	S — 1			8*61	8*61			5*93	5*93		
	S — 2							6*18	3*83		
	Y — 1			15*4	15*4	15*4	15*4	5*9	5*9	5*9	5*9
平 均 外 径 減 少 率 (%)	N — 1							1*3	1*0	1*1	1*8
	N — 2										
	S — 1		1*46	1*40	1*40			0*99	0*99		
	S — 2							1*54	0*77		
	Y — 1			2*2	2*2	2*2	2*2	1*18	1*18	1*18	1*18
最 大 外 径 減 少 率 (%)	N — 1							2*4	2*4	3*0	3*0
	N — 2										
	S — 1		3*6	3*1	3*1			2*1	2*1		
	S — 2							2*82	2*42		
	Y — 1			3*4	3*4	3*4	3*4	3*4	3*4	3*4	3*4

表 3-36 仕上げ寸法と外径減少率(サイザー)(つづき)

項 目	工 場	外 径(mm)		139*8		165*2		267*4		318*5	
		肉 厚(mm)		4*5	15*9	5*0	18*2	6*6	28*6	6*9	33*3
丸 鋼 径(mm)	N - 1	160	175								
	N - 2			308	348	395	395	455	251		
	S - 1										
	S - 2			178	188			455	251		
	Y - 1										
穿 孔 材 外 径(mm)	N - 1	170	178								
	N - 2			310	310	390	390	435	450		
	S - 1										
	S - 2			230	225			333	328		
	Y - 1										
プ ラ グ ミ ル 溝 径(mm)	N - 1	162*0	173*0								
	N - 2			221*2	221*2	273	273	324*4	324*4		
	S - 1										
	S - 2			219	219			321	321		
	Y - 1										
リ ー ラ ー 仕 上 げ 外 径(mm)	N - 1	175	180								
	N - 2										
	S - 1										
	S - 2			234	228			345	333		
	Y - 1										
No. 1 キ ャ リ バ ー 径(mm)	N - 1	178*5	178*5								
	N - 2			219*0	219*0	271*0	271*0	323*0	323*0		
	S - 1										
	S - 2			233*3	233*3			443*4	343*4		
	Y - 1										
最 終 キ ャ リ バ ー 径(mm)	N - 1	166*3	166*3								
	N - 2			219*0	219*0	271*0	271*0	323*0	323*0		
	S - 1										
	S - 2			218*2	218*2			321*1	321*1		
	Y - 1										
ス タ ン ド 数	N - 1	7	7								
	N - 2			1	1	1	1	1	1		
	S - 1										
	S - 2			5	5			5	5		
	Y - 1										
全 外 径 減 少 率 (%)	N - 1	8*7	13*7								
	N - 2			2*2	2*2	2*0	2*0	1*4	1*4		
	S - 1										
	S - 2			6*75	4*30			6*93	3*57		
	Y - 1										
平 均 外 径 減 少 率(mm)	N - 1	1*2	1*9								
	N - 2			2*2	2*2	2*0	2*0	1*4	1*4		
	S - 1										
	S - 2			1*35	0*8			1*38	0*71		
	Y - 1										
最 大 外 径 減 少 率 (%)	N - 1	2*6	2*6								
	N - 2			2*2	2*2	2*0	2*0	1*4	1*4		
	S - 1										
	S - 2			2*50	2*50			2*50	1*98		
	Y - 1										

表 3-37 仕上げ寸法と外径減少率 (レデューサー)

外 径 (mm)	肉 厚 (mm)	工 場 名	丸 鋼 径 (mm)	穿 孔 機 外 径 (mm)	ブ ラ グ 溝 ミ ル 径 (mm)	リ 仕 上 1 外 径 (mm)	サ イ 仕 上 1 外 径 (mm)	レ デ ュ ー サ					
								No. 1 キャリバ ー径 (mm)	最 終 キャリバ ー径 (mm)	ス タ ン ド 数	全 外 径 減少率*	平均外径 減少率*	最大外径 減少率*
42.7	3.5	N-1	120	125	116	125	114.3	109.0	43.2	13	71.1	5.46	9.0
		S-1	130	137	127	135	130.9	124.6	42.8	19	67.3	3.54	7.5
		Y	85	88	83	88		84.0	43.0	15	51.2	3.41	6.85
48.6	3.5	N-1	120	125	116	125	114.3	109.0	49.2	12	65.1	5.42	9.0
		S-1	130	137	127	135	130.9	124.6	48.8	17	62.7	3.69	7.5
		Y	85	88	83	88		84.0	49.0	13	44.3	3.43	7.14
60.5	3.8	N-1	120	125	116	125	114.3	113.0	61.6	14	52.7	3.76	6.5
		S-1	130	137	127	135	130.9	124.6	60.8	14	53.6	3.83	7.5
		Y	85	88	83	88		84.0	61.0	10	30.7	3.07	6.95

* 外径減少率は N-1 工場は mm 表示, 他工場は%表示である.

表 3-38 外径減少率と引張り

寸 法 (mm × mm)	ス タ ン ド 番 号	N - 1 工 場						S - 1 工 場						
		D (mm)	t (mm)	p (%)	N (r.p.m)	v (m/sec)	Z	D (mm)	t (mm)	p (%)	N (r.p.m)	v (m/sec)	Z	
60.5 × 3.8	母 管	114.3	4.1					130.9	4.2					
	1	113.0	4.2	1.1	66.5	0.78	0.04	124.6	4.24	4.8	50.5	0.53	0.06	
	2	109.5	4.2	3.1	70.1	0.83	0.04	119.0	4.28	4.0	53.0	0.59	0.05	
	3	104.0	4.3	4.6	75.1	0.92	0.05	118.8	4.30	6.1	58.0	0.66	0.05	
	4	97.5	4.2	6.3	83.4	1.03	0.02	103.4	4.27	7.5	63.5	0.75	0.03	
	5	91.5	4.1	6.2	91.6	1.15	0.02	95.7	4.17	7.5	68.75	0.84	0.04	
	6	86.0	4.1	6.0	101.0	1.27	0.04	88.5	4.07	7.5	75.0	0.95	0.03	
	7	81.0	4.0	5.8	110.4	1.43	0.02	81.8	3.99	7.5	82.0	1.06	0.04	
	8	76.5	3.9	5.6	121.3	1.59	0.02	75.8	3.92	7.35	90.0	1.20	0.04	
	9	72.5	3.9	5.2	132.8	1.16	0.04	70.3	3.86	7.25	99.0	1.35	0.04	
	10	69.0	3.8	4.8	145.0	1.94	0.04	65.4	3.80	7.0	109.0	1.51	0.03	
	11	66.0	3.8	4.4	157.8	2.13	0.04	62.1	3.75	5.0	118.0	1.65	0.03	
	12	63.5	3.7	3.8	170.9	2.33	0.05	61.1	3.75	1.6	123.0	1.73	0.02	
	13	61.6	3.7	3.0	182.9	2.59	0.01	60.8	3.78	0.5	126.0	1.77	0.01	
14	61.6	3.7	0	185.6	2.54		60.8	3.8	0	127.0	1.79			

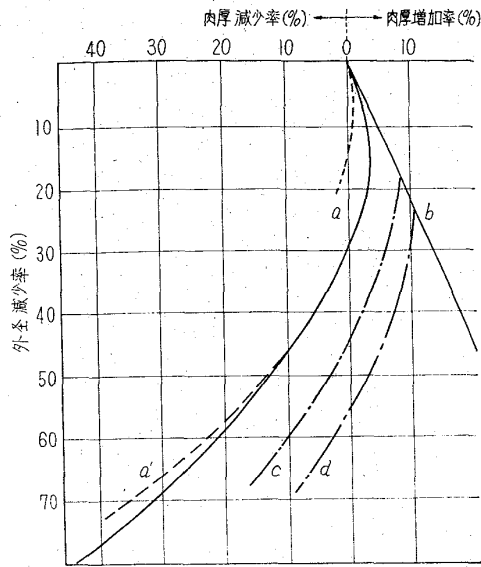


図 3.28 外径減少率と肉厚減少率の関係

管肉厚は3.0~30.0 mm と広範囲にわたるが、圧延外径が同一であれば使用するキャリバーおよび回転数比が同一であるから、厚肉管ほどシンキングとなり、ときには頭部が曲ることもある。(2) 薄肉管は一番スタンドでのエッジ疵が付きやすく、ときにはしわとなることもある。(3) 特殊鋼圧延のさいはエッジ部に焼付が生じやすい、エッジ疵の対策としてはエッジ部の形状の改良、潤滑剤の塗布、圧延温度の適正化、キャリバー設計の適正化などがある。潤滑剤としてはS-1工場では焼結グリースを、S-2工場では粉状黒鉛を用いてかなりの効果をあげている。

