
大径鋼管のポリエチレン被覆技術とその品質

Poluethy Coated Large Diameter Pipe – its Manufacture and Quality –

持 舘 肇(Hajime Mottate) 美 浦 一彦(Kazuhiko Miura) 唐 沢 順市(Jun-ichi Karasawa) 守 井 隆史(Takashi Morii) 中 沢 正敏(Masatoshi Nakazawa) 村 居 直 昌(Naomasa Murai)

要 旨 :

当社千葉製鉄所では、昭和 54 年 4 月、UO 大径鋼管工場内に T ダイ押出しポリエチレン被覆鋼管製造設備が稼動した。本設備は、鋼管の防食を目的に、帯状のポリエチレンを鋼管外面に被覆するもので、適用できる鋼管寸法（外径 20 インチより 64 インチまで、最大長さ 60 フィート）、生産能力の点で、世界最大級の設備である。品質の点でも、被覆材料、被覆条件等を十分に検討の結果、使用環境温度の拡大（ -45°C から $+80^{\circ}\text{C}$ ）、鋼管と被膜との間の密着向上、運搬荷役時の表面損傷性の改善、など従来のポリエチレン被覆鋼管の欠点が大きく改善された。主な設備は、プラスト設備、ポリエチレン被覆設備、管端部切断加工処理等の製造設備と、製品品質を保証するための一連の検査設備とからなっている。

Synopsis :

Manufacture of the external polyethylene(PE) coated large diameter pipe started in April 1979 in the UOE pipe mill plant of Chiba Works. The main feature of PE coating is corrosion prevention of steel pipe by an extruded PE film that wraps round the outer surface of pipe spirally. The PE coating machine is of T-die extrusion type, and one of the world's largest of its kind in product size available, with pipe diameter 20"to 64"and maximum pipe length 60'and in production capacity. The main facilities consist of blasting unit before coating, PE film coating unit, coated pipe end cutting and levelling unit, and many inspection devices for complete quality assurance. This paper discusses results of study on the combination of coating materials and coating conditions which brought about improvement in coating quality, applicable ambient temperature range (-45° to $+80^{\circ}\text{C}$) for pipe, adhesion strength and toughness against damage to the surface during transportation and handling.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

大径鋼管のポリエチレン被覆技術とその品質

Polyethylene Coated Large Diameter Pipe
— its Manufacture and Quality —

持 館 肇*
Hajime Mottate

美 浦 一 彦**
Kazuhiko Miura

唐 沢 順 市***
Jun-ichi Karasawa

守 井 隆 史****
Takashi Morii

中 沢 正 敏*****
Masatoshi Nakazawa

村 居 直 昌*****
Naomasa Murai

Synopsis:

Manufacture of the external polyethylene (PE) coated large diameter pipe started in April 1979 in the UOE pipe mill plant of Chiba Works. The main feature of PE coating is corrosion prevention of steel pipe by an extruded PE film that wraps round the outer surface of pipe spirally. The PE coating machine is of T-die extrusion type, and one of the world's largest of its kind in product size available, with pipe diameter 20" to 64" and maximum pipe length 60' and in production capacity.

The main facilities consist of blasting unit before coating, PE film coating unit, coated pipe end cutting and levelling unit, and many inspection devices for complete quality assurance.

This paper discusses results of study on the combination of coating materials and coating conditions which brought about improvement in coating quality, applicable ambient temperature range (-45° to $+80^{\circ}$ C) for pipe, adhesion strength and toughness against damage to the surface during transportation and handling.

