

## ***Optimization of the PCGTAW Process Parameters for Corrosion Protection of SDSS Weld Pipes by Using Design of Experiment Technique***

M. Yousefieh, A. Saatchi, M. Shamanian

### ***ABSTRACT***

In this study, the parameters of PCGTAW process were optimized for the corrosion protection of SDSS weld pipes by Taguchi method. Analysis of variance is performed on the measured data and signal to noise ratios. The optimum conditions were found by this method. Under optimum conditions, pitting potential was predicted as 1.08 V<sub>SCE</sub> that was very close to the observed value of 1.06 V<sub>SCE</sub>. Among the four factors and three levels tested, it was concluded that the pulse current had the most significant effect on the pitting potential and the background current had the next most significant effect. The effect of pulse frequency and % on time are less important when compared to the other factors.

**KEYWORDS :** Gus – tungsten arc welding, Stainless steel, Corrosion, Microstructure, Design of experiment, Taguchi method

m.yousefieh@ma.iut.ac.ir

asaatchi@cc.iut.ac.ir

shamanian@cc.iut.ac.ir

i

ii

iii

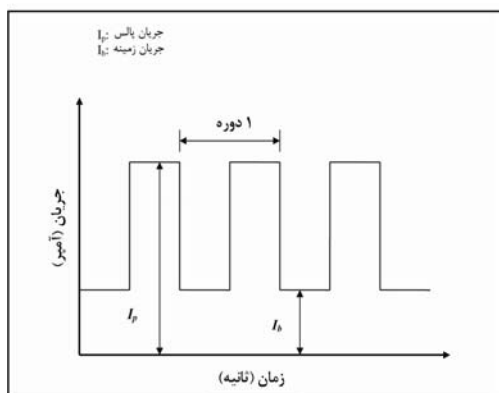
[ ] [ ] [ ]

:

%

%

[ ]



( ) :

)

( ) :

(

( )

( )

N	Mo	Ni	Cr	Mn	C	عنصر
۰/۲۳	۳/۴	۶/۳	۲۵/۷	۰/۸۲	۰/۰۳	فلز پایه (UNS S32760)
۰/۲۲	۴/۲	۹/۲	۲۵/۹	۰/۷۳	۰/۰۳	فلز پرکننده (ER 2594)

[ ]

[ ]

( )

10M KOH



( )

A EG&G

% /

L ( ) /  
L ( ) [ ] ( )

=

mV/s

( )

سطح			علامت	عامل
۳	۲	۱		
۱۴۰	۱۲۰	۱۰۰	A	جریان پالس (A)
۷۰	۶۰	۵۰	B	جریان زمينه (A)
۸۰	۶۰	۴۰	C	مقدار زمان جریان پالس در يك دوره
۵	۳	۱	D	فرکانس پالس (Hz)

[ ] L ( )

$$S/N = -10 \log_{10} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right) \quad ( )$$

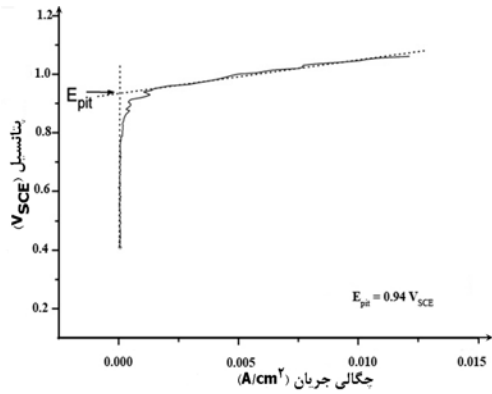
$$[(S/N)_{Predicted}] \quad ( )$$

$$(S/N)_{Predicted} = (S/N)_m + \sum_{i=1}^p \overline{(S/N)_i} - (S/N)_m \quad ( )$$

$$\overline{(S/N)_i} \quad (S/N)_m$$

( )

عامل				شماره آزمایش
D	C	B	A	
۱	۱	۱	۱	۱
۲	۲	۲	۱	۲
۳	۳	۳	۱	۳
۳	۲	۱	۲	۴
۱	۳	۲	۲	۵
۲	۱	۳	۲	۶
۲	۳	۱	۳	۷
۳	۱	۲	۳	۸
۱	۲	۳	۳	۹



(:)

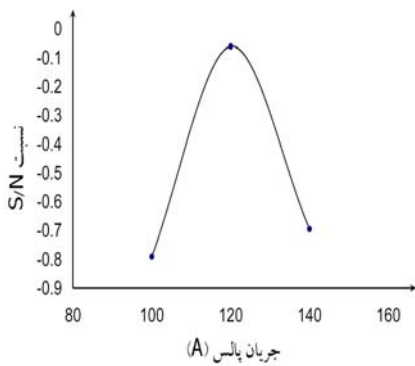
( ) ( )

