

## PENGUJIAN KOROSI INTERGRANULAR PADA MATERIAL UNS N06625 SESUAI STANDAR ASTM G-28

Ganesha Aryadi<sup>1</sup>, Ari Wibowo<sup>1\*</sup>, Cahyo Budi Nugroho<sup>1</sup>, Adhe Arysawan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam

\*Corresponding author: [ariwibowo@polibatam.ac.id](mailto:ariwibowo@polibatam.ac.id)

### Article history

**Received:**

09-12-2022

**Accepted:**

22-12-2022

**Published:**

31-12-2022

Copyright © 2022  
Jurnal Teknologi dan  
Riset Terapan

Open Access

### Abstrak

Perusahaan migas merupakan pengguna terbesar pipa baja untuk menghasilkan produk minyak dan gas dari proses penambangan, pengolahan, dan distribusi minyak dan gas siap pakai. Pipa baja yang digunakan dalam industri migas bisa mencapai puluhan sampai ribuan kilometer dengan banyaknya sambungan las tiap beberapa meter. Kemungkinan terjadinya korosi pada pipa baja sangat besar sekali sehingga diperlukan lapisan yang tahan korosi. Material Inconel sering dijadikan bahan pelapisan bagian dalam pipa baja yang dilakukan dengan cara pengelasan *cladding*. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian korosi intergranular lapisan material Inconel hasil pengelasan *cladding* pada pipa baja dengan *filler metal* UNS N06625 untuk mengetahui kerentanan material terhadap korosi yang ditimbulkan oleh aliran fluida migas di dalam pipa. *Filler metal* yang digunakan adalah merek Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625. Pengujian korosi intergranular dilakukan dengan menggunakan standar ASTM G-28. Hasil pengujian korosi intergranular menunjukkan lapisan *cladding* menggunakan *filler metal* merek Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625 tidak terdapat korosi intergranular yang teramati namun terdapat korosi seragam pada merek Ra\*\*\*tna 625 dengan laju korosi 0,46 mm/tahun dan 0,50 mm/tahun pada merek Nov\*\*\*etal 625.

**Kata Kunci:** Korosi Intergranular, UNS N06625, ASTM G-28, Cladding

### Abstract

*Oil and gas companies are the largest users of steel pipes to produce oil and gas products from mining, processing, and distribution of ready-to-use oil and gas. Steel pipes used in the oil and gas industry can reach tens to thousands of kilometers with many welded joints every few meters. The possibility of corrosion in steel pipes is very large so a corrosion-resistant coating is needed. Inconel material is often used as a coating material for the inside of steel pipes which is done by cladding welding. In this study, intergranular corrosion testing of Inconel material layers resulting from cladding welding on steel pipes with filler metal UNS N06625 was carried out to determine the susceptibility of the material to corrosion caused by the flow of oil and gas fluid in the pipe. The filler metals used are Ra\*\*\*tna 625 and Nov\*\*\*etal 625 brands. Intergranular corrosion testing was conducted using ASTM G-28 standards. The results of intergranular corrosion testing showed that the cladding layer using filler metal of Ra\*\*\*tna 625 and Nov\*\*\*etal 625 brands had no intergranular corrosion observed but there was uniform corrosion in Ra\*\*\*tna 625 brand with a corrosion rate of 0.46 mm/year and 0.50 mm/year in Nov\*\*\*etal 625 brand.*

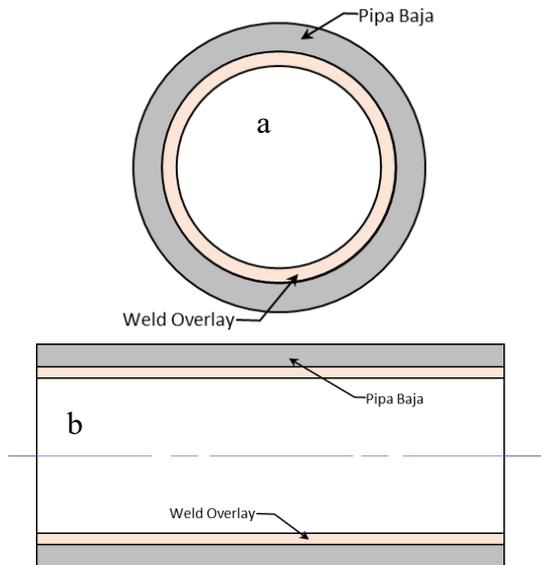
**Keywords:** intergranular corrosion, UNS N06625, ASTM G-28, Cladding

