

# Công nghệ bọc chống ăn mòn cho các đường ống dầu khí tại Nhà máy bọc ống - PVID: Hiện trạng và các cải tiến, hợp lý hóa dây chuyền công nghệ

TS. Chu Chất Chính, KS. Trần Đức Minh, ThS. Nguyễn Phước Toàn  
Công ty CP Đầu tư và Xây lắp khí (PVID)

## Tóm tắt

**Nhà máy Bọc ống Dầu khí (trực thuộc Công ty CP Đầu tư và Xây lắp khí - Tổng công ty Khí Việt Nam - CTCP) là nhà máy cơ khí bọc ống dầu khí đầu tiên tại Việt Nam. Công tác chế tạo, lắp đặt, chạy thử dây chuyền máy móc thiết bị Nhà máy do nhà thầu chính - Tập đoàn Bauhuis International B.V của Hà Lan thực hiện. Ban đầu, Nhà máy được trang bị hai dây chuyền thiết bị tiên tiến, hiện đại nhất trên thế giới, đó là dây chuyền đồng bộ bọc chống ăn mòn cho các đường ống, sử dụng phương pháp bọc ba lớp 3LPE/PP (Polyethylene/Polypropylene) kết hợp với lớp lót FBE (Fusion Bonded Epoxy) và dây chuyền đồng bộ bọc bê tông gia tải cho đường ống, được sử dụng công nghệ phun văng (Impingement) liên tục có lưới thép gia cường cho bê tông, cho các loại ống có đường kính từ 6 - 48 inch, công suất trung bình trong điều kiện làm việc một ca là 240km ống bọc/năm [1]. Nội dung bài báo giới thiệu về hiện trạng công nghệ bọc chống ăn mòn 3 lớp tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí, sự cần thiết phải nghiên cứu đề xuất ứng dụng giải pháp dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp tại Nhà máy và giới thiệu tổng thể dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp do PVID đề xuất nghiên cứu, thiết kế và lắp đặt tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí.**

## Giới thiệu chung

Hiện nay, trên thế giới thường sử dụng phổ biến 3 phương pháp bọc chống ăn mòn cho đường ống gồm: phương pháp bọc Asphalt Enamel (AE), phương pháp bọc Fusion Bonded Epoxy (FBE) và phương pháp bọc 3 lớp Polyethylene/Polypropylene (3LPE/PP) kết hợp với lớp lót FBE. Phương pháp bọc AE đã có từ khá lâu và là phương pháp bọc chống ăn mòn phổ biến nhất trong thập niên 60 - 80 của thế kỷ XX, tuy nhiên đến nay, phương pháp này hầu như không còn được sử dụng ở các nước phát triển. Nguyên nhân bởi chi phí bọc AE phụ thuộc nhiều vào giá dầu mỏ; đường ống bọc AE cũng có chi phí thiết kế, bảo trì Anode cao hơn trong khi tuổi thọ thấp hơn so với các phương pháp bọc tiên tiến khác; hơn nữa AE còn được xác định là vật liệu gây tác hại đối với môi trường và nhiều nước không cho phép sử



**Hình 1.** Sơ đồ tổng thể dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn và bọc bê tông Nhà máy Bọc ống Dầu khí

dụng loại vật liệu này trong bọc ống. Phương pháp bọc chống ăn mòn được triển khai tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí của PVID là phương pháp bọc 3 lớp Polyethylene/Polypropylene kết hợp với lớp lót FBE. Đây là công nghệ

mới nhất hiện nay, đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Sơ bộ về hệ thống bọc các lớp tại Nhà máy gồm:

- Hệ thống bọc một lớp (Mono-layer system) gồm lớp lót Fusion Bonded Epoxy (FBE), dày 60 - 750µm.
- Hệ thống bọc 2 lớp (Dual-layer system) gồm lớp Dual Fusion Bonded Epoxy (DFBE), dày 300 - 750µm.
- Hệ thống bọc 3 lớp (Polyolefin's three-layer system) gồm lớp Polyethylene (PE)/Polypropylene (PP), chiều dày từ 1,5 - 20mm PE/PP.
- Đường kính ống bọc 4 - 48 inch.
- Chiều dài mỗi ống 8,5 - 12,2m.