1. ま え が き

パイプラインは、原油、天然ガス、水などの流体を効率的に輸送するため、近年多数建設ないしは計画がなされている。これらのパイプラインは通常20年以上、場合によっては40年以上もの寿命を前提に敷設される。パイプラインとしての鋼管は、地上、地中または海底などの水中に敷設されるので、敷設環境の点より防食がきわめて重要となる。近年、防食技術は大きく進歩したが、パイプラインの防食に対しても著しい向上が見られる。代表的な防食方法として、電気化学的な防食法と

併用して耐食性にすぐれた有機材料による被覆を行うことが多い。

防食用被覆材料としては、防食性にすぐれていることはもちろん、強度、靱性等の材料特性および鋼管との密着性などが重要であり、また敷設までに発生する表面欠陥の補修性にすぐれていることが不可欠である。特にパイプラインの場合には、敷設完了までの鋼管の運搬、保管、工事などの条件およびパイプライン完成後の操業条件を考慮すると -45° Cから $+80^{\circ}$ Cくらいの広い温度範囲で使用できるすぐれた特性を必要とする。

従来、鋼管の外表面被覆用としては瀝青質材料が主に用いられてきたが、パイプライン用としてこ

* 千葉製鉄所造管課課長
... 知多製造所管理部技術管理室
..... 千葉製鉄所管理部鋼管管理課掛長
〔昭和55年10月1日原稿受付〕

.. 千葉製鉄所造管課掛長
.... 千葉製鉄所管理部検査課
..... 千葉製鉄所管理部鋼管管理課掛長

のような品質要求に応じて近年ではポリエチレン（以下 PE と略す）被覆が多用されるようになってきた。さらに敷設現地での被覆作業条件の悪さから、工場で被覆された鋼管が採用されることが多くなってきている。

当社では、このような新しい需要に応えるため、1979 年 4 月に千葉製鉄所大径鋼管工場内に、外径 20 インチ (508mm) から 64 インチ (1626mm) の鋼管に適用できる T ダイ (フラットダイ) 法押出 PE 外面被覆鋼管製造設備を稼動させた。

本設備は、従来耐食性にすぐれた PE の欠点とされていた鋼管との密着性向上のため、鋼管表面に接着剤を塗布した後、接着性にすぐれた PE と耐食性等にすぐれた外装用 PE との異なる 2 層の溶融 PE を同時に重ねあわせて T ダイより帯状に押出し、鋼管にスパイラル状に巻きつけて被覆するもので、ラインパイプ用被覆として前述の全ての特性を満足させ得る被覆鋼管製造設備である。本設備は稼動以来ソ連向大径鋼管をはじめとして大量の生産実績をあげている。本報ではこの新鋭設備により生産された当社の外面 PE 被覆大径鋼管について報告する。