## 1.0 PENDAHULUAN

Perusahaan migas dan galangan kapal menjadi pengguna terbesar logam besi dan paduannya untuk menghasilkan produk konstruksi, perpipaan dan kapal. Logam besi dan paduannya difabrikasi dengan cara pengelasan. Pada industri migas, produk pipa baja lebih banyak digunakan daripada pelat baja. Pipa baja digunakan untuk mengalirkan minyak mentah dari perut bumi menuju

pengolahan minyak dan mengalirkan minyak jadi menuju konsumen. Pipa baja pada umumnya tidak bisa langsung digunakan untuk mengalirkan minyak mentah dikarenakan mudah mengalami korosi apalagi jika minyak yang dialirkan mengandung zat asam. Pipa baja untuk industri migas akan diberi lapisan logam anti korosi seperti *stainless steel* atau Inconel. Pemberian lapisan logam anti korosi ini umumnya dilakukan dengan cara

pengelasan dengan ketebalan tertentu seperti ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Weld Overlay pada pipa baja a) tampak depan, b) potongan samping

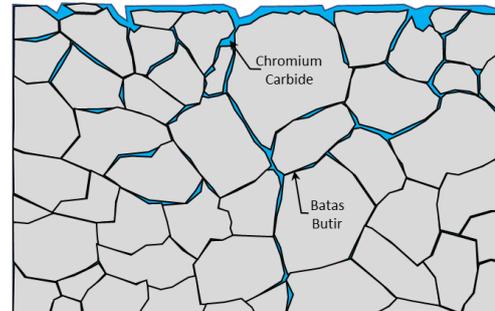
Proses pengelasan adalah suatu proses penyambungan *filler metal* pada *base metal* berbahan logam yang sejenis maupun yang berbeda jenis dan dapat memiliki fungsi untuk melapisi permukaan *base metal* yang disebut dengan *weld overlay*. *Weld Overlay* merupakan istilah non-standar yang digunakan pada ASME Sec IX yang juga merupakan endapan dari satu atau lebih lapisan (*layers*) dari pengelasan permukaan dan terdapat pada variabel *special processes*. [8]

*Base metal* yang umum digunakan pipa migas adalah pipa API 5L berbahan *carbon steel*. Pipa API 5L diproduksi dalam dua variasi PSL (*product specification level*) yaitu PSL 1 dan PSL 2, pembagian tersebut sesuai dengan fungsi pipa yang akan digunakan dalam berbagai jenis lingkungan seperti korosif dan non-korosif. Material pipa merupakan berbahan *carbon steel* yang pada umumnya digunakan pada lingkungan yang rentan akan korosi seperti pada instalasi pada perusahaan minyak dan gas. [7]

Korosi adalah salah satu proses perusakan material khususnya logam akibat terjadinya reaksi kimia material dengan lingkungan [1]. Korosi merupakan penyebab kerusakan material akibat adanya reaksi kimia disekitar lingkungannya yang sering terjadi pada permukaan pipa atau baja. Pada umumnya pipa atau baja juga termasuk bahan yang sangat mudah rentan terhadap korosi yang terjadi pada hasil pengelasan yang dilakukan di atas permukaan liner pipa. Maka dibentuknya liner pada pipa bertujuan untuk melapisi permukaan sebuah pipa agar lapisan tersebut dapat melindungi atau menahan bocoran yang terjadi pada pipa.