Sơ đồ tổng thể dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn và bọc bê tông Nhà máy Bọc ống Dầu khí được thể hiện trên Hình 1 [2].

## 1. Hiện trạng công nghệ bọc chống ăn mòn tại PVID

### 1.1. Giới thiệu tổng thể dây chuyền bọc 3 lớp

Hệ thống bọc chống ăn mòn là một dây chuyền bán tự động làm nhiệm vụ bọc các lớp chống ăn mòn FBE và lớp PE/PP để bảo vệ mặt ngoài ống nhằm chống tác động cơ học cho lớp FBE. Ống trần (bare pipes) được đưa vào hệ thống bọc bằng xe nâng và các băng chuyền chuyên dụng. Tại các băng chuyền, ống sẽ được di chuyển, nâng/hạ qua các băng chuyền và giới hạn hành trình của ống nhờ các cần nâng/hạ và các thiết bị dừng ống dẫn động bằng các mô tơ và xy lanh thủy lực.

Trước khi bọc, ống được đưa vào khu vực làm sạch bằng phương pháp phun nước cao áp để rửa sạch đất, bụi bám trên ống trong quá trình bảo quản và vận chuyển ống trần và giảm nồng độ muối có trên bề mặt ống (nếu có). Sau đó ống được làm nóng sơ bộ (Pre-heating) bằng khí đốt (LPG) trước khi chuyển vào làm sạch bề mặt ngoài bằng phương pháp phun bi (blasting) để tăng độ bám dính giữa bề mặt ống và lớp sơn chống ăn mòn FBE. Sau khi ống được bắn Blasting, bộ phận kiểm tra chất lượng sản phẩm (quality control - QC) sẽ tiến hành các bước kiểm tra như sau: kiểm tra nồng độ muối (salt test), hình dáng (profile) bề mặt ống, độ bụi (dust test). Kiểm tra bằng mắt thường các khuyết tật trên bề mặt ống (nếu có khuyết tật, sẽ tiến hành sửa chữa ống).

Sau đó ống được gia nhiệt cảm ứng (induction coil) đến khoảng 220 - 245°C. Tại các công đoạn bọc ba lớp (3L) gồm: lớp FBE (lớp sơn chống ăn mòn), lớp Adheshive (lớp

keo liên kết) và lớp PE-PP (lớp đùn quấn - topcoat), các nguyên liệu này từ các máy được phun/đùn về phía ống trong khi ống được xoay tròn và di chuyển tịnh tiến về phía trước. Sau các công đoạn bọc, ống sẽ được làm mát bằng nước và kiểm tra khuyết tật nhằm phát hiện những khiếm khuyết trên lớp bọc để tiến hành sửa chữa, hoàn thiện công đoạn bọc chống ăn mòn.

Để thực hiện tốt và đảm bảo chất lượng kết quả quá trình bọc 3 lớp, hệ thống dây chuyền công nghệ bọc 3L được trang bị các thiết bị đo, được lắp đặt ngay tại các máy ở mỗi công đoạn chính nhằm kiểm tra và hiển thị các thông số cần kiểm soát trong suốt quá trình bọc. Đồng thời, PVID bố trí đội ngũ QA/QC trực tiếp kiểm tra chất lượng sản phẩm tại mỗi công đoạn của quá trình bọc nhằm đáp ứng yêu cầu chất lượng đặt ra theo yêu cầu kỹ thuật của mỗi dự án. Tại mỗi công đoạn, các kỹ sư/công nhân kỹ thuật vận hành và giám sát quá trình bọc để kịp thời phát hiện/xử lý những bất thường (nếu xảy ra) trong quá trình sản xuất. Hình ảnh tổng thể hiện trạng dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn cho các đường ống tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí được thể hiện trên Hình 2.



