

รายการอ้างอิง

1. Kujanpaa, V. P.; Karjawainen, L. P.; and Sikanen, H. A. V. Role of shielding gases in discontinuity formation in GTA welding of austenitic stainless steel strips. Welding Journal 63 (May 1984): 150s-155s.
2. Wells, M. E.; and Lukens, W. E. Effect of forced gas cooling on GTA weld pools. Welding Journal 65 (December 1986): 314s-320s.
3. Ogawa, T.; Suzuki, K.; and Zaizen, T. The Weldability of Nitrogen-Containing Austenitic Stainless Steel: Part II Porosity, Cracking and Creep Properties. Welding Journal 63 (July 1984): 213s-223s.
4. Okagawa, R. K.; Dixon, R. D.; and Olson, D. L. The influence of nitrogen from welding on stainless steel weld metal microstructures. Welding Journal 62 (August 1983): 204s-209s.
5. Espy, R. H. Weldability of nitrogen-strengthened stainless steel. Welding Journal 61 (May 1982): 189s-196s.
6. Onsoien, M.; Peters, R.; Olson, D. L.; and Liu, S. Effect of hydrogen in an argon GTAW shielding gas : Arc characteristics and bead morphology. Welding Journal 76 (January 1995): 10s-15s.
7. Ogawa, T.; and Koseki, T. Weldability of newly developed austenitic alloys for cryogenic service : Part II High-nitrogen stainless steel weld metal. Welding Journal 67 (January 1998): 8s-17s.
8. Raamirez, J. E.; Han, B.; and Liu, S. Effect of welding variables and solidification substructure on weld metal porosity. Metallurgical and Materials Transactions A 25A (1994): 2285-2294.
9. Brooks, J. A.; and Lambert, Jr., F. J. The effects of phosphorus, sulfur and ferrite content on weld cracking of type 309 stainless steel. Welding Journal 57 (May 1978): 139s-143s.
10. Kujanpaa, V. P. Weld discontinuities in austenitic stainless steel sheets-Effect of impurities and solidification mode. Welding Journal 63 (December 1984): 369s-375s.
11. Kujanpaa, V. P.; Karjalainen, L. P.; and Sikanen, H. A. V. Weld discontinuities in austenitic stainless steel sheets : Role of steel type. Welding Journal 66 (June 1987): 155s-161s.

12. Kujanpaa, V. P. Weld defects in austenitic stainless steel sheets : Effect of welding parameters. Welding Journal 62 (February 1983): 45s-52s.
13. Metcalfe, J. C.; and Quigley, M. B. C. Arc and pool instability in GTA welding. Welding Journal 56 (May 1997): 133s-139s.
14. Kim, W. H.; and Na, S. J. Heat and fluid flow in pulsed current GTA weld pool. International Journal of Heat and Mass Transfer 41 (1998): 3213-3227.
15. Goodwin, G. M. The effects of heat input and weld process on hot cracking in stainless steel. Welding Journal 67 (April 1988): 88s-94s.
16. Saide, H. R.; and Unkel, W. Arc and weld pool behavior for pulsed current GTAW. Welding Journal 67 (November 1988): 247s-255s.
17. Patterson, R. A.; and Milewski, J. O. GTA weld cracking-alloy 625 to 304L. Welding Journal 64 (August 1985): 227s-231s.
18. Omar, A. A.; and Lundin, C. D. Pulsed plasma-pulsed GTA arc : A study of the process variables. Welding Journal 58 (April 1979): 97s-105s.
19. Huisman, G.; and Hoffmeister, H. Investigation of the effects of TIG Pulse parameters and shielding gas compositions on weld bead formation and microstructure of duplex stainless steel orbital TIG root welds. LWS University of Federal Armed Force Germany, 1992.
20. Delong, W. T. Ferrite in austenitic stainless steel weld metal. Welding Journal 53 (July 1974): 273s-286s.
21. David, S. A. Ferrite morphology and variations in ferrite content in austenitic stainless steel welds. Welding Journal 60 (April 1981): 63s-71s.
22. Klueh, R. L.; and Edmonds, D. P. Chemical composition effects on the creep of type 316 and 16-8-2 stainless steel weld metal. Welding journal 65(June 1986): 156s-162s.
23. Clippold, J. C.; and Savage, W. F. Solidification of austenitic stainless steel weldments : Part I-A proposed mechanism. Welding Journal 59 (December 1979): 362s-374s.
24. Gowrisankar, I.; Bhaduri, A. K.; Seetharaman, V.; Verma, D. D. N.; and Achar, D. R. G. Effect of the number of passes on the structure and properties of submerged arc welds of AISI type 316L stainless steel. Welding Journal 66 (May 1987): 147s-154s.

