
千葉製鉄所大径管工場の概要

Outline of the UOE Pipe Mill at Chiba Works

歌橋 千之(Chiyuki Utahashi) 山本 幸雄(Yukio Yamamoto)

要旨：

千葉製鉄所に新設された 64 インチ大径管工場は、世界最大のミルであり、1974 年 2 月生産を開始し、高品質の大径鋼管を量産している。特長としては、(1) 5 万 t の O プレスにより、最大外径 64 インチ、肉厚 1 インチの高級鋼管が製造できる。(2) 2 電極の CO₂ 連続仮付溶接を全長に行ったのち、内外面に 3 電極の自動サブマージアーク溶接を行い、すぐれた溶接品質と高い生産性を得ている。(3) 検査装置の充実、寸法形状測定の自動化、コンピュータの採用などにより、徹底した品質保証体制をとっている。

Synopsis：

A 64-inch UOE pipe mill has been in satisfactory operation at Chiba Works since February 1974. One of the largest of its kind in the world, the new mill is producing excellent quality pipe on a mass production basis, with some notable features as follows:
1) Its 50 000t O-ing press is capable of producing pipe with a maximum of 64-inch outside diameter and 1-inch wall thickness. 2) High productivity and excellent weld quality are obtained by continuous tack welding machines of two wire CO₂ arc welding type and the three wire submerged arc welding machines for inside and outside welding. 3) A wide variety of modern inspection devices, especially computer-aided full-automatization system employed in measuring pipe size and shape ensure rapid acquisition of information required for optimum quality control.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

資 料

千葉製鉄所大径管工場の概要

Outline of the UOE Pipe Mill at Chiba Works

歌 橋 千 之*

Chiyyuki Utahashi

山 本 幸 雄**

Yukio Yamamoto

Synopsis :

A 64-inch UOE pipe mill has been in satisfactory operation at Chiba Works since February 1974. One of the largest of its kind in the world, the new mill is producing excellent quality pipe on a mass production basis, with some notable features as follows :

- 1) Its 50 000 t O-ing press is capable of producing pipe with a maximum of 64-inch outside diameter and 1-inch wall thickness.
- 2) High productivity and excellent weld quality are obtained by continuous tack welding machines of two wire CO₂ arc welding type and the three wire submerged arc welding machines for inside and outside welding.
- 3) A wide variety of modern inspection devices, especially computer-aided full-automatization system employed in measuring pipe size and shape ensure rapid acquisition of information required for optimum quality control.

1. ま え が き

近年、世界的なエネルギー需要の増大に伴ない、原油、天然ガス輸送用パイプラインが数多く計画、実施され、今後ますます活発化する傾向にある。また、アラスカ、シベリア、北海などの例に見られるように、採掘地と消費地との距離は遠くなり、環境条件も非常に厳しい所が増えつつある実状から、これを結ぶパイプラインに使用される鋼管は、輸送効率、建設コストの面から、大径化

するとともにますます高品質のものが要求されるようになってきた。

このような需要動向に対処するため、当社では、千葉製鉄所西工場に、新たにUOE法による大径管製造設備を設置し、本年2月から営業運転を開始した。この設備は、最大外径64インチ、最大肉厚1インチ、長さ62フィートのパイプが製造でき、現在世界最大の最新鋭ミルであり、稼動開始以来安定した操業を続けている。