Hình 2. Dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí

**1.2. Các loại công nghệ bọc 3 lớp**

Về công nghệ bọc chống ăn mòn 3 lớp hiện nay đều theo một nguyên lý chung như sau: ống được gia nhiệt đến nhiệt độ thích hợp, sau đó được đưa qua bọc các lớp:

- Lớp 1: FBE - Phun tĩnh điện.
- Lớp 2: Adhesive - Phun bột hoặc extrusion (tùy theo độ dày).
- Lớp 3: Topcoat - Đùn quấn PE/PP.

Về công nghệ bọc lớp thứ 2 (Adhesive), phổ biến có 2 loại công nghệ bọc: công nghệ bọc dùng hệ thống súng phun (Spray gun) và công nghệ bọc dùng hệ thống đùn (Extrusion).

**1.2.1. Công nghệ bọc dùng hệ thống đùn (Extrusion system):**

- Ưu điểm:
  - + Công suất cao, thích hợp cho lớp bọc dày;
  - + Tính ổn định cao.
- Nhược điểm:
  - + Khó kiểm soát chiều dày lớp bọc;
  - + Độ bám dính giữa các lớp không cao.

**1.2.2. Công nghệ bọc dùng hệ thống súng phun (Spray gun):**

- Ưu điểm:
  - + Gọn nhẹ, có thể lắp đặt trong không gian nhỏ;
  - + Dễ kiểm soát chiều dày lớp bọc, thích hợp cho các lớp bọc có chiều dày < 1mm;
  - + Độ bám dính giữa các lớp cao;
  - + Tỷ lệ ống bị lỗi của lớp bọc thấp.
- Nhược điểm:
  - + Độ bụi thải ra ngoài môi trường cao;
  - + Giá thành cao hơn.

Sơ đồ quy trình bọc 3 lớp (3 Layer application process) được thể hiện trên Hình 3.

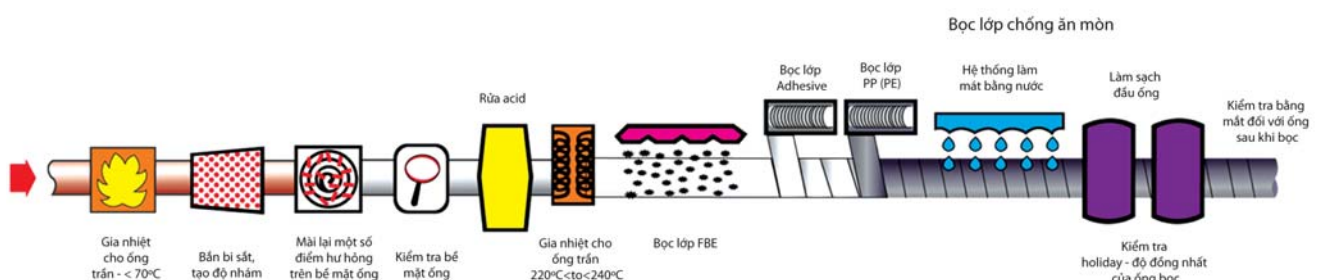
**2. Các nội dung cải tiến dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn 3L**

**2.1. Các đặc điểm chưa phù hợp của dây chuyền công nghệ bọc 3L**

- Công suất của máy đùn nhỏ (extruder) dùng cho bọc adhesive, không đủ để dùng cho bọc topcoat của 5LPP. Do chênh lệch đầu ra và đầu vào khi bọc 3LPE/3LPP là khoảng 5mm, nhưng đối với bọc 5LPP là khoảng 10 - 15mm.
- Hệ thống băng chuyền không phù hợp để bọc lớp dày trên 12mm.
- Hệ thống làm mát không đủ đáp ứng cho lớp bọc dày.
- Hệ thống cấp liệu chưa phù hợp cho việc bọc vật liệu nhiều thành phần.
- Roller bọc (Application roller) không đủ độ mềm để tạo lớp bọc có tỷ trọng thấp.
- Thiếu hệ thống gia nhiệt bên ngoài lớp bọc.
- Thiết bị cut-back không tạo được bậc (PP Toe) tại đoạn cut-back của 2 đầu ống (phục vụ cho công tác bọc mối hàn tại công trường).