(:)

شماره آزمایش	جریان پالس (A)	جریان زمینه (A)	مقدار زمان جریان پالس در یک دوره	فرکانس پالس (Hz)	پتانسیل حفزه دار شدن (ولت)	نسبت سیگنال به اختلال (dB)
۱	۱۰۰	۵۰	۴۰	۱	۰/۸۸	-۱/۱۰۳۵
۲	۱۰۰	۶۰	۶۰	۳	۰/۹۲	-۰/۷۲۴۲۴
۳	۱۰۰	۷۰	۸۰	۵	۰/۹۴	-۰/۵۳۷۴۴
۴	۱۲۰	۵۰	۸۰	۳	۰/۹۷	-۰/۲۶۴۵۷
۵	۱۲۰	۶۰	۴۰	۵	۱/۰۳	-۰/۲۵۶۷۴
۶	۱۲۰	۷۰	۶۰	۱	۰/۹۸	-۰/۱۷۵۴۸
۷	۱۴۰	۵۰	۶۰	۵	۰/۸۹	-۱/۰۱۲۲۰
۸	۱۴۰	۶۰	۸۰	۱	۰/۹۵	-۰/۴۴۵۵۳
۹	۱۴۰	۷۰	۴۰	۳	۰/۹۳	-۰/۶۳۰۳۴

( ) ( )

( ) ( )



(:)

(:)

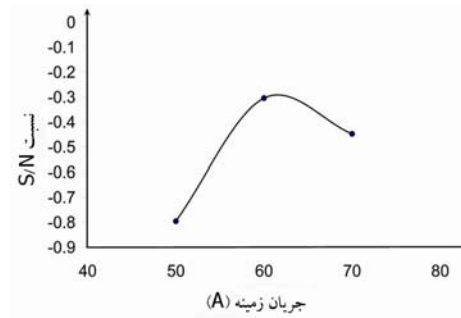
)

(

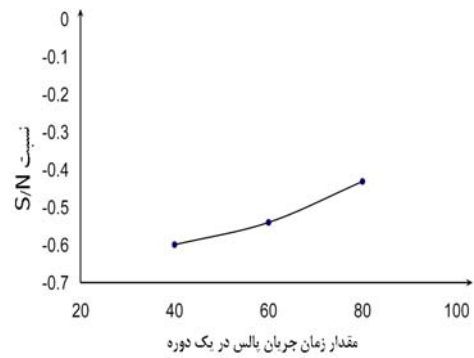
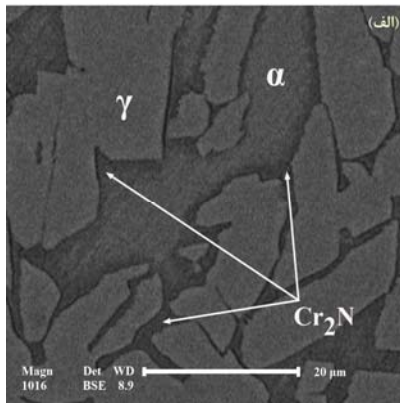
عامل				سطح
D	C	B	A	
/	/	/	/	۱
/	/	/	/	۲
/	/	/	/	۳



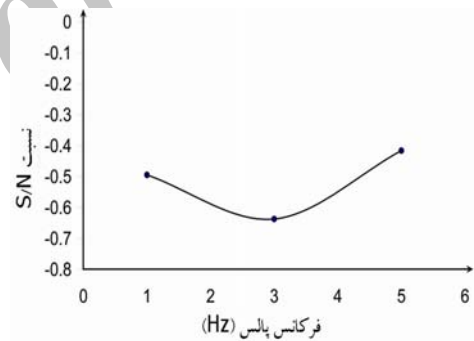
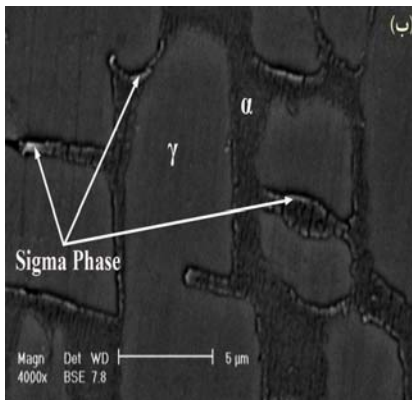
( ) :  
 ( ) . ( / )  
 ( ) ( / )  
 ( )  
 /