2. 被覆工程と設備

大径 PE 被覆鋼管の被覆工程を Fig. 1 に示す。

この被覆工程を大別すると次の三つに分けられる。

- (1) 前処理
- (2) 被覆
- (3) 検査

以下に、主な PE 被覆設備の概要を示す。

2.1 前処理設備

前処理設備の主なものとして、ショット効率を上げるための水切り、ショットブラスト装置、および加熱装置がある。

ショットブラスト装置はコーティングラインへの粉塵の飛散を防ぐため三重にチャンバーでカバーされている。

ショットブラスト後、搬送中に鋼管表面に疵が入るのを防ぐため、スキッドはマグネスキッドが設置され、スキューロールは硬質ゴムで作られている。

2.2 被覆設備

被覆設備としてはプライマー塗布装置、PE 押出機、PE 供給装置および押出された PE シートを鋼管に押し付ける装置がある (Table 1 参照)。

PE は、変性 PE 用と外層 PE 用の 2 台の押出機を一つの T ダイと組合せることにより、すぐれた接着性を有する 1 枚のシートとして押出される。

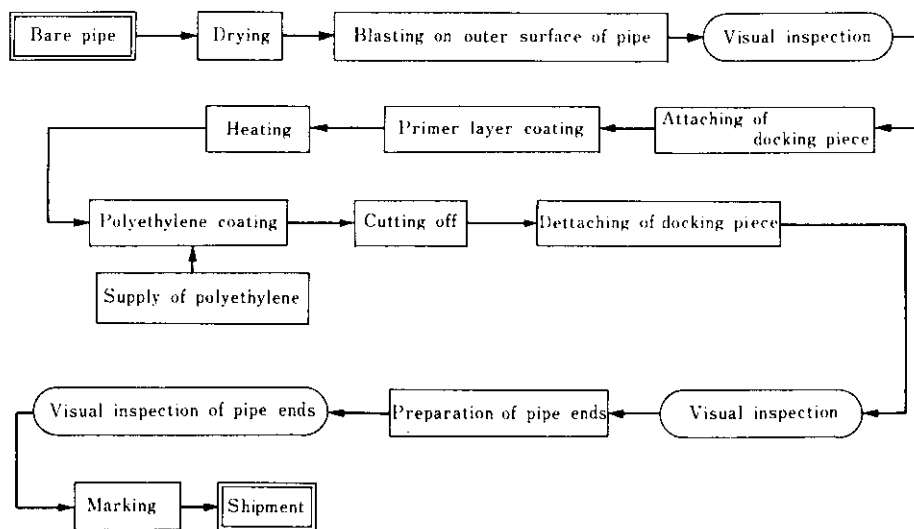


Fig. 1 Manufacturing process of polyethylene coated pipe

このシートは特殊な押えロールによって鋼管に押し付けながら巻付けられ、予め塗布されたプライマーとの作用も加えてきわめて高い接着性を示す。

また、巻付ける際のシートのラップ材と押えロールのセット方法を選択することにより、完全にフラットな面から凸凹模様のついた面まで種々の表面状態を作りながら巻付けることができる。

2.3 検査設備

需要家の要求に対して十分な品質保証が行えるよう、オンラインに自動ピンホール検出機を導入する等 PE 被覆鋼管に対する試験、検査設備には万全の配慮がなされている。主要検査設備の仕様および能力を Table 2 に、オンライン自動ピンホール検出機を Photo. 1 に示す。

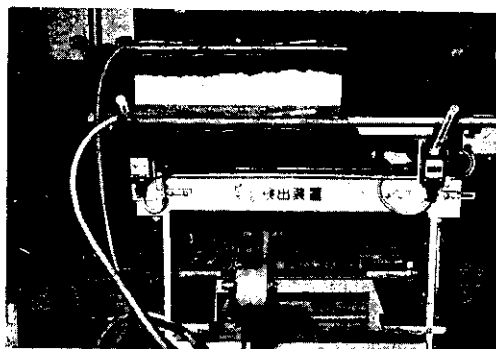


Photo. 1 Automatic holiday detector

3. 大径 PE 被覆鋼管の品質特性

当社の大径 PE 被覆鋼管は、 -45°C から $+80^{\circ}\text{C}$ までの広い温度範囲で使用できるように、被覆材

Table 1 Main equipment for polyethylene coating

Equipment	Maker	Type and capacity
Blasting machine	NIPPON BLAST MACHINE Co.	Rotary type Capacity : 750kgf/min Cleaning width : 900mm
Induction coil for heating	FUJI ELECTRIC Co., Ltd.	Electric induction heater Capacity : 3 100kW
Supply of polyethylene	COLOR TRONIC Co.	Method : Polyethylene colour master batch pellet Drying hopper and automatic blending
Polyethylene extruder	TOSHIBA MACHINERY Co.	Number of extruders : 2 sets Capacity of extruder : 170kg/h & 450kg/h

Table 2 Test and inspection equipment for polyethylene coating

Equipment	Maker	Number	Type and capacity
Automatic holiday detector	SANKO DENSHI KENKYUSHO Co.	1	Type : High voltage pulse arc type Voltage : 5~35kV Audible warning system : Automatic marking device & buzzer
Peeling test machine	YOSHIDA SEISAKUSHO Co., LTD.	1	Peeling velocity : 0~50mm/min Peeling load : Max. 200kg
Impact test machine	YOSHIDA SEISAKUSHO Co., LTD.	1	The method consists of a mechanical test in which a tup of fixed weight is dropped through varying heights to produce point impact on the surface of the pipe specimen Diameter of tup nose : 12.7, 16.0 & 25.4mm Impact resistance : Max. 10kgf·m
Penetration test apparatus	YOSHIDA SEISAKUSHO Co., LTD.	1	Test temperature : -50°C ~ 150°C Diameter of penetrated pin : 1.8mm