**2.2. Các nội dung PVID để xuất và đã cải tiến**

- Lắp đặt máy đùn mới với công suất lớn hơn để bọc Topcoat.
- Thiết kế, cải tiến hệ thống băng chuyền, có thể điều chỉnh linh hoạt theo chiều dày lớp bọc.
- Nối dài hệ thống làm mát.
- Bổ sung thêm hệ thống làm mát bên trong ống (internal quench).
- Lắp đặt thêm máy trộn vật liệu vào hệ thống cấp liệu.



Hình 3. Sơ đồ quy trình bọc 3 lớp (3 Layer application process) tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí

- Gia công roller bọc (Application roller) có độ cứng thấp.
- Thiết kế, lắp đặt cơ cấu gia nhiệt hồng ngoại.
- Thiết kế, lắp đặt thêm máy cut-back 5LPP.

### 3. Sự cần thiết phải nghiên cứu, đề xuất giải pháp dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp

Do mới tham gia vào thị trường bọc ống trong vòng 2 năm gần đây, PVID đã chịu những áp lực nhất định khi tham gia đấu thầu trực tiếp với các doanh nghiệp bọc ống hàng đầu trên thế giới. Dây chuyền bọc 3 lớp là dây chuyền chỉ dùng để bọc chống ăn mòn bằng FBE một lớp hay nhiều lớp hoặc bọc 3 lớp PE/PP (FBE + Adhesive + PE/PP). Tuy nhiên, trên thực tế chủ đầu tư một số dự án đòi hỏi không chỉ cần sản phẩm bọc chống ăn mòn mà còn bọc cách nhiệt (bảo ôn) cho đường ống, đặc biệt phải đáp ứng các điều kiện khắc nghiệt như: chịu được nhiệt độ cao khi vận hành (tới 150°C), chịu được áp lực bên ngoài cao (tuyến ống được lắp đặt ở khu vực nước sâu hoặc rất sâu) nên yêu cầu phải bọc 5 lớp PP (5LPP). Đây là một loại bọc cách nhiệt có công nghệ rất phức tạp và thi công khó khăn, kể cả đối với các nhà máy bọc ống trên thế giới đã có hàng chục năm kinh nghiệm.

Do yêu cầu thực tế và cần phải đa dạng hóa sản phẩm, PVID đã đề xuất nhiệm vụ nghiên cứu, thiết kế và lắp đặt dây chuyền công nghệ bọc ống 5 lớp tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí nhằm hợp lý hóa dây chuyền công nghệ hiện có và bổ sung dây chuyền công nghệ mới. Trong quá trình triển khai thực hiện Nhà máy đã cùng hợp tác với đối tác nước ngoài để chế tạo và cải hoán nhằm đảm bảo dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp đơn giản hợp lý và tiết kiệm chi phí.

### 4. Dây chuyền công nghệ mới bọc 5 lớp được lắp đặt tại Nhà máy bọc ống PVID

#### 4.1. Tổng quan về dây chuyền

Dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp do PVID cùng đơn vị tư vấn nước ngoài tự nghiên cứu, thiết kế và lắp đặt, bao gồm tất cả các hệ thống, công đoạn để tạo ra một sản phẩm bọc ống 5 lớp 5LPP hoàn thiện. Dây chuyền này

được nghiên cứu, thiết kế hợp lý và sáng tạo về bố trí các thiết bị dây chuyền, chọn lựa các thiết bị, điều động linh hoạt các thiết bị như: hệ thống băng chuyền linh hoạt, có thể điều chỉnh tốc độ, bề rộng... để phù hợp với điều kiện mặt bằng, nhà xưởng hiện tại của Nhà máy và với chi phí thấp nhất.

Dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp bao gồm các bộ phận, thiết bị chính:

- + Hệ thống 2 máy đùn với công suất 1.200kg/giờ và 750kg/giờ.
- + Hệ thống băng chuyền linh hoạt, có thể điều chỉnh tốc độ, bề rộng... phù hợp với bọc 5LPP.
- + Cơ cấu cấp liệu với tỷ lệ pha trộn chính xác đến 0,02%.
- + Cụm máy cutback được thiết kế gọn nhẹ phù hợp với mặt bằng dây chuyền với tính hiệu quả cao.
- + Trạm nước làm mát được thiết kế với công suất lớn, đáp ứng được yêu cầu của công nghệ bọc 5 lớp.

#### 4.2. Kết quả chạy thử nghiệm dây chuyền công nghệ bọc 5 lớp 5LPP

- + Tỷ trọng ổn định đạt 650 - 660 kg/m<sup>3</sup> tại đầu ra với tỷ lệ pha trộn chất tạo bọt khí trong PP (blow agent) là 1,7%.
- + Chiều dày một lần bọc đạt được 15 - 17mm ứng với tốc độ chạy ống 0,4m/phút, như vậy đối với ống bọc 5LPP dày 65mm sẽ bọc 4 lần.
- + Trạm nước làm mát có hiệu quả tốt, làm giảm nhiệt độ lớp bọc xuống dưới 60°C.
- + Thiết bị cut-back đã vận hành thành công với máy mài chổi (Brushing cutback).

Với kết quả chạy thử nghiệm dây chuyền công nghệ bọc 5LPP thành công như nêu trên, PVID có thể khẳng định Nhà máy bọc ống hoàn toàn đáp ứng được yêu cầu của các dự án bọc ống 3 lớp và 5 lớp, đảm bảo chất lượng cũng như tiến độ của sản phẩm và của các dự án. Chi tiết kết quả thử nghiệm dây chuyền 5LPP được nêu chi tiết trong Bảng 1.

**Bảng 1.** Bảng thông số kết quả thử nghiệm dây chuyền 5LPP

Loại ống	Tốc độ băng tải	Tốc độ máy đùn	Áp suất máy đùn	Khối lượng vật liệu/phút	Chiều dày lớp bọc
12 inch	130s/m	50Rpm	6,8Mpa	7 - 8kg	13mm

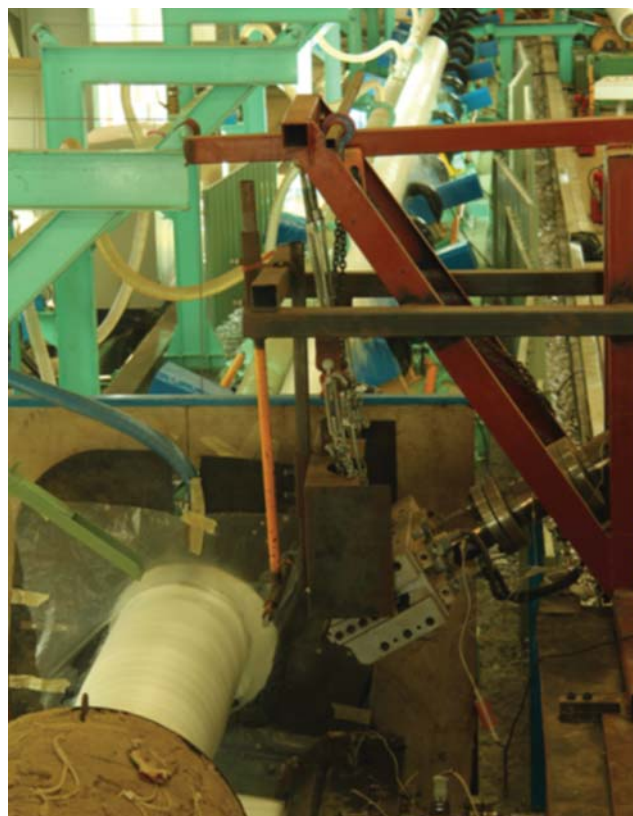
Một số hình ảnh của dây chuyền 5 lớp đang bọc ống cho DA BD1/CRA:



Ống chuẩn bị đưa vào dây chuyền bọc 5 lớp



Ống sau khi bọc PP được chuyển qua khu vực làm mát



Ống đưa vào dây chuyền qua hệ thống gia nhiệt bề mặt bằng tia hồng ngoại trước khi đi qua hệ ống bọc extrusion, sau đó được làm mát

**5. Một số sản phẩm bọc chống ăn mòn 3 lớp và 5 lớp đã thực hiện tại PVID (Bảng 2)**

*Bảng 2. Một số sản phẩm bọc chống ăn mòn 3 lớp và 5 lớp đã thực hiện tại Nhà máy bọc ống PVID*

TT	Hợp đồng	Chủ đầu tư	Tình trạng	Năm hợp đồng được thực hiện	Yêu cầu kỹ thuật bọc	Ghi chú
1	Dự án Hải Sư Trắng	PV Gas	Hoàn thành	13/11/2011	Line pipes coating (3LPE + CWC)	12 inch, 28km
2	Tê Giác Trắng	Hoang Long JOC	Hoàn thành	27/1/2011	0,7mm FBE + 53,2mm PUF + 5mm HDPE + 80mmCWC	6, 8, 10 & 12 inch, 36km
3	RC5 + RC6 & RC7	Vietsovpetro	Hoàn thành	15/7/2011	FBE, PU FOAM, HDPE and CWC	8 & 10 inch, 15km
4	Sư Tử Trắng	Cuu Long JOC	Hoàn thành	25/2/2012	35mm 5LPP + 58mm CWC	12 inch, 20km
5	Bien Dong carbon steel project	BDPOC/PTSC M&C	Hoàn thành	28/2/2012	3mm 3LPE + 40mm CWC	20 inch, 46km
6	Dự án đường ống xuất khẩu khí Biển Đông NCSP2	PTSC M&C	Hoàn thành	28/3/2012	3mm 3LPE + 40mm CWC	26 inch, 4km
7	BK14 - VSP	Vietsovpetro	Hoàn thành	24/3/2012	3mm 3LPE + 40mm CWC	8 inch, 6km
8	MTC1 - VSP	Vietsovpetro	Hoàn thành	28/4/2012	0,5mm FBE + 30,0mm PUF + 5mm HDPP + 40 mmCWC	12 inch, 10,8km
9	Bien Dong clad pipes project	BDPOC/PTSC M&C	Đang thực hiện	-	65mm 5LPP + 40mm CWC	12 inch, 20,8km
10	Dự án Hải Sư Trắng - Hải Sư Đen	Thang Long JOC	Đang thực hiện	-	0,5mm FBE + 32,2mm PUF+ 5mm HDPE + 40 mmCWC	6, 8, 10 & 12 inch, 36km

Một số hình ảnh các loại sản phẩm bọc chống ăn mòn 3 lớp và 5 lớp đã thực hiện tại PVID



Sản phẩm bọc ống 5LPP - Dự án Su Từ Trắng



Sản phẩm bọc ống 5LPP - Dự án Biển Đông  
clad pipes



Sản phẩm bọc ống 3LPE - Dự án Việt Nhật



Sản phẩm bọc 3LPE cho bend - Dự án Su Từ  
Trắng



Sản phẩm bọc ống 3LPE - Dự án Tê Giác Trắng



Sản phẩm bọc ống 3LPE - Dự án Hải Su  
Trắng/Hải Su Đen

## 6. Kết luận

1. Dây chuyền đồng bộ bọc chống ăn mòn cho các đường ống, sử dụng phương pháp bọc 3 lớp 3LPE/PP kết hợp với lớp lót FBE được lắp đặt tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí từ tháng 8/2009 đến nay là dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn tiên tiến nhất hiện nay và đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới. Qua gần 3 năm khai thác, dây chuyền công nghệ bọc chống ăn mòn 3LPE/PP của Nhà máy đã thực hiện thành công nhiều dự án với chất lượng đạt chuẩn quốc tế (Bảng 2).