また、圧延温度が高いほうがエッジ疵の発生の少ないことが報告されている。Y-1工場ではロールへのスケールの焼付が新改削ロール使用時に頻発することを知り、新改削ロールは使用約一週間前にキャリバー面に塩酸を塗布し、使用時にサビを落して使用している。

キャリバーの形状としては、楕円率を大きくするとともにロール間隔を大にし、1パス圧下率も最初は大きく仕上げは小とするとよい。

(4) 1パス圧下率の限界は全外径減少率で10%程度

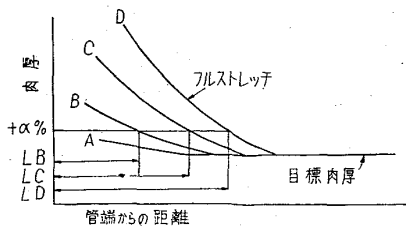


図 3.39 管端厚肉模型図

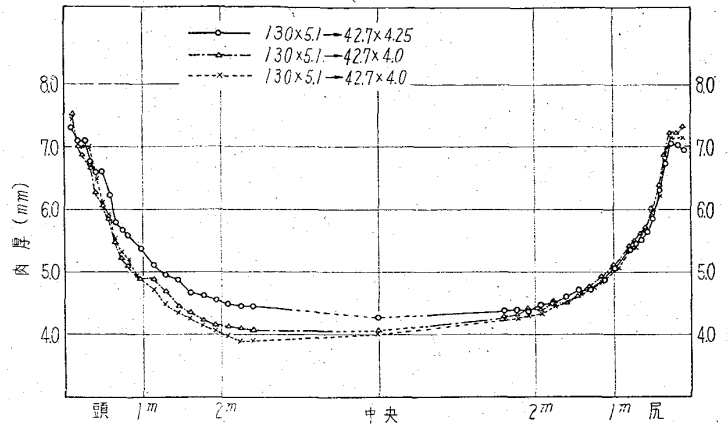


図 3.40 管端肉厚変化測定結果

であろうと考えられる。Y-1工場における全外径減少率20.5%をかけた実験ではエッジ疵が発生して不適当であった。

(b) レデューサー レデューサーでの最も大きな問題は管端厚肉部長さである。これは直接管切歩留に影響するものであるが、ストレッチ、外径減少率、使用スタンド数、入口側スタンドでのブレーキ効果、圧延温度によつて左右される。

一般に管端厚肉部長さはストレッチを大きくすると増大する。

これは図3.39に示すように、同一寸法の肉厚を得るためにはいろいろストレッチをとり得るものであり、フルストレッチの場合にはより厚い母管から肉厚減少を効かして圧延することが可能であるが、管端厚肉部長さは長くなる。したがつて製品品種により、ストレッチのかけ方を変えて行くのがよい。図3.40は管端厚肉部の肉厚変化状況測定結果の一例である。

3.6.3 サイザー圧延荷重およびトルクについて

A 圧延荷重 圧延荷重は主として圧延材質、加工温度、圧延度(製管外径、肉厚、加工速度等)、ロール表面状況により、影響を受けると考えられる。

(a) 各スタンドの圧延荷重分布 管両端における、圧延荷重のピークを除いた、中央部の平均圧延荷重を図3.41に示す。これによれば、いずれの場合も仕上げスタンドの1~2スタンド前で最大荷重を生じている。

(b) 肉厚および外径の影響 肉厚が圧延荷重に及ぼす影響を、図3.41より判断すると、4.2~7.0 mmの肉厚ではほとんど圧延荷重に差はない。12 mmの厚肉管では急激に荷重が増加する。これは薄肉管では圧延温度が低く、これが肉厚による荷重変化と相殺し合うためである

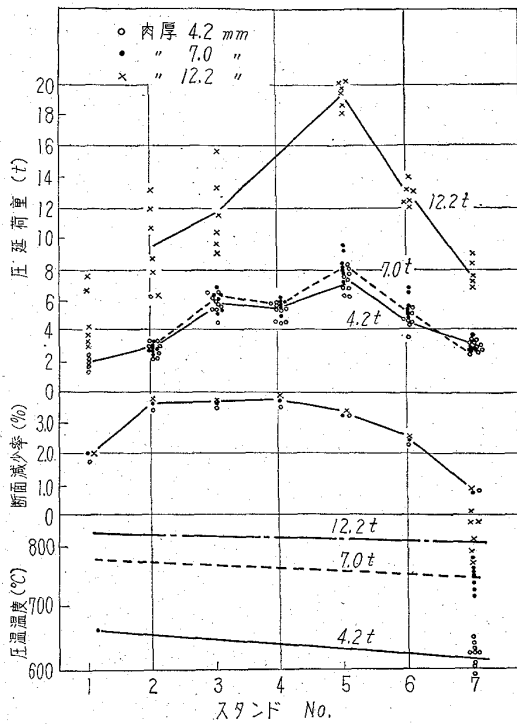


図 3.41 サイザー各スタンドの圧延荷重分布

5. 外径による差はそれほど大きくない。

(c) 実効変形抵抗 W. RODDER によれば、圧延荷重は次式で表わされる。

$$P = 1.5\sqrt{2ar} \cdot T \cdot k_f$$

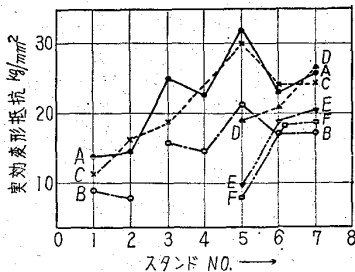
ここに T : 肉厚

k_f : 変形抵抗
 $\sqrt{2ar}$: 投影接触長

P : 圧延荷重

(1)より

$$k_f = P / (1.5\sqrt{2ar} \cdot T)$$



符号	仕上外径 (inch)	仕上肉厚 (mm)	$t_m d_n$	
			入口	出口
A	3	4.1	0.038	0.045
B	3	7.0	0.065	0.076
C	3	12.2	0.114	0.134
D	5	4.5	0.030	0.031
E	5	6.5	0.044	0.045
F	5	12.0	0.082	0.084

図 3.42 スタンド毎の実効変形抵抗

として実測圧延荷重より求めた k_f を実効変形抵抗とし、各スタンドにおける値を図示すると図3.42のごとくなり、後スタンドほど実効変形抵抗は大きくなっている。なお圧延温度について図示すると図 3.43 のごとなる。

これから判るごとく、サイザーでの実効変形抵抗は、圧延温度を上げると減少し、また、製管外径によっても異なる。

変形速度の影響をみるために、各サイザー製管外径に

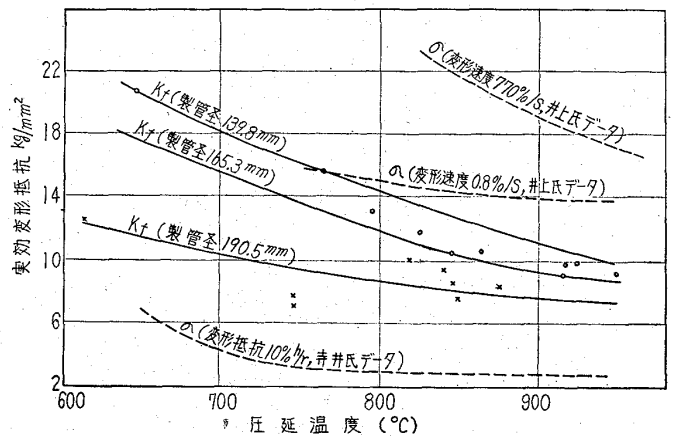


図 3.43 製管径別実効変形抵抗 (普通鋼の場合)

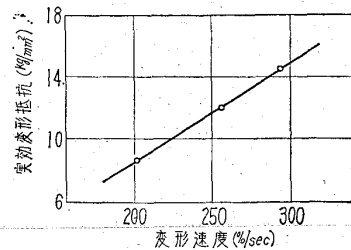


図 3.44 サイザーにおける変形速度と実効変形抵抗 (普通鋼800°C)