25. Kujanpaa, V. P.; David, S. A.; and White, C. L. Formation of hot cracks in austenitic stainless steel welds-solidification cracking. Welding Journal 65 (August 1986): 203s-212s.
26. Kotecki, D. J. Welding parameter effect on open-arc stainless steel weld metal ferrite. Welding Journal 57 (April 1978): 109s-117s.
27. David, S. A.; Goodwin, G. M.; and Braski, D. N. Solidification behavior of austenitic stainless steel filler metals. Welding Journal 59 (November 1979): 330s-336s.
28. Lippold, J. C.; and Savage, W. F. Solidification of austenitic stainless steel weldments : Part III-The effect of solidification behavior on hot cracking susceptibility. Welding Journal 61 (December 1982): 388s-396s.
29. Gill, T. P. S.; et al. Transformation of Delta-Ferrite during the postweld heat treatment of type 316L stainless steel weld metal. Welding Journal 65 (May 1986): 122s-128s.
30. Gill, T. P. S.; Vijayalakshmi, M.; Rodriguez, P.; and Padmanabhan, K. A. On microstructure-property correlation of thermally aged type 316L stainless steel weld metal. Metallurgical Transactions A 20A (June 1989): 1115-1124.
31. Hull, F. C. Effect of Delta Ferrite on the hot cracking of stainless steel. Welding Journal 46 (September 1967): 399s-409s.
32. David, S. A.; Vitek, J. M.; and Hebble, T. L. Effect of rapid solidification on stainless steel weld metal microstructures and it's implications on the Schaeffler diagram. Welding Journal 66 (October 1987): 289s-300s.
33. Siewert, T. A.; Mc Cowan, C. N.; and Olson, D. L. Ferrite number prediction to 100 FN in stainless steel weld metal. Welding Journal 67 (December 1988): 289s-298s.
34. Suutala, N.; Takalo, T.; and Moision, T. Ferrite-Austenite solidification mode in austenitic stainless steel welds, Metallurgical Transaction A 11A (1980): 717-725.
35. Suutala, N. Effect of solidification conditions on the solidification mode in austenitic stainless steels. Metallurgical Transaction A 14A (1983): 191-197.
36. Suutala, N. Effect of manganese and nitrogen on the solidification mode in austenitic steels welds. Metallurgical Transaction A 13A (1982): 2121-2130.
37. Quality assurance of welding operation. DIN 8563 part 3, October 1985.
38. Lucas, W. TIG and plasma welding. Cambridge : Abington Publishing, 1990.
39. Lancaster, J. F. Metallurgy of welding. 5st éd. London : Chapman & Hall, 1993.

40. Cornu, J. Advanced welding systems : TIG and related processes. Translated to English by Weston, J. Berlin: JFS (Publications), 1988.
41. Castro, R.; and De Cadenet, J. J. Welding metallurgy of stainless steel and heat resistance steels. Translated to English by Jain, R. C. London: Cambridge University Press, 1975.
42. Brook, J. A.; Thomson, A. W.; and William, J. C. A fundamental study of the beneficial effect of Delta Ferrite in reducing weld cracking. Welding Journal 63 (March 1984): 71s-83s.
43. Underwood, E. Quantitative metallography. In Kathleen Mills (ed.) ASM Metal Handbook , 123-134. 9th ed. Vol. 9, 1985.
44. Hines, W. , and Montgomery, C. Probability and statistics in engineering and management science. 3 rd ed. New York : John Willy & Sons, 1990
45. ประสงค์ ชะอุ่มใบ. ผลของพารามิเตอร์การเชื่อมพัลส์ทิก และส่วนผสมของแก๊สปกคลุม ต่อ ลักษณะรอยเชื่อม และโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 304L ในตำแหน่งการเชื่อมที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีการหาปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์ในเนื้อโลหะรอยเชื่อม

การหาปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์ของเนื้อโลหะรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก ด้วยวิธีการ Quantitative Metallography⁽⁴³⁾ เป็นการหาปริมาณจากภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานทดลองที่ผ่านการ Polishing และกัดด้วยกรดจากเครื่อง Image Analyser วิธีการนี้เป็นการหาปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์เป็นเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เนื่องจากภาพโครงสร้างจุลภาคที่ได้เป็นแบบ 2 เฟส โดยเห็นโครงสร้างเดลด้า-เฟอร์ไรท์เป็นสีเทา-ดำ และโครงสร้างออสเทนไนท์เป็นสีขาว ซึ่งสามารถหาปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์ได้จากสมการ

$$\lambda = (L_3)_\alpha \left[\frac{1 - (V_v)_\alpha}{(V_v)_\alpha} \right]$$

เมื่อ	λ	=	ระยะห่างของ α โดยเฉลี่ย
	$(V_v)_\alpha$	=	อัตราส่วน โดยปริมาตรของ α
	$(L_3)_\alpha$	=	ระยะเฉลี่ยของ α ที่เส้นทดสอบลากผ่าน

การหาค่า λ และ $(L_3)_\alpha$ สามารถหาได้จากการลากเส้นทดสอบตัดผ่านโครงสร้างจุลภาคที่ต้องการหาค่า Volume Fraction ดังแสดงในรูปที่ ก.1

สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการหาค่าปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์ คือ ต้องพิจารณาถึงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน(Standard Deviation) ที่เกิดขึ้นเพื่อหาขอบเขตความเชื่อมั่นสำหรับค่าปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์เฉลี่ยในเนื้อโลหะรอยเชื่อม ดังสมการต่อไปนี้

$$S = \left\{ \frac{1}{n - 1} \sum_{i=1}^n [X - \bar{X}]^2 \right\}^{1/2}$$

n	=	จำนวนครั้งการวัด
X	=	ค่าจากการวัดปริมาณแต่ละครั้ง
\bar{X}	=	ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของการวัดปริมาณ

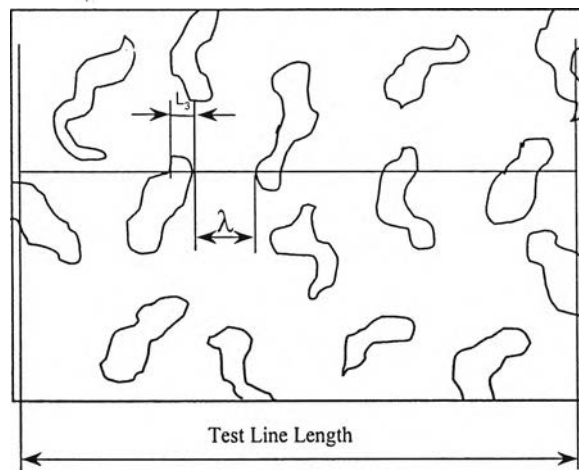
เมื่อกำหนดระดับค่าความเชื่อมั่น 95% จะได้ขอบเขตความเชื่อมั่น(CI) ของค่าเฉลี่ยปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์ในโครงสร้างจุลภาคของรอยเชื่อมดังสมการต่อไปนี้

$$CI = \pm 1.96 \frac{S}{\sqrt{n}}$$

และปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรในเนื้อโลหะรอยเชื่อมแสดงได้ดังสมการ

$$V_v = \bar{X} \pm CI$$

$$Error \% = \frac{CI}{\bar{X}} \times 100$$



รูปที่ ก.1 แสดงตำแหน่งการวัดค่า λ และ $(L_3)_\alpha$ จาก Test Line

ภาคผนวก ข.

ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์ในเนื้อโลหะรอยเชื่อม

ชิ้นงานทดลองที่ผ่านมาตรฐาน DIN 8563 ในตำแหน่งเชื่อม 6, 8, 9, 10 และ 12 นาฬิกา ที่ความเร็วเชื่อม 4 มิลลิเมตรต่อวินาที และใช้แก๊สปกคลุมอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจน 0 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มาวิเคราะห์ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์ในเนื้อโลหะรอยเชื่อม ผลการวิเคราะห์ในแนวตั้งฉากรอยเชื่อมแสดงในตาราง ข.1 และการวิเคราะห์ในแนวขนานกับรอยเชื่อมแสดงในตาราง ข.2 ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ในแนวตั้งฉากและแนวขนานกับรอยเชื่อมแสดงในตาราง ข.3 ซึ่งพบว่าความแตกต่างไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ข.1 ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
8.34	10.21	6.51	9.53	9.38	12.21	10.59	15.17
11.89	10.68	8.91	14.69	12.23	13.00	6.88	9.34
10.36	13.93	12.11	6.67	11.50	10.51	8.72	9.65
9.96	8.13	11.53	13.18	12.42	9.24	9.45	8.62
9.99	8.45	10.57	14.47	11.62	8.16	8.55	9.00
10.42	8.93	6.71	13.05	12.07	10.92	11.42	7.81

$$\sum X = 497.76$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 10.37$$

$$S = \pm 2.15$$

$$CI = 0.61$$

$$\% \text{ Error} = 5.87$$

$$\bar{V} = 10.37 \pm 0.61$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (1 %vol.)							
10.49	8.65	5.46	8.91	7.45	9.67	7.77	9.18
9.94	9.98	11.21	8.43	10.00	7.59	6.82	6.99
12.33	11.59	8.60	8.22	7.94	10.45	10.05	5.89
13.43	6.62	13.26	10.37	8.68	7.75	10.09	7.46
14.49	12.01	8.19	7.28	11.19	6.83	7.77	8.25
8.31	9.75	7.83	6.15	13.42	9.89	7.95	6.94

$$\sum X = 437.28$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 9.11$$

$$S = \pm 2.12$$

$$CI = 0.60$$

$$\% \text{ Error} = 6.57$$

$$V_p = 9.11 \pm 0.60$$

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (2 %vol.)							
6.23	9.12	12.96	6.13	7.45	8.21	5.44	10.94
11.08	10.64	8.35	7.51	8.07	6.51	5.68	9.86
9.46	8.68	7.12	10.29	6.95	7.27	10.15	14.32
5.91	8.00	7.68	8.32	6.64	11.33	13.08	5.68
8.94	6.81	6.66	7.64	10.42	8.79	11.04	5.99
9.33	8.41	7.23	10.25	9.46	6.64	7.67	7.85

$$\sum X = 408.00$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.50$$

$$S = \pm 2.08$$

$$CI = 0.59$$

$$\% \text{ Error} = 6.91$$

$$V_p = 8.50 \pm 0.59$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (3 %vol.)							
8.44	7.68	7.53	8.67	9.33	8.71	14.26	7.59
6.08	8.61	11.23	10.64	6.47	5.26	6.61	7.44
7.64	6.45	9.12	4.74	5.27	9.69	5.23	11.31
8.17	11.32	8.25	6.57	7.39	13.08	5.14	9.12
7.64	8.71	4.41	7.59	6.45	12.11	8.01	5.46
7.93	6.34	5.86	8.81	4.57	10.76	6.48	6.98

$$\sum X = 381.12$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.94$$

$$S = \pm 2.25$$

$$CI = 0.64$$

$$\% \text{ Error} = 8.02$$

$$V_v = 7.94 \pm 0.64$$

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
8.51	6.43	8.96	7.03	6.56	6.43	4.32	6.15
9.80	3.56	5.06	6.25	7.65	9.64	7.55	8.59
9.27	7.93	8.90	4.68	3.99	5.88	6.35	5.19
11.89	9.17	4.86	7.80	5.14	7.47	6.90	3.87
6.54	3.69	10.49	8.14	4.05	5.08	4.38	6.22
7.04	6.99	9.45	6.23	7.01	8.11	7.29	5.40