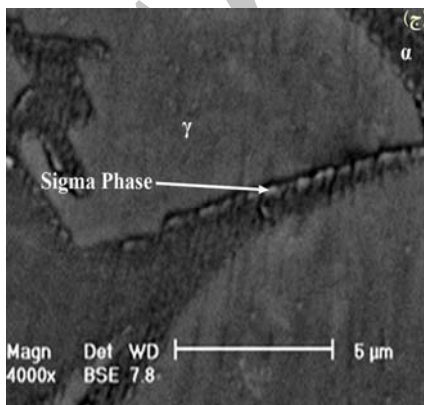
( ) :



( ) :



( ) :



( )

$$I_p = A$$

$$I_p = A$$

$$(A)$$

$$A$$

( )

( ) :

( ) :  
 ( ) ( )

( )

( ) ( ) (%)

A A

$I_b = A$

( A ) ( )

A A

(% ) [ ]

UNS S31803

[ ] [ ]

( )

( )

( )

( )

%

( ) %

( )

[ ]

( : )

[ ]

/

Hz ( ) Hz

( )

% / %

( )

%

Hz

:( )

[ ] ( )

[ ]

عنصر				فاز
آهن	نیکل	مولیبدن	کروم	آستنیت
۶۲/۷۱	۸/۶۴	۳/۲۹	۲۵/۳۶	فريت
۶۱/۶۱	۵/۸۱	۴/۷۲	۲۷/۸۶	سیگما
۵۲/۵۱	۵/۳۶	۹/۵۱	۳۲/۶۲	

( )



/ / / /

$$P_p(\%) = \frac{SS'_p}{SS_T} \times 100 \quad (1)$$

مقدار / سطح / عامل / شماره  
 ۱۲۰ / ۲ / جریان پالس (A) / ۱  
 ۶۰ / ۲ / جریان زمينه (A) / ۲  
 ۸۰ / ۳ / مقدار زمان جريان پالس در يك دوره / ۳  
 ۵ / ۳ / فرکانس پالس (Hz) / ۴

رتبه	درصد اثر (P)	واريانس (V)	جمع مربعات (SS)	درجه آزادی (f)	عامل
۱	۶۶/۲۸	۰/۰۰۵۷۰۰۰	۰/۰۱۱۴۰۰۰	۲	جريان پالس (A)
۲	۲۵/۹۷	۰/۰۰۲۲۳۳۳	۰/۰۰۴۴۶۶۷	۲	جريان زمينه (A)
۴	۲/۷۱	۰/۰۰۰۲۳۳۳	۰/۰۰۰۴۶۶۷	۲	مقدار زمان جريان پالس در يك دوره
۳	۵/۰۴	۰/۰۰۰۴۳۳۳	۰/۰۰۰۸۶۶۷	۲	فرکانس پالس (Hz)
	.	.	.	.	خطا
	۱۰۰		۰/۰۱۷۲۰۰۰	۸	مجموع

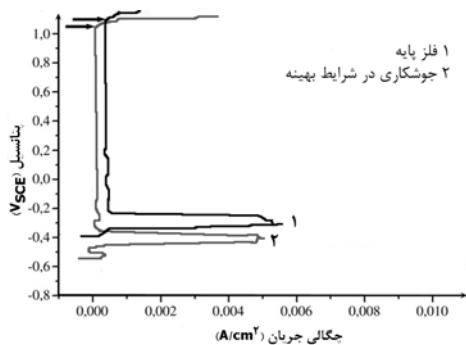
مقدار	سطح	عامل	شماره
۱۲۰	۲	جريان پالس (A)	۱
۶۰	۲	جريان زمينه (A)	۲
۸۰	۳	مقدار زمان جريان پالس در يك دوره	۳
۵	۳	فرکانس پالس (Hz)	۴

$$SS_T = \sum_i^m \eta_i^2 - \frac{1}{m} \left[ \sum_{i=1}^m \eta_i \right]^2 \quad (2)$$

$$SS_p = \sum_{j=1}^t \frac{(S_{\eta_j})^2}{t} - \frac{1}{m} \left( \sum_{i=1}^m \eta_i \right)^2 \quad (3)$$

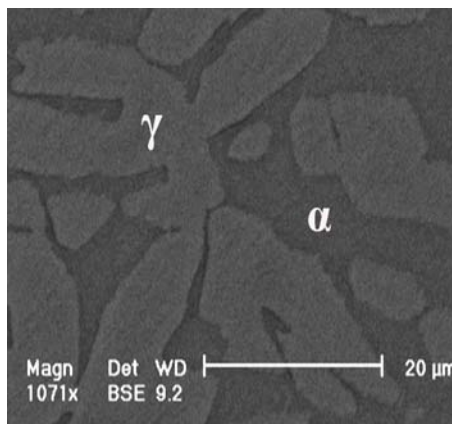
$$V_p(\%) = \frac{SS_p}{D_p} \times 100 \quad (4)$$

$$SS'_p = SS_p - D_p V_e \quad (5)$$



( ) :