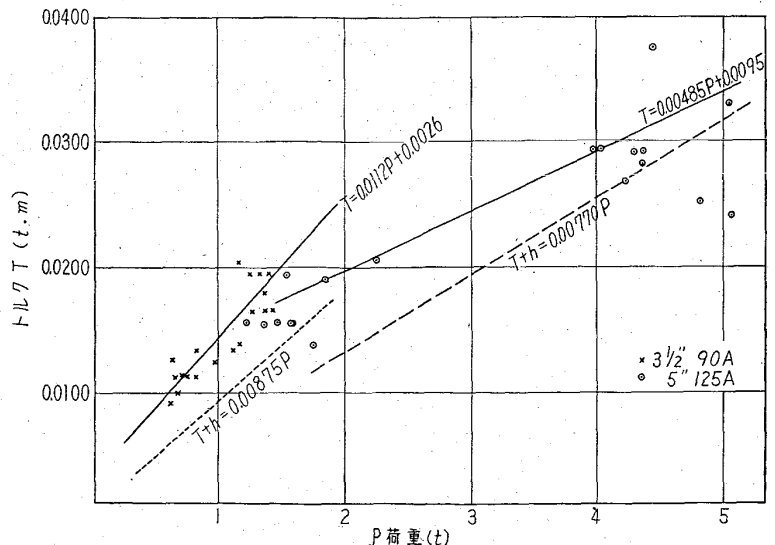


図 3.45 圧延荷重とトルクの関係

応じて変形速度を求め、変形速度以外の条件を同一と考えて、800°Cの普通鋼の実効変形抵抗と、変形速度の関係を図示すると、図3-44のごとく直線的関係を有する。

B トルク

圧延荷重 P およびトルク T について測定すると図3-45のごとく直線関係を有する。W. RODDER の式によると

$$T = \frac{l_a}{2} P \quad l_a: \text{接触弧長さ}$$

である。実測値から T と P の間に直線的関係があるものとして回帰直線の式を求めると、

$$3\frac{1}{2}'' \text{ 90A} \quad T = 0.0112 P + 0.0026$$

$$5'' \text{ 125A} \quad T = 0.00485 P + 0.0095$$

で RODDER の式より求めた計算値より実測値のほうがやや高い。

3.7 総合技術

3.7.1 内面筋について

内面筋は、プラグミルで圧延されるさいに、プラグ表面の凹凸疵、焼付またはスケールの介在などによつて管内面に生じた軸方向の引掻疵が、つぎのリーラーの工程で除去できず、サイザーまたはレデューサーを通過した後まで残つたものである。

A プラグミルにおける内面筋の発生

(a) 性状の実態 内面筋は管とプラグが接触し肉厚減少が開始する箇所から発生する。プラグ表面に焼付いた地金およびスケールによる凹凸またはプラグ表面のえぐれがその原因である図3-46は第2パス後の内面筋の状況を示すものであるが、曲線の下の本の線は、上方の線がプラグの肩の当りを示している。すなわち実線は強い当り、点線は弱い当り、線のない所は当っていないことを示す。下方の線はプラグ後端での当りを示し、波線は肩部における強い当りがそのまま後端に及んでいる当り、実線は肩部の当りとは独立して別に平滑な当りをしていることを示す。これからみると、① プラグ後端で当らぬ場合は、肩部において強く局部的に当たつたため内面筋がひどい。② プラグ後端で当る場合は、肩部の影響はほとんど消され後端の当りが主として管内面状況を決定する。

したがつて肩の部分が著しく傷んでいる場合でも、後端部でよい当りさえすれば内面筋は少なくなるようである。さらに、プラグ後端の当りはほとんどの場合全円周にわたることなく、周の片側の部分にのみ、偏在してい

ることが判る。これはおそらくセッティングの不正確によるものと考えられる。プラグミルで発生する内面筋の深さは普通 0.2mm 程度である。

(b) 圧延温度の影響 プラグミルの圧延温度は1,000°C 前後であるが、一般に圧延温度は高いほうがプラグの傷みは少なく内面筋は減少すると考えられるが、圧延温度が高すぎるとプラグ表面への地金の焼付またはスケールの焼付が多くなるため内面筋はかえつて増大することもある。

(c) 断面減少率の影響 一般に全圧延断面減少率が大きいほど内面筋は増加し、全圧延断面減少率が一定の場合、第1パスの減少率を大きくし第2パスの減少率を小さくするほうが良い。第1パスと第2パスに対する断面減少率の割振りを変えた場合の内面筋の発生状況はつぎのとおりである。

表 3.39 プラグミルにおける作業条件

	第1パス		第2パス	
	プラグ	ゲージ開き (mm)	プラグ	ゲージ開き (mm)
A 段取	長手81φ	5	短手82φ	4
B 段取	長手82φ	4	短手82φ	4

(使用素管 99mmφ×7.5mm.t)

表3-39で、A段取りの第2パスでの断面減少率は約10%、B段取りでは1%となつている。各段取りで仕上げたパイプの内面粗さを測定した結果、第1ーパス(図3-47)では大きなうねりがあるが、これは耳付きの試片の外側をヘール仕上げにしたので耳にあたる部分の肉厚が薄くなつたため、内面筋の問題とは別であり、図からわかるようにほとんど内面筋はない。これが第2パスになると(図3-46) A段取りのほうがはるかに内面筋が多く、第2パスでの断面減少率が内面筋の発生に相当影響することがわかる。

(d) 潤滑剤の影響 潤滑剤を使用すれば内面筋は減

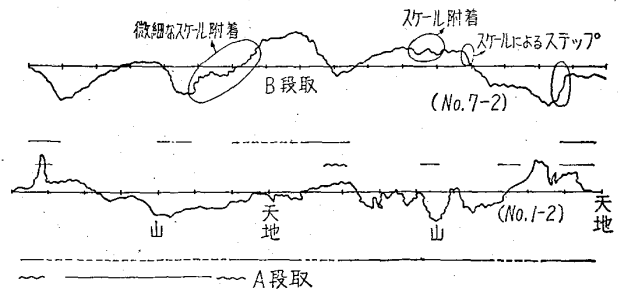


図 3.46 第2パス後の内面筋

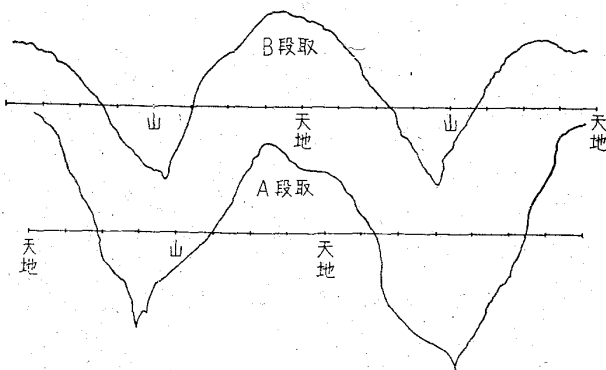


図 3.47 第 1 パス後の内面筋

少する。

潤滑剤の内面筋防止効果については種々の実験例があるが、黒鉛系の潤滑剤が効果が大きいように思われる。

つぎに 2, 3 の実験結果を示す。

実験例① (S-2) (ソーダ灰+オガ屑), (黒鉛+塩) の比較および黒鉛, 塩の比較

(ソーダ灰+オガ屑) と (黒鉛+塩) では内面筋発生に明瞭な差があり, (黒鉛+塩) のほうが潤滑効果が大きい。また黒鉛と塩との間にも明らかに差があり, 黒鉛を使用したほうがよい。

実験例② (S-2) 食塩 (70#), ソーダ灰, (食塩2+黒鉛1) の比較

ソーダ灰を使用したものは悪く, 食塩または (食塩2+黒鉛1) がよい。

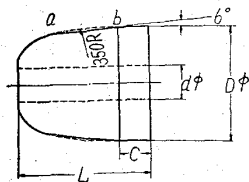
実験例③ (Y-1) (木炭7+塩3), $TiO_2 \cdot BaCO_3$ の比較 (木炭+塩) が最も効果的であり, つぎに $TiO_2 \cdot BaCO_3$ の順である。

実験例④ (N-1) (黒鉛+重油), (重油+塩), (木炭+塩) の比較

(黒鉛+重油) が最も効果的であり, つぎに (重油+塩), (木炭+塩) の順である。

(e) プラグの形状の影響 プラグの形状は内面筋の発生状況に影響を与える。

実験例① (S-1) プラグミル圧延の第1-パスで長手および短手のプラグを使用して比較したところ, 短手プラグを使用したほうがよい結果が得られた。



① a,b同直線のもの
② a,b同を350Rで結んだもの

図 3.48 プラグの形状

実験例② (Y-1) プラグの圧延部 a b 間を直線で結んだ形状のプラグと 350Rで結んだ形状のプラグ(図3.48)を使用して比較試験を行なったところ, 圧延部がRのものにはR部にえぐれが発生した。