$$\sum X = 327.84$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.83$$

$$S = \pm 1.95$$

$$CI = 0.55$$

$$\% \text{ Error} = 7.96$$

$$V_v = 6.83 \pm 0.55$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 8 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
11.39	8.78	10.15	10.68	14.21	9.85	9.50	11.33
8.09	6.31	13.33	8.65	5.83	10.36	9.88	12.74
7.05	11.87	9.19	4.96	8.72	9.85	5.79	13.82
9.55	7.69	10.19	8.47	11.09	9.38	10.74	7.30
8.61	12.41	9.48	7.73	10.74	9.04	10.78	8.18
9.14	8.09	13.59	10.22	9.78	7.95	9.45	8.23

$$\sum X = 460.32$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 9.59$$

$$S = \pm 2.08$$

$$CI = 0.59$$

$$\% \text{ Error} = 6.14$$

$$V_v = 9.59 \pm 0.59$$

ตำแหน่งเชื่อม 8 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (1 %vol.)							
10.86	9.84	8.21	7.96	8.89	13.65	9.67	7.73
6.82	6.83	10.69	4.44	9.75	6.17	8.80	5.26
8.42	7.73	8.49	3.82	8.59	7.42	6.92	11.51
7.89	4.19	7.76	11.24	10.40	5.64	4.86	14.18
11.48	9.55	8.21	8.05	6.73	6.58	8.79	10.44
9.33	7.64	8.37	7.49	13.16	5.00	7.85	8.62

$$\sum X = 401.76$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.37$$

$$S = \pm 2.34$$

$$CI = 0.66$$

$$\% \text{ Error} = 7.91$$

$$V_v = 8.37 \pm 0.66$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 8 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (2 %vol.)							
9.76	6.53	8.65	7.77	5.07	4.86	5.82	8.27
12.34	6.96	9.80	4.76	3.82	10.50	5.36	13.04
5.83	3.22	9.66	4.10	7.50	3.95	5.52	6.58
6.32	11.24	8.25	9.06	7.95	8.90	5.83	12.16
13.03	5.29	4.80	6.74	7.42	9.44	6.09	5.78
10.35	5.52	9.57	8.55	7.26	8.32	6.53	8.69

$$\sum X = 362.40$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.55$$

$$S = \pm 2.48$$

$$CI = 0.70$$

$$\% \text{ Error} = 9.31$$

$$V_v = 7.55 \pm 0.70$$

ตำแหน่งเชื่อม 8 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (3 %vol.)							
6.58	9.53	8.64	5.82	7.15	6.37	7.68	8.27
10.88	3.11	9.66	7.93	8.55	5.29	11.29	8.75
12.24	5.82	6.11	8.20	4.86	5.55	7.16	6.91
3.46	6.58	9.04	4.26	8.59	7.82	5.05	8.14
6.96	5.92	3.02	7.44	6.83	4.78	6.24	5.84
8.14	6.37	9.62	5.98	7.56	6.59	8.03	6.69

$$\sum X = 341.28$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.11$$

$$S = \pm 1.97$$

$$CI = 0.56$$

$$\% \text{ Error} = 7.85$$

$$V_v = 7.11 \pm 0.56$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลด้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งจากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 8 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
6.56	9.45	8.93	7.30	5.84	3.36	4.38	6.52
5.29	3.98	6.59	5.84	7.67	11.94	9.62	8.84
4.77	3.02	10.46	4.69	9.44	5.48	6.08	9.04
2.99	9.52	8.45	7.13	5.75	9.05	4.93	5.97
6.44	8.45	4.59	5.27	6.82	4.85	5.57	6.29
4.88	6.64	7.03	5.40	3.36	8.54	6.29	5.48

$$\sum X = 314.40$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.55$$

$$S = \pm 2.07$$

$$CI = 0.59$$

$$\% \text{ Error} = 8.95$$

$$V_x = 6.55 \pm 0.59$$

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
9.78	10.36	12.47	8.81	7.22	13.63	11.28	9.46
8.82	7.87	12.03	14.11	6.75	9.50	5.16	10.02
11.07	9.55	6.83	15.26	7.81	10.29	13.12	8.45
11.40	9.35	10.36	9.40	9.64	9.70	9.10	10.36
6.94	8.88	9.53	8.55	6.89	14.40	6.74	10.01
7.04	9.93	6.21	7.89	8.06	7.46	6.57	7.45

$$\sum X = 451.68$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 9.41$$

$$S = \pm 2.28$$

$$CI = 0.64$$

$$\% \text{ Error} = 6.84$$

$$V_x = 9.41 \pm 0.64$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเตลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งจากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (1 %vol.)							
8.75	9.88	5.93	14.17	8.44	8.45	11.36	8.18
5.77	9.49	10.31	9.64	10.71	8.29	4.84	11.12
9.65	10.09	13.30	7.84	9.80	6.63	5.82	4.18
6.74	9.55	5.14	3.97	11.21	10.38	8.57	8.66
8.52	4.27	6.48	7.64	7.52	5.80	11.42	6.31
10.75	8.25	4.76	6.52	5.88	9.03	5.54	6.15

$$\sum X = 391.68$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.16$$

$$S = \pm 2.42$$

$$CI = 0.69$$

$$\% \text{ Error} = 8.39$$

$$V_v = 8.16 \pm 0.69$$

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (2 %vol.)							
10.25	8.42	7.84	5.54	9.22	9.17	11.85	7.97
5.90	6.13	7.48	8.33	12.73	8.67	5.56	3.78
6.79	9.47	7.54	7.85	10.42	8.60	4.95	7.69
11.77	8.39	7.48	6.76	5.62	3.18	8.85	6.84
8.81	7.27	6.43	8.49	10.84	5.10	4.78	7.86
4.76	8.09	7.92	7.78	6.16	8.64	6.91	8.12