以下に当所大径管工場の概要と特長を紹介し、参考に供したい。

* 千葉製鉄所所長付（造管課担当）副部長

** 千葉製鉄所造管課課長

2. 製造工程

当所大径管工場の製造工程を図1に示す。大別して4工程よりなりたっており、広幅鋼板を冷間加工によりO型に丸める成形工程、シーム部を

内外面から接合する溶接工程、溶接部の歪除去、および製品寸法精度の向上のための拡管工程、できあがったパイプの品質を保証するための検査工程とがある。

図2に当工場の機械配置を示す。成形工程と溶接、拡管工程とをそれぞれ別棟に直線的に配置

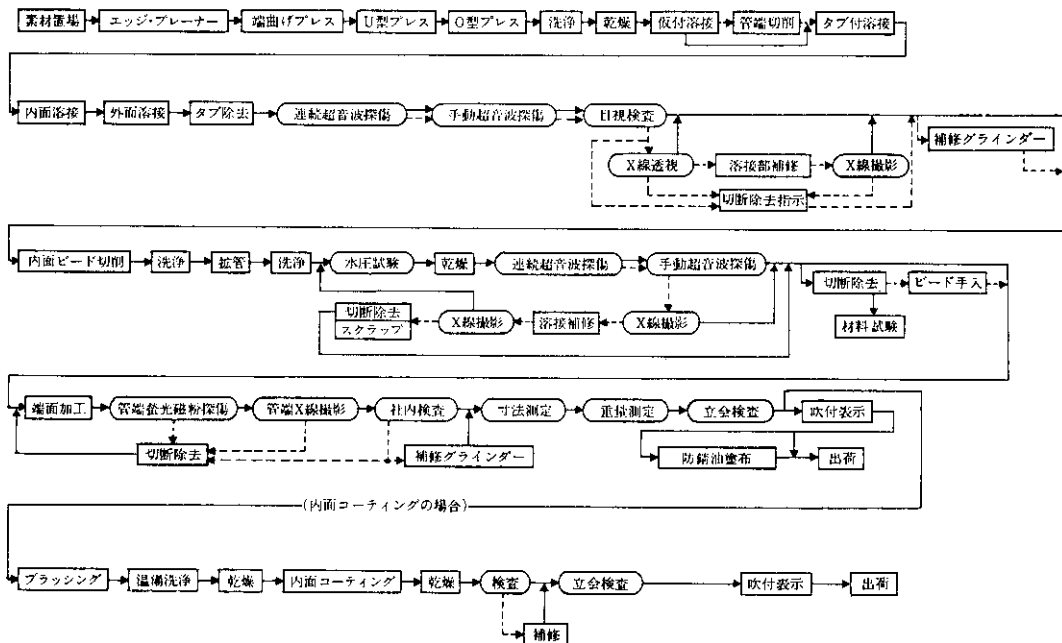


図1 UOE鋼管製造工程

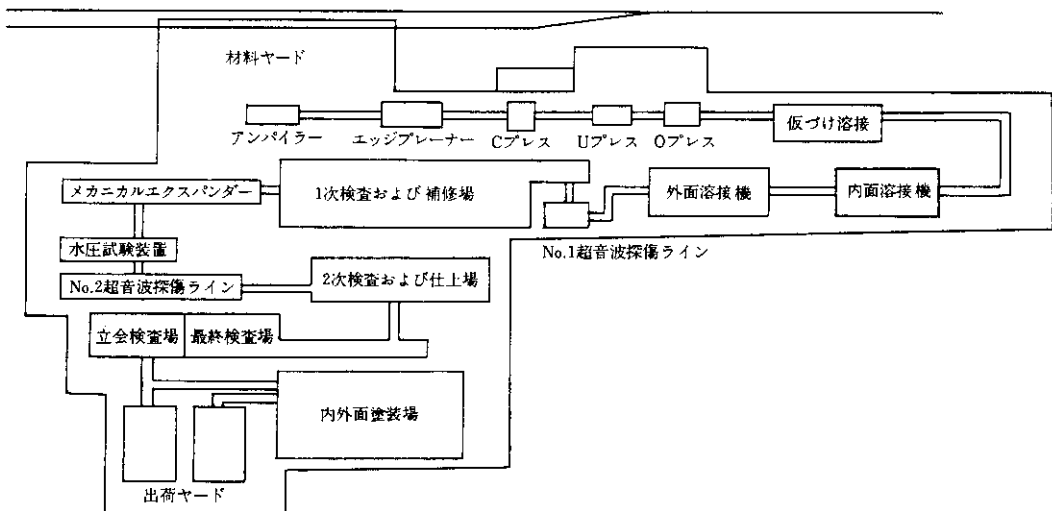


図2 大径管工場レイアウト

し、検査工程以後は図のように折返して配置した。これによって、将来の増設に対して十分な余地を残すとともに、設備相互の有機적つながりが生まれ、隣接するヤード間のパイプ移動が容易となり、作業性、能率面で期待以上の能力を保有するにいたっている。

当工場の製造可能寸法範囲は図3に示すとおりである。厚板幅の制限から現状で製造可能な最大径は、56インチであるが、来年春に予定されている水島製鉄所新厚板工場の完成後には、図3に示した寸法のパイプが製造可能となる。