( )



( ) :

L<sub>9</sub>

( ) :

عوامل کنترل بهینه		
آزمایش شده	پیش‌بینی شده	سطح
A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>3</sub> D <sub>3</sub>	پتانسیل حفره‌دار شدن (ولت)
۱/۰۶	۱/۰۸	

( )

% / % / % / % /

A)

( A)

%

(

%

( Hz)

(%)

( )

( / )

( / )

/ )

(





$\sigma$   
 $Cr_2N$   
 $D$   
 $E_{pit}$   
 $P$   
 $S/N$   
 $SCE$   
 $SS$   
 $V$

$\alpha$   
 $\gamma$

S. Kaytakoğlu, et al., "Optimization of parametric performance of a PEMFC", <i>Journal of Hydrogen Energy</i> , No. 32, pp. 4418 - 23, 2007. [ ]	V. Muthupandi, et al., "Effect of weld metal chemistry and heat input on the structure and properties of duplex stainless steels", <i>Materials Science and Engineering A</i> , No. 358, pp. 9 -16, 2003. [ ]
J.C. Lippold, D.J. Kotecki; <i>Welding metallurgy and weldability of stainless steels</i> , John Wiley & Sons, 2005. [ ]	Practical guidelines for the fabrication of DSS, London, International Molybdenum Association, 1999. [ ]
V.S. Moura, et al., "Influence of microstructure on the corrosion resistance of the DSS UNS S31803", <i>Materials Characterization</i> , No. 59, pp. 1127 - 1132, 2008. [ ]	T. Senthil Kumar, V. Balasubramanian, M.Y. Sanavullah, "Influences of pulsed current tungsten inert gas welding parameters on the tensile properties of AA 6061 aluminium alloy", <i>Materials and Design</i> , No. 28, pp. 2080 - 2092, 2007. [ ]
V.M. Linton, et al., "Failure of a superduplex stainless steel vessel", <i>Engineering Failure Analysis</i> , No. 11, pp. 243 - 256, 2004. [ ]	A.A. Gokhale, D.J. Tzavaras, H.D. Brody, Ecer GM, in: <i>Proceedings of conference on grain refinement in casting and welds</i> , St. Louis (MO), TMS-AIME, 1982, pp. 223-47. [ ]
Michael Pohl, Oliver Storz, Thomas Glogowski, "Effect of intermetallic precipitations on the properties of duplex stainless steel", <i>Materials Characterization</i> , No. 58, pp. 65 - 71, 2007. [ ]	P.J. Ross; <i>Taguchi techniques for quality engineering</i> , New York, McGraw-Hill, 1998. [ ]
H. Tong, T. Ueyama, et al., "Quality and productivity improvement in aluminium alloy thin sheet welding using alternating current pulsed metal inert gas welding system" , <i>Science Technology Welding Joint</i> , No. 6, pp. 203 - 208, 2001. [ ]	C.Montgomery Douglas; <i>Design and analysis of experiments</i> , New York, John Wiley & Sons, 1997. [ ]
A. Kumar, S. Sundarajan, "Optimization of pulsed TIG welding process parameters on mechanical properties of AA 5456 Aluminum alloy weldments", <i>Materials and Design</i> , No. 30, pp. 1288 - 1297, 2009. [ ]	M. Sadrzadeh, T. Mohammadi, "Sea water desalination using electro dialysis", <i>Desalination</i> , No. 221, pp. 440 - 447, 2008. [ ]
	S. Madhav Phadke; <i>Quality engineering using robust design</i> , NJ, Prentice Hall, 1989. [ ]

<sup>1</sup> Pulsed current gas tungsten arc welding (PCGTAW)  
<sup>2</sup> Constant current gas tungsten arc welding (CCGTAW)  
<sup>3</sup> Signal to noise ratio (S/N)  
<sup>4</sup> Analysis of Variance (ANOVA)  
<sup>5</sup> Image Tools  
<sup>6</sup> Scanning electron microscope (SEM)  
<sup>7</sup> Energy dispersive spectrometer  
<sup>8</sup> Saturated calomel electrode (SCE)  
<sup>9</sup> Pitting potential ( $E_{pit}$ )  
<sup>10</sup> % on time  
<sup>11</sup> Sum of the square (SS)  
<sup>12</sup> Degree of freedom ( $D$ )  
<sup>13</sup> Variance ( $V$ )  
<sup>14</sup> Percentage of the contribution ( $P$ )