このようなプラグでは内面筋は顕著に発生するものと考えられる。

他の(S-2)における実験例では, プラグの傷みのために内面筋が発生しても, さらにその後方に平滑な軽い当りをする部分があれば内面筋は消滅することも報告されているが, これらの実験例から, プラグの形状は内面筋の発生にかなり影響するものと考えられる。

(f) プラグの位置の影響 ロールの中心に対するプラグの前後進の相対位置は内面筋の発生に影響を与え, プラグの後端面をロールの中心より, 10mm 以上下げると内面疵が増す実験例がある。

(g) プラグの表面の性状の影響 プラグの表面が黒皮であるか, 研磨されているか, あるいはメッキされているかなどの性状は, 内面疵の発生に影響を与え, プラグの熱処理方法およびその硬度も要因となる。

実験例(N-1) 黒皮焼入プラグ(Hs70~72), 黒皮焼入焼戻しプラグ(Hs55~60), 研磨焼入プラグ(Hs70~72), Crメッキ焼入プラグ(Hs68~70)を使用して比較試験を行なったところ, 黒皮焼入焼戻しプラグが最もよく研磨焼入プラグ, 黒皮焼入プラグ, Crメッキ焼入プラグの順であつた。黒皮焼入焼戻しプラグと焼入プラグとでは1%の危険率で有意差が認められ, 熱処理方法は内面筋発生に影響を与えるものと考えられる。

(h) 管材質の影響 管の材質によつて内面筋の発生は異なるものと考えられる。キルド鋼とリムド鋼では, 危険率1%でキルド鋼のほうが内面筋発生率が少ないとの実験例があるがその反対意見もある。

(i) キャリバー内での発生位置 一般にキャリバー天地方向では, 左右方向にくらべて深く鋭い内面筋を生じその数も多い。

(j) 圧延パスの影響 第2パスでプラグと管内面とが充分接触しているところでは, 第1パスで発生した内面筋は消滅し, 第2パスで新たに内面筋を発生する。第1パスの天地部は第2パスで耳部になり, これは第2パス後も消滅しない。

B. リーラーにおける内面筋の消去

(a) 性状の変化 プラグミルで発生した内面筋は管内面とプラグとが接触し始めるところから, 圧延とともに消去される。(図3.49) 浅くゆるい内面筋は消滅するが, 深いものは肉厚減少量に限度があるのでリーリング後も残る。(図3.50) また鋭い筋はラップした筋となつて残り, 肉厚減少を大きくしても消滅しない。

(b) 肉厚圧下量の影響 リーリングによる肉厚の圧下によつて内面筋は消去される。リーリングの圧延過程

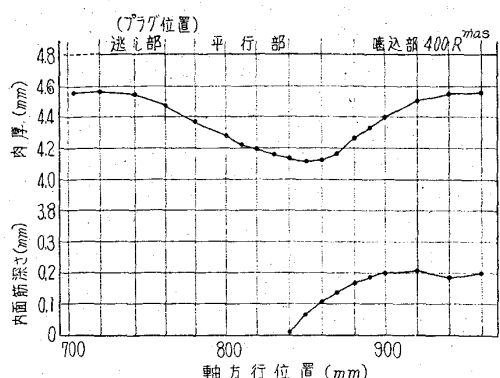


図 3.49 嚙込機での内面筋消去状態



図 3.50 リーラーにおける内面筋の断面形状の変化

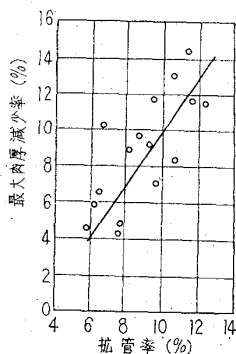


図 3.51 最大肉厚減少率と拡管率

を調べると、肉厚の減少量およびそれに伴う拡管量はリーリングの途中で最大値に達し、その後肉厚は回復し拡管量も減少する。内面筋の消去にはリーリング途中における最大肉厚圧下が有効であるが、最大肉厚圧下量とリーリング後の拡管量との間には高度の相関関係があるので、実際の作業はリーリング後の拡管量を目安として行なう。拡管量と肉厚減少量との関係の一例を図3.51に示す。一般にプラグミルで発生する内面筋は0.2mm以下であり、薄肉管の場合には肉厚圧下量が0.9mm以上あればほぼ内面筋は消去される。

(c) 圧延温度の影響 一般にはリーリング温度の高いほうが、変形抵抗が小さく圧下率が大きくなるので、内面筋は消去されやすい。

(d) リーラーのロールおよびプラグの形状の影響 ロールおよびプラグの形状が異なればリーリングの圧延過程が変化し、したがって内面筋の消去にも影響する。種々の実験から嚙込直後において肉厚に急激な減少を与えることが内面筋除去に効果があることが判かっているので、そのようなパスデザインを考えることが必要である。

(e) ロール・セッティングの影響 ロールのセッティングは内面筋の消去に影響する。①入口側を狭くする場合、②平行な場合、③入口側を広くする場合について

比較したところ、内面筋の消去される場合は①>②>③の順になるとのN-1工場における実験例がある。(図3.52)

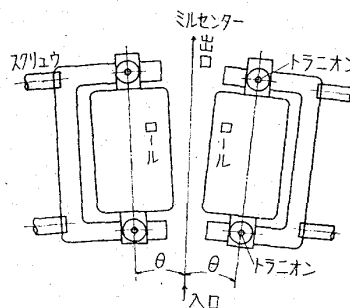


図 3.52 リーラーロールセッティング説明

(f) プラグ径の影響 一般に拡管量が同一であれば、大きいプラグを使用したほうが内面筋の消去には有効である。拡管量が同一であれば、プラグ径を大きくするほど最大肉厚圧下量が大きくなり、また圧延開始部で急激な圧延がなされることが内面筋消去の効果を上げる原因と考えられる。

(g) 管材質の影響 管材質が異なれば内面筋の消去率は異なり、リドム鋼とキルド鋼ではキルド鋼の方が内面筋消去率が高いとのN-1工場での実験例がある。

(h) 消去限界 以上のように内面筋の消去の程度は種々の要因によつて異なるが、一般にプラグミルで発生する内面筋の深さは0.2mm以下であり、これを消去するには薄肉管では肉厚圧下量は0.4mm以上であればほぼ十分であると考えられている。しかし(深さ/幅)の大きい鋭い疵はリーリングによつてラップされ、このような場合には肉厚圧下量を大きくしても内面筋は消去されない。

(i) 内面筋消去に関する基礎実験 N-1工場では鋼板に圧延方向に直角に人工疵をつけて圧延し、疵の形状、深さ、圧下率、圧延温度などが内面筋の消去限界にどのように影響するかについて調査した。

人工疵の消去限界は、圧延前の疵の深さと圧延後の疵の深さの関係をグラフに書き、圧延後の深さが0になる圧延前の深さで決める。

実験の結果はつぎのとおりである。①人工疵の消去限界は圧下率の増大とともに大きくなる(図3.53参照) ②消去限界は疵の先端形状が大きく影響し、鋭い人工疵は除去しにくい。(図3.54参照) ③圧下率が一定ならば、圧延温度が高いほど消去限界が小さくなる傾向にある。④実在の疵は、(幅/深さ)は5以上、深さは0.3~0.4mmが限度で、実在の疵に対しこの試験結果を適用した場合、実在の疵を消去するためには12%以

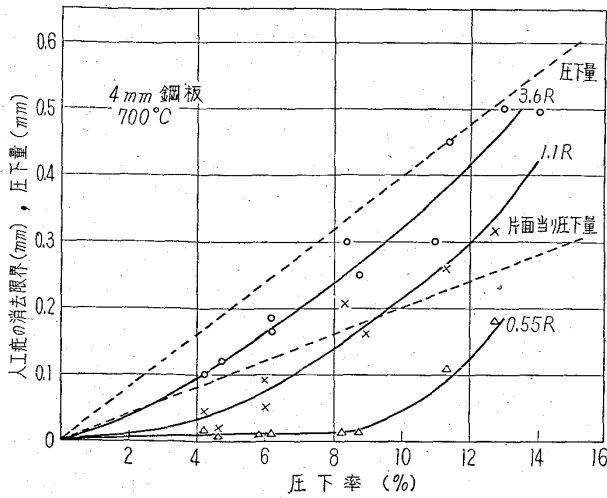


図 3.53 人工疵の端丸みを先パラメーターとする消去限界と压下率との関係 (4 mm 鋼板)