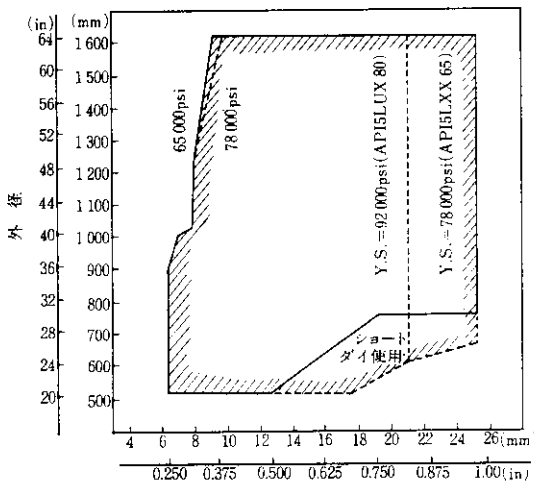


図3 UOEパイプ製造可能寸法

3. 設備の仕様および概要

主要設備の仕様、能力を表1～5に示す。以下工程順に主要設備の特長を述べる。

3.1 成形設備

素材は、厚板工場において超音波探傷試験を受け、欠陥の有無を検査されたあと大径管工場に搬入される。鋼板は、まず両側端をエッジプレーナーにて開先加工され、ついでクリンピングプレスにより、端曲げ加工される。端曲げ加工は、Oプレスでは曲がりにくい開先加工近傍部の曲率を均

一にするためのものである。つづいてUプレスにてU字型に成形したあと、Oプレスにて圧縮成形加工を行う。スケール、ダスト、付着した油分を除去したあと、シーム部を仮付溶接し、両管端の目違いを切削し、内外面溶接スタートのためのタブ板が、両端部に溶接される。



写真1 Oプレス

成形工程での特長としては、まず、成形できる鋼板長がランダムでよいことがあげられる。

パイプ長さについては、ダブルランダムレンジ（平均35フィート、最少14フィート）にその例が見られるように、比較的広い範囲のバラツキが許容される場合が多い。従来の大径管工場では、取扱う素材長さは一定で、各板ごとに違った長さの板をプレスすることは試みられていなかった。しかし厚板工場での歩どまりを最大にするためには、UOプレスでランダム長さの板のプレスができることが望ましい。当大径管工場は、ランダム長さの板の受入れが可能のように計画されており、そのため板の長さ測定、位置ぎめ、さらに長さに応じたプレス圧力設定が可能な一連の自動装置、システムを導入している。

表 1 成形工程関連設備

設 備 名	メ ー カ ー	台 数	仕 様 能 力 型 式
アンバイラー	川 電 工 業	1	永久磁石付天井走行型クレーン 最大能力 20 t
エッチプレーナ	マンネスマン MHI	1	マグネットクランプ式 バイト本数 2×12×2 切削台車自走型 切削速度 40m/min 切削面積 130m ²
クリンピングプレス	マンネスマン MHI	1	プレス能力 3 400st ツール長さ 17.2 ft シリンダー本数 6
U プ レ ス	バ ー ソ ン IHI	1	ロッカービーム式 プレス能力 3 000st 主シリンダー本数 6
O プ レ ス	バ ー ソ ン IHI	1	センターコンスタント型式 プレス能力 55 000st 主シリンダー本数 9
ウォッシャー	荏 原	1	内外面洗条式 水圧力 20kg/cm ²
ドライヤー	東京熱工炉	1	熱風循環式 内外面加熱式 熱風温度 300°C
仮付溶接機	マンネスマン MHI	2	ケージ型連続仮付溶接機 2電極 CO ₂ アーク溶接 溶接速度 6m/min
端面切削機	大同機械	1	面板回転直列型 切削速度 120m/min max.
タブ付機	ミサキ産業	1	2電極 CO ₂ アーク溶接式 ヘッド回転型

成形結果に影響をおよぼす長さ以外の変動要因としては、板厚、降伏点のバラツキが考えられる。これらのバラツキを無視して、一定圧力でプレスを行うと、成形されたパイプの周長が安定しないという不都合が生じる場合がある。これを避けるために、当工場のプレスには、プレスの圧力制御以外にラムの定位置制御も可能な方式を採用した。これらの方策により、歩止りが高く、品質の安定したパイプの製造が可能となった。

自動化、省力化については、エッチプレーナーでの幅測定、切削量、切込回数の自動設定ができるほか、成形ライン全体の自動運転、2電極CO₂

自動溶接機を組込んだ連続仮付溶接機の採用、タブ取付けの自動化など随所に新しいアイディアが盛り込まれている。

3.2 溶接設備

両端にタブ板が溶接されたオープンシームパイプは、最初に内面溶接、次に外面溶接が行われる。拡張工程にはいる前に溶接部の各種非破壊検査を行い、欠陥部分の補修、管端内面ビードの切削をすませる。このように拡張工程にはいる前に溶接部の手入れを行うのは、仮に欠陥が溶接部に存在した場合、拡張により欠陥が大きくなること