2. Trên thực tế, một số dự án yêu cầu áp dụng công nghệ bọc 5 lớp PP (5LPP) để sản phẩm chịu được điều kiện môi trường đặc biệt khắc nghiệt như: chịu được nhiệt độ cao khi vận hành (tới 150°C), chịu được áp lực bên ngoài cao (tuyến ống được lắp đặt ở khu vực nước sâu hoặc rất sâu)... Đây là loại bọc cách nhiệt có công nghệ rất phức tạp và thi công khó khăn, kể cả đối với các nhà máy bọc ống trên thế giới đã có hàng chục năm kinh nghiệm. Tuy nhiên, PVID đã quyết định đề xuất nhiệm vụ nghiên cứu, thiết kế và lắp đặt dây chuyền công nghệ mới bọc ống 5 lớp tại Nhà máy Bọc ống Dầu khí nhằm hợp lý hóa dây chuyền công nghệ hiện có và bổ sung dây chuyền công nghệ mới. Hiện nay, dây chuyền công nghệ bọc ống 5 lớp đã được lắp đặt hoàn chỉnh, chạy thử đạt kết quả tốt và sẵn sàng phục vụ các dự án bọc 5 lớp.

3. Đến nay, Nhà máy Bọc ống Dầu khí đang vận hành 5 dây chuyền công nghệ bọc ống. Hai dây chuyền được lắp đặt ban đầu do Nhà thầu chính - Tập đoàn Bauhuis International B.V của Hà Lan thực hiện, đó là:

+ Dây chuyền đồng bộ bọc chống ăn mòn cho các đường ống, sử dụng phương pháp bọc ba lớp 3LPE/PP kết hợp với lớp lót FBE.

+ Dây chuyền đồng bộ bọc bê tông gia tải cho đường ống, được sử dụng công nghệ phun văng liên tục có lưới thép gia cường cho bê tông.

Ngoài ra, Ban lãnh đạo, đội ngũ cán bộ khoa học của Nhà máy nói riêng và PVID nói chung đã phát huy tính tự chủ, sáng tạo, dám nghĩ dám làm và quyết tâm cao để ứng dụng công nghệ mới vào sản xuất. Kết quả là đã thực hiện lắp đặt bổ sung hoàn chỉnh thành công 3 dây chuyền công nghệ mới, một trong những số đó là dây chuyền công nghệ mới bọc ống 5 lớp (5LPP). Hai dây chuyền công nghệ mới còn lại là:

+ Dây chuyền công nghệ bọc cách nhiệt bằng vật liệu PU foam [3].

+ Dây chuyền công nghệ bọc bends (bọc ống cong). Đây là công nghệ rất phức tạp, nhưng bằng nỗ lực quyết tâm PVID đã lắp đặt thành công dây chuyền công nghệ này và thực hiện thành công nhiều dự án bọc bends. Trong các số báo tiếp theo, nhóm tác giả sẽ giới thiệu chi tiết, cụ thể về dây chuyền công nghệ bọc bends và dây chuyền công nghệ bọc bê tông gia tải trên Tạp chí Dầu khí.

## Tài liệu tham khảo

1. Khởi công xây dựng Nhà máy Bọc ống Phú Mỹ. <http://www.pvid.com.vn>.

2. Dự án đầu tư xây dựng Nhà máy Bọc ống Dầu khí. <http://www.pvid.com.vn>.

3. PVID ứng dụng công nghệ mới bọc ống cách nhiệt PU FOAM cho các dự án đường ống dẫn dầu trên thềm lục địa Việt Nam. Tạp chí Dầu khí 2012; 2: p. 59 - 65.