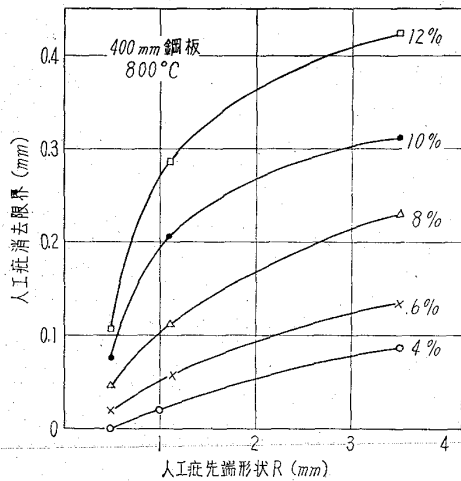


図 3.54 压下率をパラメーターとする人工疵消去限界と先端形状 R との関係

上の压下が必要である。

C レデューサーにおける内面筋の成長

(a) 性状の変化 レデューサーで絞り圧延を行なうと内面筋は成長することがある。成長の仕方には絞り圧延が進むにつれて立ち上がってヒレ筋になる場合と、折り込まれる場合の二通りがある。リーリング作用でラップした内面筋は肉眼では見えない場合が多いが、これが絞り圧延によって立つてくる。リーリング後も凹状になつて残っている内面筋は絞り圧延で折込まれて深さも深くなる。

(b) 外径減少率の影響 外径減少率が大きいほど一般に内面筋は顕著になる。

(c) 肉厚の影響 一般に肉厚が厚くなり t/D が大きくなれば内面筋の成長は著しい。

(d) 引張りの影響 引張りが大きいほど円周方向の圧縮の比率が小さくなり、内面筋は改善される。

3.7.2 内面アバタについて

内面アバタはリーラーでリーリングするさいに管内面に発生する。内面アバタはプラグに焼付いた地金またはスケールによつて管内面が引掻かれるために生ずるものと考えられる。一般に厚肉管に多く発生しやすい。

内面アバタを防止するには、リーリング前に冷却する消極的な方法と潤滑剤を使用する方法とがある。

内面アバタ防止に関する実験例 (S-2)

中炭素鋼を用いつぎのような条件で試験した例がある。比較条件として、① リーリング温度、920°C および 1040°C。② 潤滑剤として、黒鉛を使用したものおよび尾部側でエア吹かしを行なつたものの比較試験結果はつぎのとおりである。

① リーリング温度の影響はきわめて大きく、ある限度以上の高温でリーリングすると著しい内面アバタを発生する。② 高温でリーリングする場合、黒鉛投入は内面アバタ防止にかなりの効果を持つ。③ 尾部からエア吹かしを行なえば効果のあることが多い。

3.7.3 偏肉発生防止について

マンネスマン穿孔法による偏肉は通常 5~15% の間にある。偏肉の大小は次式で算出される偏肉率により表わしている。

$$\text{偏肉率} = (\text{最大肉厚} - \text{最小肉厚}) / \text{平均肉厚} \times 100\%$$

A ピアサーにおける偏肉の発生 マンネスマンピアサーで生じる偏心性偏肉は、プラグミルで生じる対称性偏肉と違って、各圧延機で次第に減じつつも最後まで残存し最終製品にまで影響を及ぼす。

(a) 管材の片焼の影響 マンネスマンピアサーの特性より考えて、管材が不均一に加熱されると、偏肉を生じることは容易に想像され、また経験からも確認されている。たとえば管材の一面を水冷して、平均 5% の偏肉率が 15~20% に増加した S-1 工場での実験例が報告されている。

一般的に管材の片焼は厚肉穿孔の場合に偏肉の最大の要因となるが、薄肉穿孔の場合は片焼がとくに著しくない限り、他の要因のかげに隠れてしまうようである。

(b) センター孔の影響 管端頭部の異常偏肉を防止するためには、管材頭端面の中心にセンター孔をあけておくのが有効で、一般に採用されている。その効果は穿孔後の素管で頭部より 300 mm までは著しく、偏肉率の平均値、バラツキともに改善されるが、500 mm 以上

では影響がなくなる。またセンター孔の形状、深さなどはほとんど影響しないが、センター孔の偏心はかなり影響を及ぼす。

(c) セッティングの影響 ピアサーのセッティングを変えたときの偏肉率の変化については要因が多く一貫した傾向が認め難い。ただガイドシュー開きを必要以上に大きくした場合には、偏肉率が大きくなる傾向がある。これは上下方向に必要以上の余裕があれば、それだけセッティング状況が不安定となるためと思われる。

(d) 工具精度の影響 穿孔肉厚を決定するロール、プラグなどの中ロールは機械加工仕上げであり、磨耗も緩慢であることのためにあまり問題はないが、プラグ精度は、偏肉発生にかなり影響を与える。

穿孔中プラグの回転に振れがあると、とくに薄肉穿孔の場合には大きい偏肉を生じるようである。芯金の曲りによる振動はほとんど影響しないようである。

(e) 2重穿孔の特徴 2重穿孔の場合、第1ピアサーでは製品肉厚にほとんど関係なく厚肉穿孔を行なう。したがって第1ピアサーで生ずる偏肉は、管材の片焼の影響を最も大きく受ける。

第2ピアサーで生じる偏肉は、厚肉製管の場合には、第2ピアサーでの肉厚の圧下が小さいために、第1ピアサー素管に残存していると思われる偏肉、温度の不均一などの影響を受けやすい。

薄肉製管の場合には、肉厚の圧下が大きいため、素管の偏肉、温度の不均一よりむしろ、第2ピアサーのセッティングおよび工具の精度などの影響を多く受ける。したがって厚肉製管では管材の均熱度、薄肉製管では第2ピアサーのセッティングと工具の精度が偏肉発生上、最も大きな要因としてあげられる。

B プラグミルにおける偏肉の発生 プラグミル圧延はピアサーで発生した偏心性偏肉を減少させるとともに、孔型圧延の特性よりいわゆる耳が発生し、新たにプラグミル圧延による対称性偏肉を生じる。

(a) 断面減少率の影響 プラグミルで発生する偏肉は主として耳部の厚肉によるもので、各パスにおける断面減少率が大きいほど偏肉が大きくなる。偏肉を小さくするためには、全断面減少率を小さくするほうがよいが、その場合でも耳部にかなり偏肉が生じるようである。

(b) 圧延方法の影響 第1パスと2第パスにおいて、同一ロール開き同一プラグで圧延するものと、そうでないものとの比較では、“同一ロール開き同一プラグ”の段取りが最良とする考え方と、さらに第2パスにおい

てある程度肉厚を減少させるような“同一ロール開き第2パスに大きいプラグ”の段取りのほうがよいとの考え方もあり、まだ明確ではない。

(c) キャリバー形状の影響 キャリバーが真円に近いほど耳の発生が小さいことが予想されるが、断面減少率が小さい場合および第1パスにおいては、形状による差はあまり明瞭でない。しかし仕上げパスにおいては、真円キャリバーに近づくほど偏肉が小さくなる傾向が見られる。

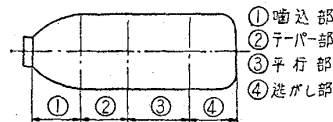
C リーラーにおける偏肉の修正 プラグミルで生じた対称性偏肉が、リーラーでどのように修正されるかは多くの実験がなされている。

リーリング効果についてのN-1工場における実験例として、たとえばプラグミルで2パス後、天地、耳に相当する部分に0.6~0.9mmの偏肉があつた素管をリーリングした場合、素管の偏肉は完全には消去されないが、リーラーにより修正されて0.4~0.5mmに減少したという報告がある。また別のY-1工場における例では、プラグミルでの天地、耳に相当する部分が区別できなくなり、円周方向の肉厚の分布はなだらかとなつて、偏肉の傾向が認められなくなつたとの報告もある。

3.7.4 スパイラル対策

内面筋を除去するにはリーラーで肉厚圧下量を大きくしなければならぬ。リーラーにおける変形過程を調査すると、外周についてはプラグの逃げの個所から急激に減少し、ロールの逃げの所からその減少はゆるやかとなる。肉厚の復元はプラグの逃げより急激に増加する。この肉厚の復元はスパイラルと密接な関係があり、スパイラル防止方法としては、プラグ形状の研究と、プラグの逃げとロールの逃げとの相対位置の研究がなされた。