$$\sum X = 368.64$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.68$$

$$S = \pm 2.02$$

$$CI = 0.57$$

$$\% \text{ Error} = 7.44$$

$$V_v = 7.68 \pm 0.57$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (3 %vol.)							
9.68	8.42	10.52	5.94	7.16	4.90	8.18	5.84
4.73	7.06	12.35	5.93	6.13	4.66	5.51	7.91
5.69	9.76	8.46	5.74	9.22	7.97	3.74	5.16
10.29	9.52	5.54	4.81	3.30	6.79	11.85	4.78
8.62	7.69	13.12	5.56	6.32	7.37	9.34	7.59
9.13	5.84	10.05	7.48	5.66	8.21	4.95	8.97

$$\sum X = 353.28$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.36$$

$$S = \pm 2.27$$

$$CI = 0.64$$

$$\% \text{ Error} = 8.73$$

$$V_v = 7.36 \pm 0.64$$

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
11.07	9.55	5.77	4.83	3.86	7.64	3.97	6.45
4.68	4.25	6.54	7.50	3.63	6.39	9.10	5.99
5.76	6.71	4.93	5.84	7.88	6.16	10.03	5.58
6.42	5.52	3.20	6.53	5.99	4.77	2.79	4.26
4.08	6.54	5.32	9.28	5.37	6.10	6.96	9.17
7.80	7.23	8.88	4.90	6.11	5.38	8.44	5.05

$$\sum X = 300.00$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.25$$

$$S = \pm 1.87$$

$$CI = 0.53$$

$$\% \text{ Error} = 8.45$$

$$V_v = 6.25 \pm 0.53$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเตลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 10 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
13.24	8.16	9.48	8.66	10.35	6.53	7.27	9.51
14.16	8.77	13.82	11.10	9.81	10.89	11.19	7.21
6.73	8.54	5.29	10.92	9.23	8.93	11.79	9.75
5.44	9.75	11.14	8.88	10.02	7.96	8.53	9.78
8.49	9.78	9.48	9.11	11.21	8.08	10.84	6.83
14.01	5.91	7.79	9.14	9.81	11.11	8.77	9.72

$$\sum X = 453.12$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 9.44$$

$$S = \pm 2.04$$

$$CI = 0.58$$

$$\% \text{ Error} = 6.12$$

$$V_v = 9.44 \pm 0.58$$

ตำแหน่งเชื่อม 10 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (1 %vol.)							
11.44	10.46	12.40	9.47	14.66	5.95	6.08	7.54
10.37	13.72	9.11	8.08	7.32	8.29	4.62	6.91
8.67	8.04	4.29	9.83	10.38	11.22	9.02	10.10
6.39	5.15	9.68	10.56	12.73	8.89	4.75	11.43
9.62	6.11	7.36	8.51	10.14	5.84	9.58	7.97
10.84	9.93	6.71	10.19	4.89	8.80	6.54	8.20

$$\sum X = 418.56$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.72$$

$$S = \pm 2.41$$

$$CI = 0.68$$

$$\% \text{ Error} = 7.82$$

$$V_v = 8.72 \pm 0.68$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 10 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (2 %vol.)							
8.82	10.24	9.46	12.13	9.66	8.74	6.13	5.55
10.29	9.52	5.54	4.35	6.79	11.82	7.35	7.48
8.66	7.85	3.91	7.89	5.97	8.59	9.61	10.43
12.13	8.48	6.34	6.78	8.75	7.69	11.66	9.03
6.66	7.50	7.96	8.61	8.74	5.00	6.76	8.09
7.84	9.78	5.47	6.69	8.79	8.36	6.65	7.14

$$\sum X = 387.84$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.08$$

$$S = \pm 1.94$$

$$CI = 0.55$$

$$\% \text{ Error} = 6.77$$

$$V_v = 8.08 \pm 0.55$$

ตำแหน่งเชื่อม 10 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (3 %vol.)							
9.72	8.69	7.45	7.48	11.85	9.76	6.84	5.25
12.18	9.68	5.74	5.94	9.63	8.81	5.90	6.69
3.88	5.29	9.45	8.59	6.32	8.04	4.22	5.62
10.09	8.34	7.81	6.56	4.09	8.00	9.10	4.61
6.58	6.91	4.75	7.48	6.03	9.11	8.56	12.54
9.44	7.62	8.14	5.61	7.49	9.13	7.17	6.96

$$\sum X = 364.32$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.59$$

$$S = \pm 2.07$$

$$CI = 0.59$$

$$\% \text{ Error} = 7.71$$

$$V_v = 7.59 \pm 0.59$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 10 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
7.63	6.38	5.74	6.16	4.97	5.21	10.04	6.46
5.45	7.62	7.51	4.07	6.36	6.78	4.64	5.51
3.98	6.87	5.92	6.02	8.03	6.89	8.22	12.13
4.94	5.06	5.76	7.48	6.19	10.70	11.82	4.46
5.89	5.79	8.08	6.86	5.13	4.69	8.44	9.11
7.35	3.76	6.78	4.68	10.43	5.47	4.39	6.87