Salah satu jenis korosi yang kerap terjadi pada baja adalah korosi intergranular. Korosi ini disebabkan oleh perubahan material pada batas butir yang dapat disebabkan oleh pemanasan akibat pengelasan yang terjadi pada batas butir atau pengayaan salah satu elemen paduan pada batas butir. Korosi intergranular adalah peristiwa berubahnya susunan kristal material yang suatu atomnya memiliki kekosongan dan berakibat pada

material mengalami korosi yang bisa terjadi pada *stainless steel*, *nickel alloy* dan *aluminium alloy* [6]. Pengujian korosi intergranular umumnya dilakukan dengan cara meletakkan *specimen* dalam larutan *Ferric Sulfate-Sulfuric Acid test 50%* dengan volume *test* 600 mL dalam kadar larutan 0,001 g selama 120 jam untuk mendapatkan perubahan bentuk dan massa setelah dilakukan pengujian. Korosi intergranular yang terjadi pada material yang kaya akan kromium dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Korosi intergranular pada baja tahan karat

Studi ini menggunakan material *filler metal* Inconel UNS 06625 yang memiliki kandungan nikel sangat tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi kerentanan material terhadap korosi intergranular pada pipa baja yang dilas *cladding* dengan merek *filler metal* yang berbeda yaitu Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625.

## 2.0 METODE

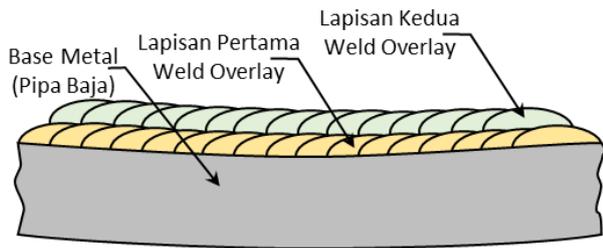
Material yang diuji korosi intergranularnya adalah pipa baja API 5L X65 dengan lapisan Inconel pada bagian dalam. Pelapisan Inconel dilakukan dengan pengelasan proses GTAW otomatis dengan posisi 1G menggunakan variabel seperti Tabel 1.

Tabel 1. Variabel pengelasan GTAW

Variabel	Nilai
Proses	GTAW-Pulsed
<i>Base metal</i>	API 5L X65
<i>Filler metal</i>	Ra***tna 625 dan Nov***etal 625
Elektroda	EWLa-2 4 mm
Tebal <i>base metal</i>	8,18 mm
Diameter pipa	219,1 mm
Diameter <i>filler metal</i>	1,2 mm
Gas Pelindung	100% Argon
<i>Gas Flow Rate</i>	25 L/min
Arus Layer 1	B:220-230, P:270-280, SI: 20-30 A
Arus Layer 2	B:230-240, P:280-290, SI: 20-30 A
<i>Heat Input Layer 1</i>	0,42-0,51 kJ/mm
<i>Heat Input Layer 2</i>	0,45-0,55 kJ/mm
<i>Polarity</i>	DCEN
<i>Preheat</i>	52°C
<i>Interpass temperature</i>	192°C max

*Base metal* yang digunakan memiliki spesifikasi ketebalan 8,18 mm; diameter luar 219,1 mm; dan panjang

1500 mm. Ketebalan *weld overlay* adalah 3 mm yang diperoleh dari dua kali lapisan pengelasan seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Lapisan Inconel pada bagian dalam pipa baja

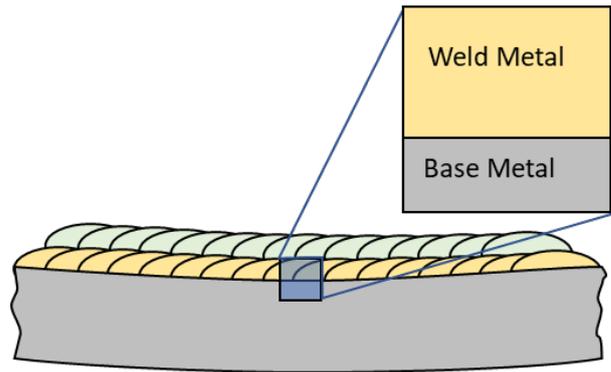
Sebelum pengelasan dilakukan, material *base metal* dan *filler metal* perlu diuji komposisi kimianya untuk memverifikasi kesesuaian dengan standar dan *grade* yang digunakan. Hasil verifikasi pada Tabel 2 menunjukkan bahwa *base metal* dan *filler metal* telah sesuai dengan standar API 5L X65 dan UNS N06625 [3][4].