表 2 溶接設備

設 備 名	メ ー カ ー	台 数	仕 様 能 力 型 式
内 面 溶 接 機	大 阪 変 圧 機	4	ブーム固定 台車移動式 サブマージアーク溶接 溶接電極数 3 { 2000A max. 1500A max. 1500A max. 溶接速度 0.5~3.5m/min 溶接条件プリセット数 20
外 面 溶 接 機	大 阪 変 圧 機	4	台車稼動式 サブマージアーク溶接 溶接電極数 3 { 2000A max. 1500A max. 1500A max. 溶接速度 0.5~3.5m/min 溶接条件プリセット数 20
フラックス集中 処理装置	太 平 電 業	1 式	整粒, 磁選, 乾燥機付 貯粒槽 5 m ³ ×3, 0.5 m ³ ×8, 3 m ³ ×2 能 力 60l/min 空気輸送ポンプ 13台
スラグ回収装置		1	バキューム式 吸引用モーター: AC11kW
手入補修機器	各 社	1	溶接機 : 自動サブマージアーク溶接機 1台 半自動 // 2台 CO ₂ アーク // 2台 グラインダー: 高周波グラインダー エアー

が考えられること、多くのラインパイプの仕様には、拡管後の溶接手入れが認められていないことがその理由である。

内・外面溶接には、ともにわが国大径管工場としては初めての試みである3電極方式のサブマージアーク溶接が用いられている。この方式は、高速溶接が可能であり、高い生産性が期待できる反面、溶接条件の設定、調整がむずかしいため実用化が遅れていたものである。当社技術陣は、この問題に鋭意取組んだ結果、従来では考えられなかったほどの高速溶接を可能にし、しかも欠陥が少く形状も良好な溶接ビードを得ることに成功した。

その他フラックスの給配には、内外面溶接用を統合した集中処理設備を設け、そこからポンプ輸



写真 2 内面溶接装置

送により各溶接機に分配する方式を採用した。また溶接条件の設定には、すべてプリセット方式をとり入れるなど、オペレーターの個人差によるバラツキを無くし、安定した品質の製品を造りだすよう配慮がなされている。もちろん省力効果の面でも大きな成果が得られている。

3.3 拡管および精整設備

溶接の完了したパイプは、洗浄後拡管され、そのとき最大1.5%の冷間加工を受ける。この際材料の機械的性質が変化するので、製品パイプの機械的性質は、素材のそれとは多少異なったものとなるが、このことは十分考慮のうえ素材の品質設計がなされている。

拡管終了後、所定圧力で水圧試験を行い、水漏れの有無を確認する。ついで品質保証のための各種非破壊検査が行われたあと、端面切削機で現場配管に適した開先が加工される。最後に外観、寸法検査をパイプ全数に対して行い、合否判定がなされ、所定のマーキングがほどこされて製品となる。

拡管機にはメカニカル式と水圧式とがあるが、能率、品質面から、最近設置されているものはメカニカル式が多い。当工場設備にもメカニカル式が採用されており、きわめて寸法精度の良い、残留歪の少ないパイプが製造されている。

水圧試験機で管内に注水し圧力上昇を行う際、パイプの軸方向の収縮が起こる。この際、面板は管端の動きに追従し、水漏れを防がなければならない。これに対して、従来は管内圧力より多少大



写真 3 メカニカル・エキスパンダー

表 3 拡管および精整設備

設 備 名	メーカ	台 数	仕 様	能 力	型 式
メカニカル エキスパンダー	マンネスマン MHI	1	2ヘッド並列配置 主シリンダー出力 セグメント数 モーター	1 360 t (10, 12) × 2 330kW × 2	
水圧試験機	山本水圧	1	傾斜設置型 最大水圧力 最大押力	360kg/cm ² 3 000 t	
ウォッシャー	荏 原	1	内面洗条式 水圧力	10kg/cm ²	
ドライヤー	東京熱工炉	1	内面加熱、熱風循環式 熱風温度	300°C	
ガス切断機	田中製作所	2	トーチ数 トーチ回転	3 × 2 自動切断機	
端面切削機	大同機械	1	面板回転、直列配置 バイト数 バイトヘッド 切削速度	3 (1ヘッドあたり) 浮動式 130m/min	