A プラグ形状の研究 プラグ各部の名称を図3.55に示し、S-1工場におけるプラグ形状の改良の概要を図3.56に示す。



A型 リーラー設置當時のもので、②のテーパ部がなく、④の逃がし部は10Rのみである。①の半径が小さく、③も短かすぎて①でついたスパイラルマークが消えず、④のRが小さすぎてプラグの尻からもスパイラルが発生した。

B型 ①の半径を大として②のテーパ部をつけ③は同様とし、④の逃がしを30mmとしかつロールにもロールセンターからの所から50mm逃がしをつけた。

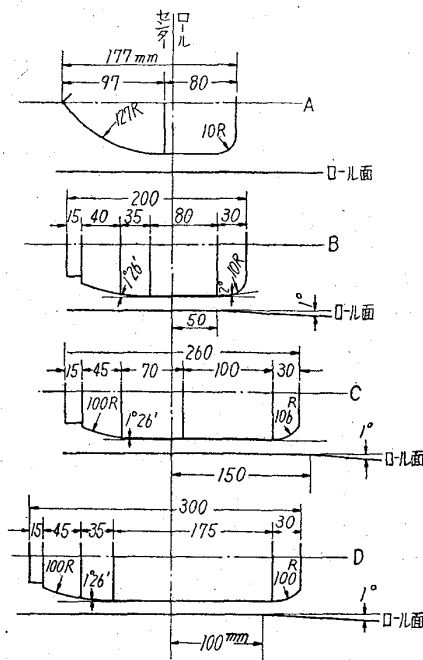


図 3.56 リーラープラグの改良過程

C型 全体を後方に長くした。尻から出るスパイラルマークを防止するために逃がしを100Rとし、またロールの逃がしも後方へずらしたこれで内面の凹凸 $0.1 \sim 0.15 \text{ mm}$ 程度のスパイラルマークに対してはほとんど完全であるが、さらに $0.03 \sim 0.15 \text{ mm}$ 程度のスパイラルマークを対象としてつぎの型に変えた。

D型 プラグをさらに前方にのばし、平行部の長さを

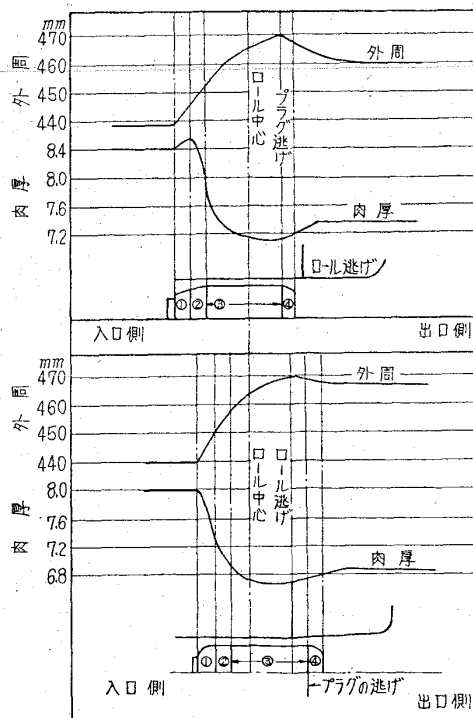


図 3.57 プラグの位置の比較

十分に長くし、プラグの先端でできるスパイラルを軽減し、これを平行部で完全に平滑としたほか、ロールの逃がしを100 mmの所からにし、尻でできるスパイラルを完全に防止することができた。

B プラグ位置の研究 ロールの逃げとプラグの逃がしの相対位置につき調査したところ、図3.57のごとき結果を得ている。

すなわち、プラグの逃げがロールの逃げより先進しているときの外周および肉厚の復元量が大きい。したがってスパイラル対策としては、プラグの逃がしをロールの逃げより後へずらした段取りのほうが有効であるとしている。

3.7.5 変形抵抗について

熱間圧延の場合の圧延圧力または平均圧延圧力を計算するさい、各圧延理論式の間には若干の差異のあることがある。また計算に使用する変形抵抗の値も各理論式の間でよく一致することは少ない。さらに実際に使用する場合に、変形抵抗値を別に求めておかなければならない不便さがある。それで EKCLUND の計算式と、COOK の Camp-lasto meter および井上式高速度引張試験材より得られた測定値とから推定した平均変形抵抗値を表3.40に示した。すなわち各鋼種ごとに加工度を対数歪で3種(歪 $\phi = 0.1, 0.2, 0.3$)、歪速度を3種(1/s, 10/s, 100/s)につき求めた平均変形抵抗を kg/mm^2 で表わしたものである。この表では、加工度0.1というのは加工度0から0.1までの平均値を示す。穿孔中の加工度は0.1~0.3の程度であり、歪速度は10/s~80/s程度なので、これらは参考数値として利用できる。

3.7.6 製管用工具について

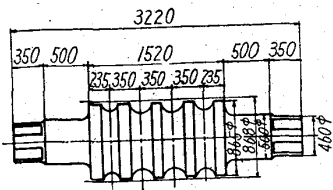
製管用工具としてロール、プラグおよびガイドシューを表3.41~43および図3.58~60に示す。

A ロール

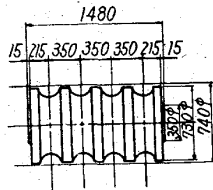
(a) ピアサーロール ピアサーロールは中央部が膨れた円錐を逆にして重ね合わせたような形状をしている。

ピアサーでの圧延は、高温で圧延負荷が大きくまたスリップも大きいために強度、耐圧力、耐摩耗性が要求され、一般に Cr 0.7~1.2%, Mo 0.2~0.4% の特殊鋼ロールを用いている。硬度は Hs 30~40 で通常熱処理して用いる。噛込を容易にし、スリップを防止するために、ロール表面にはナーリングをつけている。

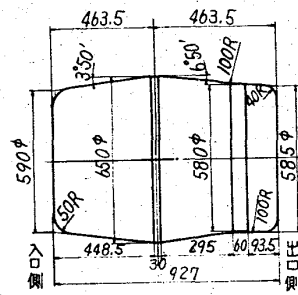
(b) プラグミルロール プラグミルには、圧延用の



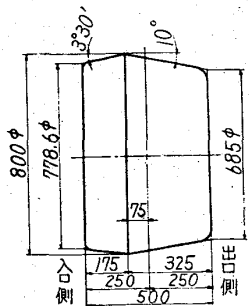
プラグメインロール (S-1)



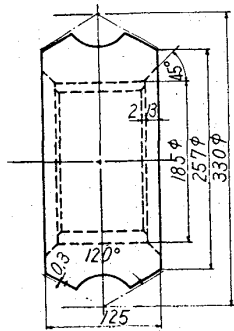
プラグミルリターンロール (S-2)



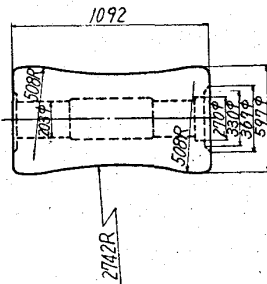
ピアサーロール (N-2)



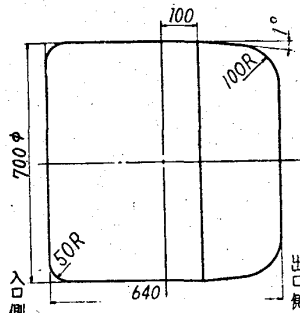
ピアサーロール (Y-1)



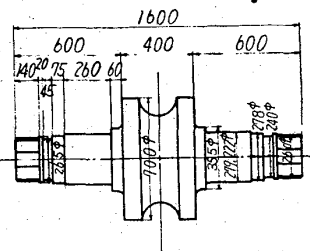
レデューサーロール (S-1)



ストレーナーロール (S-2)



リーラーロール (S-1)



サイザーロール (S-2)

図 3.58 ロールの例

表 3.40 高温における鋼の変形抵抗

(kg/mm²)