料としてのPE、接着剤を厳選して使用している。以下に当社のPE被覆鋼管のPE樹脂基本特性および、PE被覆鋼管の特性を示す。

3・1 PE樹脂基本特性

PEは一般的に高密度PEと低密度PEに分類されるが、耐食性、耐候性、強度および耐衝撃性などの輸送用防食鋼管として必要な特性について、種々のPEを総合評価した結果、Table 3のような特性をもつ高密度PEを使用することにした。

3・2 PE被覆鋼管の特性

Table 3に示した特性をもつPEと接着性のすぐれた変性PEを、硬質型接着剤塗布後、被覆したPE被覆鋼管の特性（密着力、衝撃強さ、引張特性、硬さの温度依存性）を以下に記す。

3・2・1 密着力と温度の関係

硬質型接着剤を使用することにより、Fig. 2に示すとおり、すぐれた密着性を有し、特に高温でも高い密着力を有している。なお、試験はTable 2に記した剥離試験機を使用して実施した。その代表的チャートをFig. 3に示す。

3・2・2 衝撃性と温度の関係

PE被覆鋼管より採取した鋼材付試験片をASTM G14-72法に従って、PE被覆面破壊時の

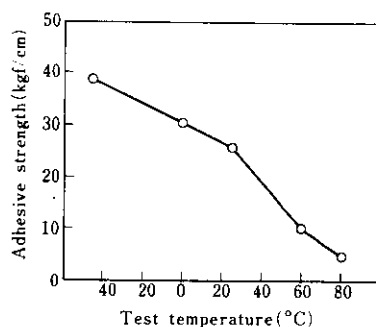


Fig. 2 Effect of test temperature on adhesive strength

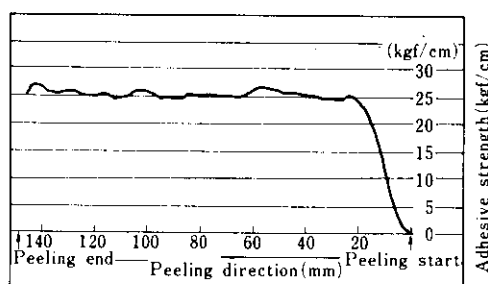


Fig. 3 Typical example of adhesion test result at room temperature

衝撃エネルギーと温度の関係を求めた。Fig. 4に示すとおり、非常に高い耐衝撃エネルギーを有している。

Table 3 Properties of coated material

Item	Test method	Units	Properties of coated material
Density	ASTM D 1505-67	g/cc	0.950~0.955
Melt flow index	ASTM D 1238-65T	g/10min	0.18~0.22
Softening point	ASTM D 1525-65T	°C	120~125
Melting point	ASTM D 2117-64	°C	125~130
Brittleness temperature	ASTM D 746-55T	°C	< -80
Disruptive voltage	ASTM D 149-64	kV/mm	> 35
Hardness	ASTM D 2240-68	Shore D scale	60~65
ESCR ²⁾	ASTM D 1693	F ₅₀ , hour	> 1 000

Note 1) Final carbon content : 2.5% weight

2) ESCR : Environmental Stress Cracking Resistance

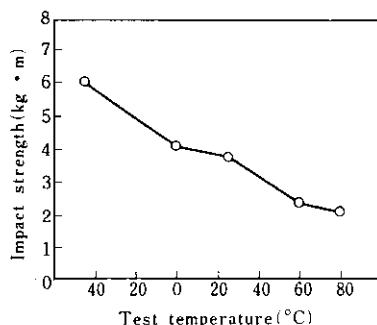


Fig. 4 Effect of test temperature on impact strength

3・2・3 引張特性と温度の関係

PE 被覆鋼管より樹脂層を剥離して試験試料とし、引張試験を実施した (JIS K6760 法) 結果を Fig. 5 に示すが、強度の低下する高温域でも問題ない値となっている。