きな力で面板を押しつける方式がとられていたが、この方式ではバランス圧力の制御不良、管端形状の異状などにより、管端部の損傷が起こる場合がある。当工場では、面板と管端との相対位置を一定に保つ位置制御を上記方式とあわせて使用することにより、この種の損傷をなくするようにしている。

3.4 検査設備

大径管工場では、あらかじめ超音波探傷により内部欠陥を検査された鋼板を造管する。溶接後溶接線全長について超音波探傷検査を行い、さらにX線透視、X線透過によって超音波探傷結果を確認する。拡張、水圧試験後さらに超音波探傷を実施し、X線透過探傷により結果を確認する。管端部についてはX線透過探傷、手動超音波探傷、端面の磁粉探傷を実施する。これら繰返し行われる非破壊検査のほかに、外観、形状、寸法検査、

各種の材質試験、機械的性質試験など、2重3重の検査、試験を行い、溶接部、母材部ともに欠陥のない製品を出荷するために、徹底した品質保証体制をとっている。欠陥の探傷には、最近超音波探傷法が主力化してきている。これは超音波探傷ハード技術の発達による設備の安定度の増大、特

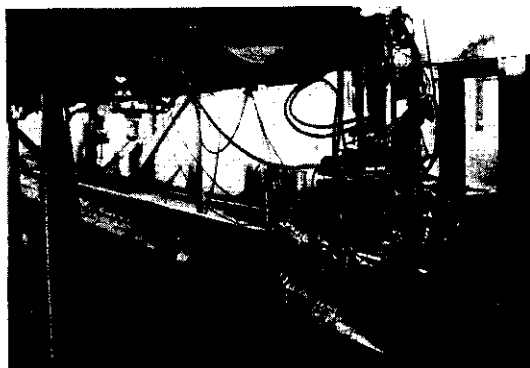


写真 4 超音波探傷装置

表 4 検査設備

設 備 名	メーカ	台 数	仕 様 能 力 型 式
自動超音波探傷装置	クラフトクレマー	2	SNUP-Q, ビード自動追従装置付き プローブ数 6 探傷型式 パルスエコー 2, 4 MHz
X 線透視装置	東 芝	1	X線発生装置 150kVP, 5 mA 検 査 速 度: 6m/min 識 別 度: 2.5% (板厚20mmのとき)
中間部X線透過装置	島 津	1	ブーム型 X線発生装置: 250kVP, 8mA×3 識 別 度: 1.5%
管端部X線透過装置	島 津	1	両管端同時撮影型 X線発生装置: 250kVP, 8mA×2 識 別 度: 1.5%
蛍光磁粉探傷装置	電 子 磁 気	1	湿式蛍光磁粉探傷 磁 化 能 力: (1 000A.T.×3)×2
秤 量 機	川 鉄 計 量 器	1	精 度: 10kg 型 式: 天秤式 プリンター付
自動寸法測定機	川 鉄 計 量 器	1	測定精度 板厚 0.05mm 直径 0.1mm 長さ 10mm 測定速度 3min (パイプ1本あたり)

に有害とされるクラックに対する感受性が強いこと、欠陥の評価が定量化できること、記録性の面ですぐれていることなどがあげられる。当工場でも超音波探傷を主体にし、X線探傷、磁粉探傷にも十分留意して、それぞれ最新鋭の装置も導入している。

寸法測定については、従来から相当の人手を要するため、その合理化がさげばれていた。今回当工場では、川鉄計量器機が開発した自動寸法測定装置を導入し、板厚、管長、管径、真円度の自動測定に成功した。このため、直接的な省力効果のほか、コンピューターとの結合による各種帳票類作成の面で効果をあげるとともに、迅速かつ正確なデータが提供されるため、品質管理面での効果も大であり、内外の注目を集めている。