温度(°C)		800			900			1,000			1,100			1,200		
		0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3
材質	対数歪速度															
	歪															
	速度															
低炭素リムド鋼	1/s	8.8	11.0	12.1	7.0	8.4	10.1	5.9	6.6	8.1	3.7	4.8	5.7	2.9	3.7	4.4
	10/s	13.8	15.7	17.7	10.8	12.1	14.9	7.4	9.7	11.1	5.5	7.2	8.2	4.5	5.6	6.6
	100/s	16.2	20.8	24.1	13.6	15.8	17.4	9.7	12.3	14.2	7.3	9.6	11.5	6.2	8.2	9.6
低炭素キルド鋼	1/s	9.0	10.6	11.9	7.0	8.8	10.4	5.6	7.2	8.6	4.1	5.4	6.4	3.1	3.8	4.6
	10/s	12.1	14.4	16.3	9.0	12.0	13.6	8.1	9.5	11.2	6.0	7.5	8.8	4.6	5.8	6.7
	100/s	17.2	20.0	23.0	12.0	14.2	16.4	9.6	11.9	13.3	7.9	9.7	11.6	6.3	7.8	9.2
中炭素鋼	1/s	11.3	13.7	15.0	10.5	11.8	13.2	6.8	8.2	9.2	4.6	5.6	6.4	3.2	3.8	4.6
	10/s	16.8	19.1	22.1	12.8	14.9	16.7	9.6	10.8	12.2	7.0	7.9	8.6	5.3	6.0	6.8
	100/s	20.9	23.7	27.0	15.4	18.0	20.5	11.8	13.9	15.8	9.2	10.8	12.0	7.6	9.1	10.3
1%Cr 0.5%Mo鋼	1/s	13.7	16.8	18.9	11.0	13.3	14.4	8.2	9.4	10.1	5.1	6.4	7.2	3.8	4.8	5.6
	10/s	16.1	19.8	22.3	13.9	16.5	18.4	10.7	12.9	14.4	7.5	8.9	10.0	5.6	6.8	7.9
	100/s	18.0	22.3	25.0	15.8	18.4	20.1	14.0	15.7	17.1	9.2	10.6	12.4	7.0	8.1	9.5
13%Cr鋼	1/s	10.5	12.1	13.5	9.2	10.7	12.3	7.6	9.0	10.4	5.8	7.0	7.9	3.7	4.4	4.9
	10/s	15.1	16.9	18.8	12.5	14.6	16.2	10.0	11.9	13.4	7.6	9.1	10.2	5.1	6.0	6.6
	100/s	23.3	26.8	27.5	15.2	17.8	19.3	11.3	13.6	14.8	8.6	10.0	11.3	6.6	7.2	8.4
18-8ステンレス鋼	1/s	11.6	16.4	20.2	10.5	14.4	17.5	9.0	12.2	14.4	7.4	9.5	11.2	5.4	6.8	7.7
	10/s	13.6	18.9	23.0	12.3	16.6	20.0	10.8	14.2	16.9	9.2	11.6	13.7	7.4	9.1	10.2
	100/s	16.6	22.7	27.2	14.5	19.0	23.0	12.6	16.3	19.0	11.0	13.4	15.6	9.4	11.0	12.2

表 3-41 ロール - 覧 表

機械名	項 目	N-1工場	N-2工場	S-1工場	S-2工場		Y-1工場
					(1)	(2)	
ピ ア サ ー ロ ール	材 質	特殊 鑄 鋼	特殊 鑄 鋼	普通 鑄 鋼	特殊 鑄 鋼	特殊 鑄 鋼	特殊 鑄 鋼 普通 鑄 鋼 肉盛 ロール
	熱 処 理	—	—	—	焼 鈍	焼 鈍	—
	硬 度 (Hs)	37±4	33±4	28 ~ 34	30 ~ 35	30 ~ 35	—
	寿 命 1 回 旋 削 当 圧 延 量	1 週 間 2,500 t	2 カ 月 15,000 t	1 週 間 2,500 t	12 交 代 3,000 t	9 交 代 2,300 t	10 交 代 300~ 800 t/mm
	廢 却 まで	40,000 t	50,000 t	50,000 t	30,000 t	23,000 t	—
	使 用 外 径 範 囲 (mm)	915~830	650~590	970~870	965~865	1,067~967	800~
	面 角 (入 口 × 出 口)	3°28' × 2°58'	3°50' × 6°50'	3°30' × 3°30'	3°30' × 3°30'	4°30' × 6°30'	3°30' × 3°36'
	ナ ー リ ン グ 形 状 (mm)	2 × 2 × 90° × 0°25'	4 × 4 × 9° × 0°5'	1.5 × 1.5 × 60 × 0°5'	3.2 × 3.2 × 90° × 0°4'	3.2 × 3.2 × 9° × 0°4'	—
	コ ー ジ 位 置 (mm)	入 口 よ り 304	中 央	中 央	入 口 よ り 253.6	入 口 よ り 254	—
	コ ー ジ 平 行 部 長 さ (mm)	—	30	0	25	25	—
胴 長 (mm)	660	937	508	685	711.2	500	
プ ラ グ ミ ル (本 ロ ール)	材 質	カリバー 鑄 出 チルド カリバー 鑄 出 グレン	Cr-W 鑄 鋼	チルド ロール	チルド ロール		カリバーチルド ドロール
	熱 処 理	—	サイクル 焼 鈍	—	歪 取 焼 鈍 の み 行 な う こ と		—
	硬 度 (Hs)	60 ± 4 (チルド) 54 ± 4 (グレン)	40 ± 4	58 ~ 61	55 ~ 58 (チルド) 50 ~ 55 (グレン)		60 ~ 70 —
	寿 命 1 回 旋 削 当 り	3 ~ 5 交 代	1 交 代 150 t	10 mm	4,000 t		250 t/mm
	廢 却 まで	50,000 t	1,500 t	12,000 t	20,000 t		25,000 t
	使 用 外 径 範 囲 (mm)	762~675	—	750~700	865~815		650~550
胴 長 (mm)	1,524	—	1,520	1,520		1,524	
戻 し ロ ール	材 質	グレン ロール	—	グレン ロール	グレン ロール		サンド ロール
	熱 処 理	—	—	—	歪 取 焼 鈍 の み 行 な う こ と あり		—
	硬 度 (Hs)	50 ± 4	—	45 ~ 50	50 ~ 55		40 ~ 45
	寿 命 1 回 旋 削 当 り	60 交 代	—	10 mm	20,000 t		3,000 t/mm
	廢 却 まで	90,000 t	—	60,000 t	160,000 t		—
	使 用 外 径 範 囲 (mm)	546~500	—	600~550	730~680		454~400
胴 長 (mm)	1,380	—	1,320	1,480		1,397	
リ ー ラ ー	材 質	チルド ロール	—	チルド ロール	チルド ロール		チルド ロール
	熱 処 理	—	—	—	歪 取 焼 鈍 の み 行 な う こ と あり		—

表 3.41 ロール一覧表 (つづき)

機械名	項目	N-1工場	N-2工場	S-1工場	S-2工場		Y-1工場
					(1)	(2)	
リ イ ラ	硬 度 (Hs)	67±5		15	60 ~ 62		60 ~ 63
	寿命 1回旋削当り	36 交代		2,200 ~2,500 t	2,200 t		200~2,200 t
	廃却まで	50,000 t		20,000 t	40,000 t		20,000 ~22,000 t
	使用外径範囲(mm)	763~680		700~660	810~755		700~
	胴 長(mm)	712		640	710		540
	傾 斜 角	6°		6°	7° (O.D. ≤ 7") 6° (O.D. > 7")		6°
サ イ ザ	材 質	合金グレンロール	特殊 鋳鋼	中抜チルドロール	チルドロール		イ) ニッケル グレンロール ロ) カリバー チルドロール ハ) カリバー グレンロール
	硬 度 (Hs)	55±5	45±5	58 ~ 65	58±2		イ) 60~65 ロ) 60~70 ハ) 55~60
	寿命 (t/set)	15,000 t	2,500 t	10,000 t	12,000 t		800 t
	廃却までの旋削回数 (mm)	13 ~ 8	13 ~ 10	5	8		12
	使用外径範囲(mm)	506~440	800~680	520~460	700~670		419~339
	胴 長(mm)	330*2	450	400			215*9
レ デ ニ ー サ ー	材 質	チルドロール		チルドロール			チルドロール
	硬 度 (Hs)	67±3		265			60 ~ 70
	寿命 1回旋削当り圧延量						
	基準ロール	1,200 t		1,500 t			1,200 t
	仕上げロール	600 t		400 t			600 t
	廃却までの旋削回数	10 ~ 4		6			10
	外 径(mm)	363*3		330			240
	胴 長(mm)	158*7		125,135			20
ス ト レ ー ト ナ ー	材 質	特殊 鋳鋼		普通チルドロール	合金チルドロール		チルドロール
	熱 処 理						
	硬 度 (Hs)	83±5		>65	265		60 ~ 70
	寿命 1回旋削当り			35,000 ~42,000 t	50,000 t		
	廃却まで			120,000 t	150,000 t		
	使用外径範囲(ドリブン)	460		283~263	528*5~498		330
	(アイドラー)	367		233~213	469*5~439		275
	胴 長(ドリブン)	933		440	1092*3		660
	(アイドラー)	457		304	508		370