$$\sum X = 318.72$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.64$$

$$S = \pm 1.98$$

$$CI = 0.56$$

$$\% \text{ Error} = 8.42$$

$$V_v = 6.64 \pm 0.56$$

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
11.28	8.77	7.25	8.73	11.37	8.72	12.46	14.11
10.16	8.25	9.91	7.89	11.80	9.83	10.25	8.19
7.56	8.31	11.45	12.48	10.02	11.11	13.49	11.65
9.59	10.36	11.19	9.89	5.83	6.92	12.63	8.34
14.09	12.85	10.21	9.42	9.26	7.82	12.36	11.59
13.03	9.78	8.01	11.70	8.34	9.84	7.28	8.55

$$\sum X = 483.84$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 10.08$$

$$S = \pm 2.02$$

$$CI = 0.57$$

$$\% \text{ Error} = 5.65$$

$$V_v = 10.08 \pm 0.57$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (1 %vol.)							
9.18	12.70	11.59	13.32	8.56	9.98	7.91	8.53
13.79	8.61	7.77	12.12	6.25	8.08	6.82	8.47
10.41	11.26	5.22	8.15	7.96	8.00	9.79	4.86
7.98	10.82	7.75	9.66	6.21	7.38	6.73	9.17
5.05	8.19	10.21	6.89	9.62	8.64	7.75	11.19
7.57	9.65	13.58	8.02	8.18	9.94	5.70	7.96

$$\sum X = 422.88$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.81$$

$$S = \pm 2.16$$

$$CI = 0.61$$

$$\% \text{ Error} = 6.92$$

$$V_p = 8.81 \pm 0.61$$

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (2 %vol.)							
8.77	8.41	12.32	8.62	7.79	11.16	7.83	13.52
6.23	7.69	10.37	4.59	9.11	8.63	7.96	11.25
10.44	11.01	8.86	5.69	7.89	8.66	9.57	6.09
7.96	10.64	8.53	4.57	5.94	11.76	4.93	9.14
8.83	7.91	9.74	6.61	6.09	8.44	7.97	6.71
9.07	4.46	7.38	9.12	8.37	8.68	7.23	6.05

$$\sum X = 398.40$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 8.30$$

$$S = \pm 2.04$$

$$CI = 0.58$$

$$\% \text{ Error} = 6.95$$

$$V_p = 8.30 \pm 0.58$$

ตาราง ข.1(ต่อ) ปริมาณเดลด้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมอสเตนนิกเกรด 316L (แนวตั้งฉากรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (3 %vol.)							
9.61	7.52	10.09	11.42	8.89	9.35	8.79	9.88
8.22	9.38	6.44	5.28	6.37	6.94	4.21	6.80
5.99	9.42	8.79	12.38	5.66	9.50	5.58	7.27
5.14	6.12	4.96	7.36	5.44	5.18	11.19	12.03
8.15	4.89	9.57	7.04	9.78	8.31	7.68	7.50
4.82	7.50	6.58	8.33	10.95	11.14	5.25	6.88

$$\sum X = 375.36$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 7.82$$

$$S = \pm 2.14$$

$$CI = 0.60$$

$$\% \text{ Error} = 7.72$$

$$V_v = 7.82 \pm 0.60$$

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
8.73	8.59	10.15	12.67	8.34	7.21	6.44	5.67
6.79	6.84	5.23	4.08	5.58	9.68	10.13	5.44
4.02	6.89	4.69	8.55	5.42	6.43	5.95	4.58
6.43	5.87	8.14	4.23	5.55	7.39	4.65	6.58
4.69	5.48	9.46	7.22	6.81	5.99	8.35	7.62
5.38	8.64	5.59	6.82	9.43	5.16	7.11	6.26

$$\sum X = 326.88$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.81$$

$$S = \pm 1.86$$

$$CI = 0.53$$

$$\% \text{ Error} = 7.71$$

$$V_v = 6.81 \pm 0.53$$

ตาราง ข.2 ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L
(แนวนานรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
12.49	11.23	6.58	10.43	11.53	9.16	11.84	8.79
14.07	12.78	8.29	8.54	15.26	6.99	12.13	13.08
11.24	8.43	7.00	15.21	9.52	12.11	10.16	13.49
13.24	14.28	11.36	11.59	6.87	8.81	9.75	10.69
8.44	10.36	10.91	16.07	11.23	7.16	7.66	9.49
11.86	8.49	9.39	12.64	7.96	8.05	10.00	9.79
$\Sigma X = 506.40$		$n = 48$		$\bar{X} = 10.55$		$S = \pm 2.40$	

ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
8.17	10.16	8.53	3.69	6.31	5.26	2.98	6.69
6.82	13.14	5.19	5.97	10.10	4.69	5.45	6.03
12.76	8.39	5.97	7.17	6.96	6.39	10.16	9.39
7.54	3.41	4.12	6.83	8.97	3.64	8.98	7.02
6.97	7.25	5.83	7.40	8.23	3.84	5.98	6.66
7.26	4.89	8.82	3.06	8.93	8.75	4.83	7.05
$\Sigma X = 332.16$		$n = 48$		$\bar{X} = 6.92$		$S = \pm 2.29$	