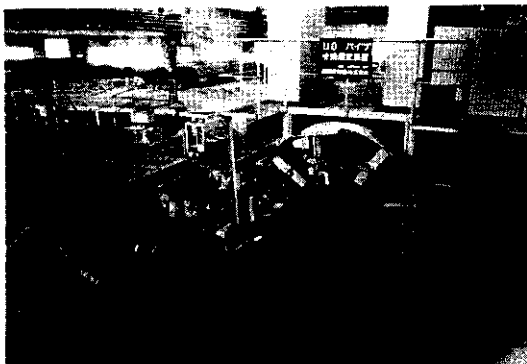


写真 5 自動寸法測定機

3.5 情報処理

造管工場では、実に多量の各種情報が発生する。これらの情報を迅速確実に処理するために、当工場では、小型電子計算機 IBM SYSTEM 7 を導入している。素材から製品出荷にいたるすべての情報は工場内各ステージにおかれた設定表示盤を通して本計算機にインプットされる。またこの計算機は、インプットされたデータを整理分類するとともに、表示盤を通じてオペレーターへ操作指示をアウトプットし、さらに上位の計算機に情報を送る役目をしている。アウトプット項目は、板番号とパイプ番号の照合、各種検査結果の集計、

解析、異常工程通過材のチェックアウト、溶接条件ごとの欠陥内容の分析、寸法測定結果の立会検査場への表示、各種帳票類の作成などであり、日常の作業指針として、また品質管理業務の合理化に、そして受注から製品出荷までの生産管理に多大の効果をあげている。

3.6 塗装および出荷関連設備

出荷ヤードに接続して、塗装関係設備が配置されている。外面塗油装置はすでに順調な稼働を続けているが、内面塗装装置は現在建設中であり、本年8月末完成の予定となっている。この装置は内面ブラッシング—湯洗—乾燥—塗装—乾燥の各工程よりなり、アミン硬化型、あるいはポリアミド硬化型のエポキシ塗料をパイプ内面に塗装するものである。この塗装装置はビーム先端に回転するノズルが装着されており、鋼管を逆方向に回転させながら塗装を行う。これにより均一、平滑な塗装面が得られる。

出荷関係の設備としては、パイプ置場にトラベリフトを、船積には専用のロープ・トロリークレーンを配置している。このため、バキューム式吊具の採用とあいまって、きわめて高能率なハンドリング作業が可能となった。

また特筆すべきものとして公害対策があげられる。工場で使用する水は、再循環、再処理して使用し、一滴たりとも系外に出さない完全なクローズドループ化がなされている。また建屋には吸音板を取付けるなどして、騒音面でも十分な配慮がなされている。

4. 操業経過

昭和49年2月より営業運転にはいり、以後半年が経過したが、順調な稼働を続けている。現在までに API 規格では 5 L B から X70 まで、JIS 規格、ASTM 規格など各種のパイプを製造したが、いずれも規格値、仕様をはるかに上回る成績を得ている。

表 5 塗装および出荷関連設備

設 備 名	メーカ	台 数	仕 様 能 力 型 式
外 面 塗 装 機	関西ペイント	1	エアレススプレー、ノズル固定 ノズル使用数：9～16 スプレー圧力：80～120kg/cm ² スプレーポンプ：3台 塗膜厚み：10～30μ
内面ブッシング装置	第2吉田記念鉄工所	1	回転ブラッシ付ブーム台車自走湿式 ブラッシ：ホイール状3×2 回転数：30～300rpm スプレーポンプ：1台 400l/min max.
内面湯洗装置	第2吉田記念鉄工所	1	ブーム台車自走 スプレーノズル固定 スプレーポンプ 1台 1500l/min max.
乾 燥 装 置	東京熱工炉	1	高負荷燃焼再循環型 発生熱量：1800 000kcal/h 熱風温度：200～250°C（熱風側出口） 燃料：灯油
内 面 塗 装 機	関西ペイント	1	エアレススプレー、ノズル回転 ターニングローラー付パイプ台車 ノズル使用数：2～4 スプレー圧力：150～200kg/cm ² スプレーポンプ：2台 塗膜厚み：30～100μ
場内クレーン	川崎電機	9	22t×3台、20t×1台、13t×1台、 25t×1台、15t×1台、5t×1台、 30/5t×1台、
トラベリフト	川崎重工	2	ゴムタイヤ式門形移動クレーン フック下 13.5t×2 スパン 24m 走行 80m/min エンジン 12 023cc×202ps×2 000rpm
岩壁クレーン	川崎電機工業	1	ロープトロリー式橋形クレーン 定 格 35t 揚 程 +20m－14m（走行レール面基準） （海面）（レールスパン）（陸上） スパン 30m + 22.325m + 15m 横行×捲上 60m/min×3m/min

5. む す び

以上千葉製鉄所大径管工場の概要を紹介した

が、さらに品質向上ならびに生産性向上のための努力改善を行い、今後ますます高度化するであろう需要業界からの要請に対し、十分応えられるよう努力していきたいと考えている。