Tabel 2. Komposisi kimia *base metal* dan *filler metal*

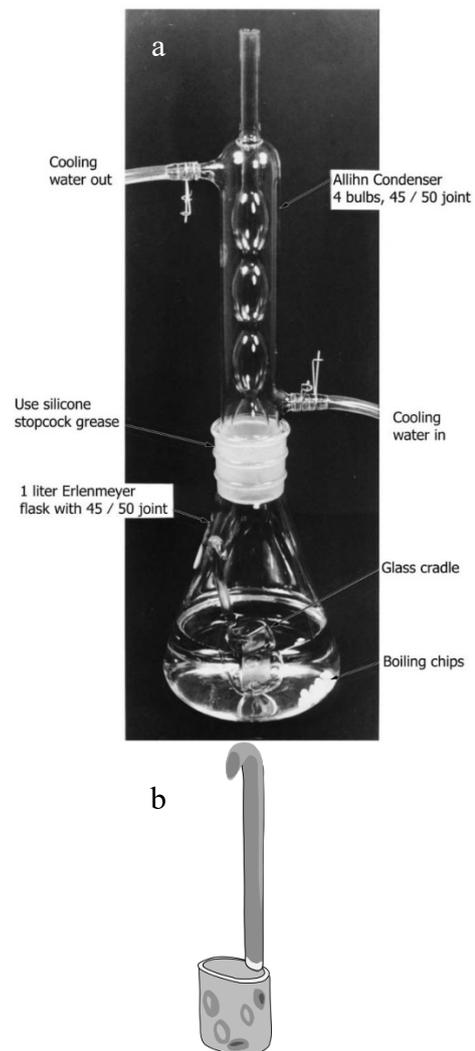
Unsur	Base Metal	Raa****na 625	Nov****tal 625
%C	0,12	0,010	0,007
%Mn	1,75	0,030	0,091
%Si	0,40	0,060	0,078
%S	0,004	0,001	0,0005
%P	0,025	0,003	0,007
%Ni	0,5	64,50	64,00
%Cr	0,5	22,24	22,18
%Mo	0,5	8,68	9,08
%Al	-	0,10	0,079
%Co	-	0,010	0,022
%Ti	-	0,20	0,217
%Nb	-	3,79	3,66
%Cu	0,5	0,01	0,005
%Ta	-	0,0032	0,0030
%Fe	Bal	0,23	0,289

Pengujian korosi intergranular dilakukan setelah pengelasan menggunakan standar ASTM G-28 metode A. Standar ASTM G-28 merupakan prosedur untuk melakukan uji  $Fe_2(SO_4)_3(H_2O)_n$  mendidih dengan 50%  $H_2SO_4$  untuk mengukur kerentanan terhadap korosi intergranular pada paduan yang kaya nikel dan kromium dengan waktu uji 120 jam.

Pengambilan sampel uji korosi intergranular dilakukan dengan cara pemotongan bagian pipa yang mengenai bagian *base metal* dan *weld metal* seperti Gambar 4. Pengambilan sampel direkomendasikan dengan cara pemotongan dengan ketebalan yang sama setiap permukaan kemudian dilakukan penghalusan permukaan menggunakan amplas grit 80-120. Sampel uji diambil pada bagian lapisan pertama dan kedua *weld overlay* pada material. Alat pengujian korosi intergranular ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 4. Sampel uji korosi intergranular



Gambar 5. (a) Alat Uji asam sulfat, (b) *Glass Cradle*[2]

Perlengkapan alat pengujian korosi intergranular dan ketentuan sesuai dengan standar ASTM G-28 adalah sebagai berikut:

1. *Allihn Condenser* dan *Soxhlet*, 4 bohlam dengan panjang keseluruhan sekitar 330 mm dan bagian kondensasi sekitar 240 mm.
2. Ukuran luas permukaan spesimen yang direkomendasikan adalah 5-20  $cm^2$ .