ตาราง ข.2(ต่อ) ปริมาณเคลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวนานรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
11.28	8.90	7.02	10.51	8.89	10.15	12.27	7.03
8.10	9.62	11.30	8.16	11.72	10.71	14.19	13.87
6.29	8.26	7.34	6.57	9.28	11.01	10.29	12.51
8.58	7.85	4.85	14.32	7.16	9.37	8.29	5.29
10.28	13.72	10.87	10.00	8.26	12.69	8.34	7.65
8.30	7.75	9.37	9.51	8.61	6.57	12.57	9.60

$$\sum X = 455.04$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 9.48$$

$$S = \pm 2.31$$

ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
7.71	8.14	4.58	7.98	5.15	4.71	6.57	3.28
10.53	7.00	6.75	5.28	7.51	3.69	8.56	6.01
11.16	5.43	5.92	11.04	5.89	8.12	9.33	7.21
4.43	6.84	4.42	3.82	6.64	5.58	7.35	10.13
5.44	5.07	8.57	6.45	3.42	6.15	4.03	4.28
8.72	5.65	10.19	7.01	4.85	8.35	6.48	3.62

$$\sum X = 314.88$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.56$$

$$S = \pm 2.09$$

ตาราง ข.2(ต่อ) ปริมาณเตลต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) ในรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L (แนวนานรอยเชื่อม)

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (0 %vol.)							
11.35	9.49	7.76	12.23	13.09	11.51	12.79	10.36
10.50	7.41	8.92	6.91	11.21	12.80	6.91	10.44
13.75	12.08	9.96	7.02	13.51	10.49	9.78	10.22
11.65	10.49	7.62	11.80	7.48	9.06	8.19	12.02
12.22	6.62	8.19	9.63	5.90	12.79	12.08	11.15
10.21	11.37	9.65	8.91	14.37	10.07	9.38	10.22

$$\sum X = 491.52$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 10.24$$

$$S = \pm 2.09$$

ตำแหน่งเชื่อม 12 นาฬิกา

แก๊สปกคลุม Ar+N ₂ (4 %vol.)							
10.11	7.52	5.20	5.34	7.36	3.54	5.65	7.51
6.82	5.33	6.28	4.87	3.39	4.85	5.98	9.21
7.29	6.28	8.32	6.57	4.92	5.14	6.66	9.64
5.69	6.85	8.54	3.61	4.87	7.03	8.06	5.99
6.57	7.85	8.64	5.95	6.71	4.15	7.34	4.59
8.66	7.19	4.92	6.86	5.99	10.16	6.82	10.77

$$\sum X = 317.76$$

$$n = 48$$

$$\bar{X} = 6.62$$

$$S = \pm 1.76$$

ตาราง ข.3 แสดงความแตกต่างปริมาณเคลดต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.) โดยวิเคราะห์ในแนวตั้งฉากและในแนวขนานรอยเชื่อม

ตำแหน่งเชื่อม (นาฬิกา)	Ar+N ₂ (%vol.)	ปริมาณเคลดต้า-เฟอร์ไรท์(%vol.)			
		แนวตั้งฉาก	แนวขนาน	ความแตกต่าง	%ความแตกต่าง
6	0	10.37	10.55	+0.18	+1.74
6	4	6.83	6.92	+0.09	+1.32
9	0	9.41	9.48	+0.07	+0.74
9	4	6.25	6.56	+0.31	+4.96
12	0	10.08	10.24	+0.16	+1.59
12	4	6.81	6.62	-0.19	-2.79

ภาคผนวก ค.

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน แบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือ 1.การวิเคราะห์ในเนื้อโลหะพื้น และ 2.การวิเคราะห์ในเนื้อโลหะรอยเชื่อม ทำการวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง LECO 400 (Oxygen-Nitrogen Analyser) ผลการวิเคราะห์ แสดงในตาราง ค.1 ค.2 และ ค.3 ตามลำดับ

ตาราง ค.1 ปริมาณไนโตรเจน(%wt.) ในเนื้อโลหะพื้น

ครั้งที่	น้ำหนักทดสอบ (กรัม)	ปริมาณออกซิเจน (%wt.)	ปริมาณไนโตรเจน (%wt.)
1	0.9095	0.02059	0.04744
2	1.0946	0.01679	0.04273
3	1.1772	0.01796	0.04525
ค่าเฉลี่ย	1.0604	0.01845	0.04514

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนในเนื้อโลหะรอยเชื่อม เหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L ทำการวิเคราะห์ที่ตำแหน่งเชื่อม 6 และ 9 นาฬิกา ความเร็วเชื่อม 4 มิลลิเมตรต่อวินาที ใช้แก๊สปกคลุมอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจน 0 ถึง 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ผลการวิเคราะห์แสดง ในตาราง ค.2 และ ค.3 ตามลำดับ

ตาราง ค.2 ปริมาณไนโตรเจน(%wt.) ในเนื้อโลหะรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L ที่ตำแหน่งเชื่อม 6 นาฬิกาใช้แก๊สปกคลุม Ar+N₂(%vol.)

Ar+N ₂ (%vol.)	ปริมาณไนโตรเจน(%wt.) / ปริมาณออกซิเจน(%wt.) / น้ำหนักทดสอบ(กรัม)											
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			ค่าเฉลี่ย		
0	0.07124	0.03476	0.9153	0.06945	0.03298	0.8620	0.06945	0.03793	1.0314	0.07000	0.03522	0.9362
1	0.08059	0.04087	0.9300	0.07300	0.03849	0.9776	0.07589	0.03912	0.9834	0.07649	0.03949	0.9637
2	0.07710	0.04327	0.9986	0.07434	0.03344	1.0075	0.07571	0.03064	1.0321	0.07572	0.03570	1.0127
3	0.07383	0.03024	1.0230	0.08227	0.03554	0.8249	0.07695	0.03393	0.9748	0.07768	0.03323	0.9409
4	0.08425	0.03393	0.8371	0.08176	0.03909	0.9957	0.08609	0.02978	0.8310	0.08403	0.03426	0.8879

ตาราง ค.3 ปริมาณไนโตรเจน(%wt.) ในเนื้อโลหะรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L ที่ตำแหน่งเชื่อม 9 นาฬิกาใช้แก๊สปกคลุม Ar+N₂(%vol.)