メインロールと圧延されたパイプを入口テーブルに戻すリターンロールとがある。いずれも一本のロールに数溝の半円キャリバーをもつキャリバーロールである。

メインロールにはチルドロールまたはグレンロールを使用し、硬度は Hs 50~70 である。チルドロールは、耐摩耗性が優れ、製品の表面肌がきれいに仕上がるので小径管用に使用されるが、大径管では、強度上の問題からグレンロールを採用することが多い。

リターンロールは一般にグレンロールを使用するが、Y-1工場のごとくサンドロールを使っている工場もある。硬度は Hs 40~50 である。このほかにピルガーマイル用には Cr-W 鋼のロールが使用されている。

(c) リーラーロール リーラーロールは円筒形状をしており、製品の外表面を平滑な表面によつて ironing を行なう。リーラーロールには一般に普通チルドまたは合金チルドロールを使用する。硬度は Hs 60~70 である。

(d) サイザーロール サイザーロールは一個の半円キャリバーを切つたキャリバーロールで、一般にチルドロールまたはグレンロールを使用する。硬度は Hs 50~70 である。

(e) レデューサーロール レデューサーロールは内径をもつたキャリバーロールで、シャフトに組立てて使用され、チルドロールを用いる硬度は Hs 60~70 である。

(f) ストレートナーロール ストレートナーロールは鼓形をしており、一般に普通チルドまたは合金チルドロールを使用するが、N-1工場のごとく特殊鍛鋼ロールを使用している工場もある。硬度はチルドロールで Hs 60~70 である。

B プラグ

(a) ピアサープラグ ピアサープラグはとくに高温における強度および耐摩耗性が強く要求され、一般に 3Cr-1 Ni 鋼を使用する。プラグは使用前に熱処理を行ない、硬度は Hs 25~35 である。

(b) プラグミルプラグ プラグミルプラグには軸方向の摩擦力が作用し、このためプラグがえぐられて製品に深い内面筋をつけることが多いので、とくに耐摩耗性が要求されている。プラグ材質には高 Cr 鋼を使用する。熱処理は行なう場合と行なわない場合がある。

硬度は Hs40~70 である。

(c) リーラープラグ リーラープラグには外径を旋盤仕上げされた普通鋼または低合金鋼を用いる。硬度は Hs 25~40 である。

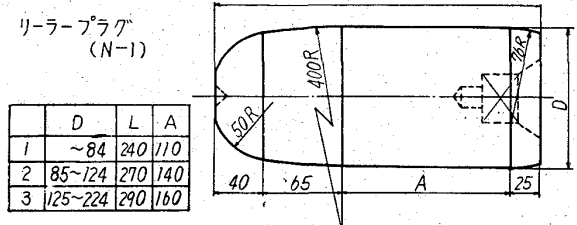
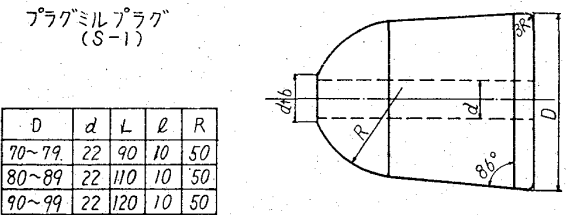
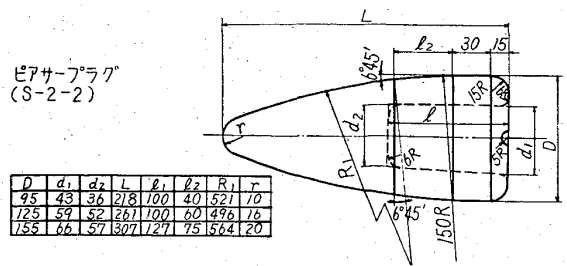


図 3.59 プラグの例

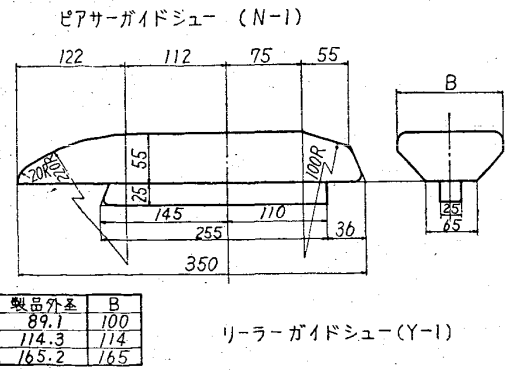
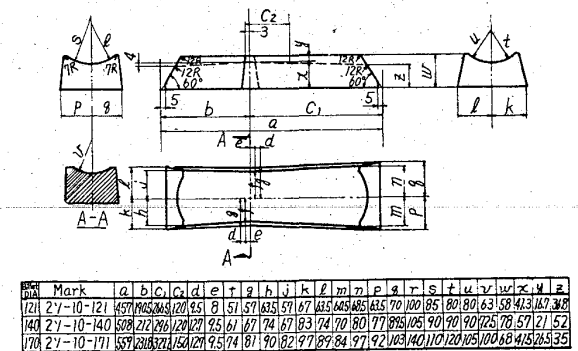


図 3.60 ガイドシューの例

C ガイドシュー
(a) ピアサーガイドシュー ピアサーでの上下ガイドとしては一般にガイドシューを使用するが、ピルガーマイル

表 3.42 プラグー覧

機 別	工 場 名	材 質	化 学 成 分 (Wt.%)						熱 処 理	硬 度 (Hs)
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
ピアサー	N-1	3G-1Ni 铸鋼	0.25 ~0.35			2.5 ~3.5	1.0 ~1.5	—	935°C, F.C.	約 30
	S-1, S-2	" "	0.20 ~0.35	≤0.6	0.3 ~0.7	3.0 ~4.0	0.9 ~1.4	≤0.3	1,200°C, F.C. (S-1)	30~35
	Y-1	" "	0.25 ~0.35	0.20 ~0.50	0.20 ~0.50	2.50 ~3.50	0.50 ~1.50	—	900°C, F.C.	指定なし
プラグミル	N-1	17 Cr 铸鋼	1.2 ~1.5			17~20	1.2 ~1.5	W 3~4	1,100°×1h, 1,200° ×5mn, 850°×2h, F.C.	72±3
	S-1, S-2	高 Cr-Ni 铸鋼	1.3 ~1.8			24~27	2.7 ~3.3	—	なし	43~48
	Y-1	17 Cr 铸鋼	1.3 ~1.6	0.20 ~0.60		16~18	—	W1.5 ~2.5	1,200° F.C. 1,000° A.C.	65~70
リーラー	N-1	FC 20	指定なし						なし	約 32
	S-1, S-2	低 Cr-Ni 铸鉄	3.2 ~3.7	≤1.8	0.3 ~0.7	0.4 ~0.9	0.2 ~0.5	—	なし	25~33
	X-1	铸鉄	2.8 ~3.4	0.8 ~1.2	1.5 ~2.5	—	—	—	なし	35~40

表 4.43 ガイド・シューー覧表

機 別	工 場 名	材 質	化 学 成 分 (Wt.%)						熱 処 理	硬 度 (Hs)
			C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo		
ピアサー	N-1	22Cr-8Ni 铸鋼	0.75 ~0.95			20~23	8.0 ~9.0	—	なし	40~45
	S-1, S-2	高 Cr 铸鋼	1.3 ~1.8	≤0.6	0.30 ~0.70	24~27	2.7 ~3.3	—	なし	40~50
	Y-1	高 Cr 铸鋼	1.0 ~1.4	0.4 ~0.8	0.30 ~0.60	22~24	2.0 ~4.0	—	なし	40~45
リーラー	N-1	FC 25	指定なし						なし	約 32
	S-1, S-2	低 Ni-Cr 铸鉄	3.2 ~3.7	≤1.8	0.3 ~0.7	0.4 ~0.9	0.2 ~0.5	—	なし	25~33
	Y-1	铸鉄	2.8 ~3.4	0.8 ~1.2	1.5 ~2.5	—	—	—	なし	25~35

用ピアサーのごとくガイドロールを使用する場合もある。ガイドシューの材質は高 Cr 铸鋼である。熱処理は行なわない所が多い。硬度は Hs 40~50 である。

様、普通铸鉄または低合金铸鉄を使用する。熱処理は行なわない。

硬度は Hs 25~35 である。

(d) リーラーガイドシュー リーラープラグと同