- Larutan asam untuk pengujian sebanyak 600 mL.
- Spesimen diampas dengan grit 80 untuk ampas basah atau grit 120 untuk ampas kering.
- Waktu yang dibutuhkan dalam pengujian adalah 120 jam.
- Labu erlenmeyer 1 Liter dengan ukuran *glass ground joint* 45/50 dan ukuran bukaan 40 mm.
- Glass Cradle* dengan dudukan tidak melebihi 40 mm serta memiliki 3 atau 4 lubang untuk meningkatkan sirkulasi larutan uji disekitar spesimen.
- Boiling Chips* yang merupakan alat bantu pemanasan untuk mencegah benturan selama proses berlangsung.
- Silicon grease* untuk membantu letak posisi kaca pada tempat kedudukan pengujian.
- Hot plate*, alat pemanas yang menggunakan listrik untuk membantu pemanasan larutan secara terus menerus.
- Neraca Analitik*, alat yang menghitung masa dengan ketelitian 0,001 g.

Perhitungan laju korosi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{laju korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D} \quad (1)$$

Dimana:

$K$  = Konstanta ( $8,76 \times 10^4$  mm/tahun)

$W$  = Massa yang hilang (g)

$A$  = Luas permukaan material ( $\text{cm}^2$ )

$T$  = Waktu pengujian (jam)

$D$  = Massa jenis material ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

### 3.0 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menunjukkan perbandingan data uji *corrosion intergranular* pada pengelasan pipa baja menggunakan *filler metal* merek Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625 yang dilakukan sesuai standar ASTM G-28. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan data pengujian korosi pada pengelasan yang menggunakan *filler metal* merek Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625.

Tabel 3. Hasil pengujian korosi untuk *filler metal* Ra\*\*\*tna 625

Data spesimen	Hasil Pengukuran					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Masa sebelum uji (g)	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241	4,241
Masa sesudah uji (g)	4,206	4,206	4,206	4,206	4,206	4,206
Luas permukaan ( $\text{mm}^2$ )	662,0797					
Berat yang hilang (g)	0,035					

Tabel 4. Hasil pengujian korosi untuk *filler metal* Nov\*\*\*etal 625

Data spesimen	Hasil Pengukuran					Rata-rata
	1	2	3	4	5	
Masa sebelum uji (g)	4,641	4,642	4,642	4,641	4,641	4,641
Masa sesudah uji (g)	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600	4,600
Luas permukaan ( $\text{mm}^2$ )	716,5223					
Berat yang hilang (g)	0,0414					

Perhitungan laju korosi untuk *filler metal* Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625 dengan densitas untuk material UNSN06625 adalah sebagai berikut:

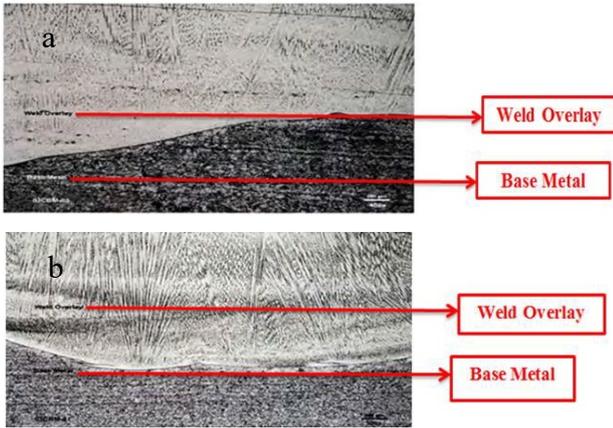
$$\begin{aligned} \text{Laju korosi (Ra***tna 625)} &= \frac{K \times W}{A \times T \times D} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,035}{6,620797 \times 120 \times 8,44} \\ &= 0,46 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Laju korosi (Nov***etal 625)} &= \frac{K \times W}{A \times T \times D} \\ &= \frac{8,76 \times 10^4 \times 0,0414}{7,165223 \times 120 \times 8,44} \\ &= 0,50 \text{ mm/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan data pada Tabel 3 dan Tabel 4, hasil perbandingan sebelum dan sesudah dilakukannya proses pengujian menggunakan uji korosi intergranular, luas permukaan untuk Ra\*\*\*tna 625 adalah 662,0797  $\text{mm}^2$  dengan masa 4,241 g dan 716,5223  $\text{mm}^2$  untuk Nov\*\*\*etal 625 dengan masa 4,641 g. Setelah pengujian dengan menggunakan uji korosi intergranular, nilai dari spesimen setelah dilakukan uji yaitu menjadi 4,206 g yang terjadi pada *filler metal* Ra\*\*\*tna 625 yang dimana setelah dilakukan pengujian berat berkurang sebanyak 0,035 g, perubahan juga terjadi pada spesimen Nov\*\*\*etal 625 setelah dilakukan uji yaitu menjadi 4,600 g dan dilakukan uji korosi intergranular berkurang sebanyak 0,0414 g.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pengelasan dengan menggunakan *filler metal* Ra\*\*\*tna 625 mengalami korosi seragam dengan laju korosi sebesar 0,46 mm/tahun sedangkan untuk *filler metal* Nov\*\*\*etal mengalami korosi seragam dengan laju korosi sebesar 0,50 mm/tahun. Perbedaan laju korosi ini bisa jadi diakibatkan oleh perbedaan komposisi nikel dan kromium pada *filler metal* Ra\*\*\*tna 625 dan Nov\*\*\*etal 625 atau juga diakibatkan oleh jumlah bagian *base metal* yang menjadi bagian spesimen uji korosi. Semakin banyak *base metal* yang terbuat dari baja menjadi bagian dari spesimen uji korosi maka akan semakin tinggi laju korosinya. Korosi seragam umum terjadi pada logam disebabkan oleh  $\text{O}_2$  (oksigen) +  $\text{H}_2\text{O}$  (air) dan reaksi kimia lainnya yang umum yang terjadi pada permukaan logam atau baja karena lingkungan sekitar.

Hasil pengujian metalografi mikrostruktur mengkonfirmasi tidak terjadinya korosi intergranular yang terdapat pada area *weld metal* setelah diamati pada perbesaran 100 kali seperti terlihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Uji struktur mikro a) Ra\*\*\*tna 625, b) Nov\*\*\*etal 625

#### 4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan perhitungan didapatkan bahwa nilai laju korosi yang terjadi pada pengelasan yang menggunakan *filler metal* Ra\*\*\*tna 625 0.46 mm/tahun dan 0.50 mm/tahun untuk *filler metal* No\*\*\*etal 625. Perbedaan laju korosi bisa jadi diakibatkan oleh perbedaan komposisi nikel dan kromium namun bisa juga diakibatkan oleh banyaknya bagian *base metal* yang dijadikan spesimen uji korosi. Dari pengamatan uji struktur mikro tidak terlihat adanya korosi intergranular yang terjadi pada batas butir pada *weld metal*.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Supardi, R.1997. Korosi Edisi Pertama. Tarsito, Bandung.
- [2] ASTM G28-02, (2015) Standard Test Methods for Detecting Susceptibility to *intergranular corrosion* in Wrought, Nickel-Rich, Chromium-Bearing Alloy.
- [3] WPS-012. Main Overlay with UNS N00625 – 8.18mm to Unlimited – Twin Wire – 1G Rotated – GTAW
- [4] WPS-013 Main Overlay with UNS N00625 – 8.18 mm to Unlimited – Twin Wire – 1G Rotated – GTAW
- [5] Fontana, Mars.G 1986, “Corrosion Engineering”, 3rd Edition, Mc Graw-Hill Book Company, Singapore.
- [6] Ariadi Suhermanto. 2014. Korosi-Intergranular. TeknoWorld45.
- [7] Shaanxi World Iron & Steel.2016.China
- [8] ASME.PBVC.IX, (2015). Qualification Standard for Welding, Brazing, and Fusing Procedures; Welders; Brazers; and Welding, Brazing, and Fusing Operators.