Ar+N ₂ (%vol.)	ปริมาณไนโตรเจน(%wt.) / ปริมาณออกซิเจน(%wt.) / น้ำหนักทดสอบ(กรัม)											
	ครั้งที่ 1			ครั้งที่ 2			ครั้งที่ 3			ค่าเฉลี่ย		
0	0.06389	0.03652	1.0777	0.07882	0.04975	0.8266	0.07407	0.04562	1.0173	0.07226	0.04396	0.9739
1	0.07467	0.03157	1.0384	0.07512	0.03026	0.8628	0.07976	0.03713	0.8684	0.07652	0.03299	0.9232
2	0.08342	0.03129	0.9047	0.08263	0.03048	0.9019	0.08213	0.03168	0.8568	0.08273	0.03115	0.8876
3	0.08332	0.03038	0.8739	0.08044	0.03136	0.8696	0.08264	0.03213	0.8822	0.08213	0.03129	0.8752
4	0.08498	0.02762	0.8818	0.08779	0.03026	0.8649	0.08498	0.03419	0.8753	0.08591	0.03069	0.8741

ภาคผนวก ง.

ผลการตรวจสอบรอยเชื่อมด้วยรังสี (Radiographic Test:RT)

นำรอยเชื่อมที่ผ่านมาตรฐาน DIN 8563ระดับBS ที่ตำแหน่งเชื่อม 6 และ 12 นาฬิกาใช้ชิ้นงานทดลองเมื่อเชื่อมที่ความเร็วเชื่อม 2, 4 และ 6 มิลลิเมตรต่อวินาที และที่ตำแหน่งเชื่อม 8 ถึง 10 นาฬิกาใช้ชิ้นงานทดลองเมื่อเชื่อมที่ความเร็วเชื่อม 2, 4 และ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อใช้แก๊สปกคลุมอาร์กอนผสมแก๊สไนโตรเจน 4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

การตรวจสอบเป็นการตรวจสอบตามมาตรฐาน ASME IX (American Society of Mechanical Engineering) โดยใช้เครื่อง Rigaku :X-ray Radiographic Equipment Cat.No.6031 B1 Radioflex RF-100 GSB ผลการทดลองแสดงในตาราง ง.1

ตาราง ง.1 ผลการตรวจสอบรอยเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมออสเทนนิติก เกรด 316L ด้วยวิธีทดสอบฉายรังสี

เลขที่ชิ้นงานทดสอบ	ตำแหน่งเชื่อม (นาฬิกา)	ความเร็วเชื่อม (มม./วินาที)	ผลการวิเคราะห์รอยบกพร่อง	
			ผ่าน	ไม่ผ่าน
510	6	2	✓	
503	6	4	✓	
498	6	6	✓	
351	8	2	✓	
342	8	4	✓	
394	8	5	✓	
277	9	2	✓	
272	9	4	✓	
268	9	5	✓	
429	10	2	✓	
424	10	4	✓	
421	10	5	✓	
572	12	2	✓	
186	12	4	✓	
184	12	6	✓	

ภาคผนวก จ.

การสร้างเส้นกราฟที่เหมาะสมด้วยวิธีเส้นกำลังสองน้อยสุด (Linear Least Square Method Fitting Curve)

จากข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่เป็นลักษณะกระจาย(Scattering) ทำให้เห็นแนวโน้มของกราฟค่อนข้างลำบาก ดังนั้นการสร้างเส้นกราฟด้วยวิธีเส้นกำลังสองน้อยสุดทำให้สามารถเห็นแนวโน้มของข้อมูลได้ง่ายขึ้น โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเป็นลักษณะคู่ลำดับ $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2), (X_3, Y_3), \dots, (X_n, Y_n)$ มีสมการคือ

$$Y = a_0 + a_1 X$$

ซึ่งค่าคงที่ a_0 และ a_1 คำนวณโดยการแก้สมการดังนี้

$$\sum Y = a_0 N + a_1 \sum X$$

$$\sum XY = a_0 \sum X + a_1 \sum X^2$$

โดยที่ค่าคงที่ a_0 และ a_1 สามารถคำนวณหาได้จากสูตร

$$a_0 = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$a_1 = \frac{N \sum (XY) - (\sum X)(\sum Y)}{N \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

เมื่อคำนวณหาค่า a_0 และค่า a_1 ได้แล้วนำไปแทนในสมการ $Y = a_0 + a_1 X$ และเมื่อแทนค่าตัวแปรอิสระ (X) ลงในสมการจะได้ค่าตัวแปรตาม (Y) ทำเช่นนี้จนแทนค่าตัวแปรอิสระครบทุกตัว ซึ่งก็จะได้กราฟเส้นตรงที่เหมาะสมของชุดข้อมูลนั้น

ประวัติผู้เขียน

นาย เอกรัตน์ ไวยนิตย์ เกิดวันที่ 25 ตุลาคม พ.ศ.2515 ที่อำเภอบางปะอิน จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ในปีการศึกษา 2538 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ.2539