3・2・4 硬さと温度の関係

PE 被覆鋼管より採取した鋼材付試験片を使用して、針入度試験 (DIN 30670 法) を実施した。24 時間後の針入深さと温度との関係を Fig. 6 に示すが、非常に良い値を示している。

4. 損傷部の補修方法

PE 被覆鋼管の輸送中に発生する PE 被覆表面欠陥の補修方法について、現地パイプライン敷設時を想定して模擬施工実験を実施した。その結果パイプラインの建設現場で施行するパイプライン

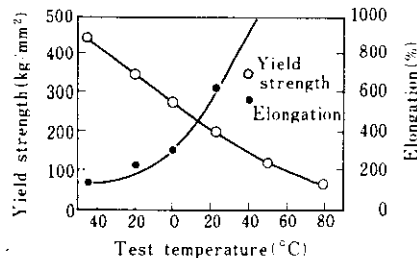


Fig. 5 Effect of test temperature on yield strength and elongation

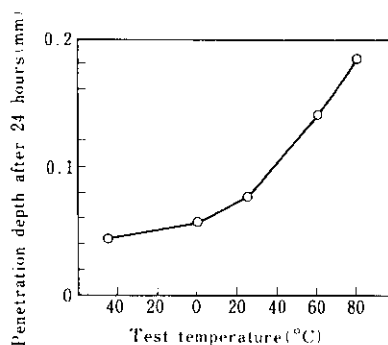


Fig. 6 Effect of test temperature on penetration depth

の防食被覆として、実用上、十分な防食性能、機械的強度および密着力が得られた。Table 4 に損傷部の補修方法の代表例を示す。

5. 終りに

千葉製鉄所大径鋼管工場に設置された最新鋭の大径鋼管 PE 被覆設備はパイプラインの防食のための被覆鋼管を、稼動以来順調に製造している。

Table 4 Repairing procedure for damages on polyethylene coating

Portion of damage	Size of damage	Repairing method
Pipe body	Small (Depth ≤ 1mm)	Remove the damage with grinder or emery paper
	Small (Depth > 1mm)	Embedding method (Polyethylene stick)
	Middle (Length ≤ 100mm)	Patch method
	Large (Length ≤ 300mm)	Apply the anti-corrosion tape with a ½ lap
	Large (Length > 300mm)	Heat shrinkable tube is centered over damaged area and apply heat the tube with burner
Pipe ends	Small and middle	Anti-corrosion tape
	Large	Heat shrinkable tube

この製品の特徴は、設備の生産能力、製造可能寸法等が世界最大級であるばかりでなく、品質面においても、材料の選択や操業上の改善を進めた結果、 -45°C から $+80^{\circ}\text{C}$ の広い使用温度範囲で、すぐれた特性を持っていることである。また製造された鋼管は、Photo. 2 に見られるように、美しい外観を呈している。この種の鋼管は従来、表面疵が発生しやすいという欠点があったが、この点が著しく改善されている。

今後はラインパイプとしての製造実績を増し、信頼性の高いパイプラインの建設に寄与して行くと同時に、多くのすぐれた特長を生かした新しい用途を開発し、需要の拡大をはかっていきたい。

終りにあたり、本報のまとめに際し、多くの PE 基礎物性データの提供と討論に熱心に参加してい

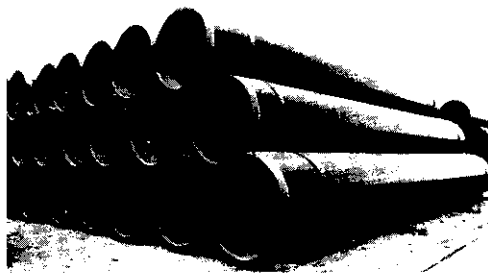


Photo. 2 Polyethylene coated large diameter pipe

ただいた、材料メーカーの各位に厚くお礼申し上げます。