

บทที่ 8

การวิเคราะห์ผลทดสอบ

8.1 การวิเคราะห์ผลทดสอบทางสถิติ

แสดงค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าแปรผัน โดยที่

s_m คือค่าเบี่ยงเบนจากการวัด

s_p คือค่าเบี่ยงเบนจากกรรมวิธี

s_{pe} คือค่าเบี่ยงเบนจากผลิตภัณฑ์

และ s_m^2 คือค่าแปรผันจากการวัด

s_p^2 คือค่าแปรผันจากกรรมวิธี

s_{pe}^2 คือค่าแปรผันจากผลิตภัณฑ์

ซึ่งจะสรุปหมายเลขตาราง เพื่อง่ายต่อการเข้าใจตามตาราง ดังนี้

รายการ	หมายเลขตาราง	
	การทดสอบแรงดึง	การทดสอบบานท่อ
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของ		
การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1	8 - 1	8 - 3
การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2	8 - 2	8 - 4
ค่าแปรผัน ของ		
การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1	8 - 5	8 - 7
การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2	8 - 6	8 - 8

ตารางที่ 8-1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ของผลการทดสอบแรงดึง การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1

หมายเลข ท่อทดลอง	ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (เมกะปาสกาล)					ค่าทางสถิติ	
	ตอนที่1	ตอนที่2	ตอนที่3	ตอนที่4	ตอนที่5	X	s
1	365.9	365.9	475.7	453.4	461.1	424.40	54.000
2	454.1	440.9	431.2	427.1	452.1	441.08	12.083
3	572.2	550.0	497.2	562.8	442.2	524.88	54.567
4	472.2	490.9	461.8	456.9	454.2	467.20	14.924
5	466.6	383.3	325.4	525.0	475.9	435.24	79.775
6	407.4	481.5	492.2	471.3	450.8	460.64	33.452
7	-	-	-	-	-	-	-
8	300.0	313.9	341.4	412.9	237.4	321.12	63.918
$s_{\text{ก}}$ = ค่าเบี่ยงเบนจากการวัด $s_{\text{ป}}$ = ค่าเบี่ยงเบนจากกรรมวิธี						X=439.22	$s_{\text{ก}}=44.67$
						$s_{\text{ป}}=61.59$	

คำนวณ ค่าเบี่ยงเบนจากผลิตภัณฑ์ $s_{\text{ป}}$ ดังนี้

$$\begin{aligned}
 s_{\text{ป}} &= s_{\text{ป}} - s_{\text{ก}} \\
 &= (61.598) - (44.674) \\
 &= 42.409
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 8-2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของผลการทดสอบแรงดึง การทดลองเชื่อมครั้งที่ 2							
หมายเลข ท่อทดลอง	ความต้านทานแรงดึงสูงสุด (เมกะปาสกาล)					ค่าทางสถิติ	
	ตอนที่1	ตอนที่2	ตอนที่3	ตอนที่4	ตอนที่5	X	s
1	466.7	479.6	475.9	464.3	481.4	473.58	7.685
2	531.4	533.3	525.0	524.5	502.6	523.36	12.231
3	373.1	371.2	356.4	366.6	320.1	357.48	21.874
4	480.5	473.5	494.4	473.5	511.8	486.74	16.401
5	-	-	-	-	-	-	-
6	365.4	462.3	403.5	313.7	394.0	387.78	54.378
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
s_m = ค่าเบี่ยงเบนจากการวัด s_p = ค่าเบี่ยงเบนจากกรรมวิธี						X=445.78 s_p =70.05	s_m =22.51

คำนวณ ค่าเบี่ยงเบนจากผลิตภัณฑ์ s_{pr} ดังนี้

$$\begin{aligned}
 s_{pr} &= s_p - s_m \\
 &= (70.053) - (22.514) \\
 &= 66.336
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 8-3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ของผลการทดสอบบานท่อ การทดลองเชื่อมครั้งที่ 1

หมายเลข ท่อทดลอง	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขยาย (จำนวนเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเดิม)					ค่าทางสถิติ	
	ท่อนที่1	ท่อนที่2	ท่อนที่3	ท่อนที่4	ท่อนที่5	X	s
1	1.35D	1.34D	1.33D	1.33D	1.34D	1.34D	0.008D
2	1.36D	1.36D	1.33D	1.37D	1.36D	1.36D	0.015D
3	1.20D	1.25D	1.18D	1.23D	1.27D	1.23D	0.036D
4	1.38D	1.37D	1.35D	1.35D	1.36D	1.36D	0.013D
5	1.35D	1.26D	1.24D	1.30D	1.22D	1.27D	0.052D
6	1.20D	1.33D	1.31D	1.33D	1.34D	1.30D	0.058D
7	-	-	-	-	-	-	-
8	1.25D	1.14D	1.22D	1.23D	1.09D	1.19D	0.068D
$s_{\text{ท}}$ = ค่าเบี่ยงเบนจากการวัด s_{p} = ค่าเบี่ยงเบนจากกรรมวิธี						X=1.29D $s_{\text{p}}=0.07D$	$s_{\text{ท}}=0.067D$

คำนวณ ค่าเบี่ยงเบนจากผลิตภัณฑ์ s_{pr} ดังนี้

$$\begin{aligned}
 s_{pr} &= s_p - s_{\text{ท}} \\
 &= (0.07D) - (0.067D) \\
 &= 0.02D
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 8-4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ของผลการทดสอบบานท่อ การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2

หมายเลข ท่อทดลอง	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขยาย (จำนวนเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางเดิม)					ค่าทางสถิติ	
	ตอนที่1	ตอนที่2	ตอนที่3	ตอนที่4	ตอนที่5	X	s
	1	1.30D	1.36D	1.35D	1.30D	1.31D	1.32D
2	1.32D	1.30D	1.31D	1.28D	1.30D	1.30D	0.015D
3	1.34D	1.21D	1.18D	1.26D	1.22D	1.24D	0.062D
4	1.27D	1.35D	1.36D	1.28D	1.30D	1.31D	0.040D
5	-	-	-	-	-	-	-
6	1.34D	1.30D	1.32D	1.20D	1.34D	1.30D	0.058D
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
$s_m =$ ค่าเบี่ยงเบนจากการวัด $s_p =$ ค่าเบี่ยงเบนจากกรรมวิธี						X=1.29D $s_p = 0.03D$	$s_m = 0.041D$

คำนวณ ค่าเบี่ยงเบนจากผลิตภัณฑ์ s_{p2} ดังนี้

$$\begin{aligned}
 s_{p2} &= s_p - s_m \\
 &= (0.03D) - (0.014D) \\
 &= 0.016D
 \end{aligned}$$

ตารางที่ 8-5 ค่าแปรผัน

ของผลการทดสอบแรงดึง การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1

แหล่งที่มา	ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน s	ค่าแปรผัน s^2	ร้อยละของค่าแปรผัน
ผลิตภัณฑ์	42.409	1798.52	23.70
การวัด	44.674	1995.77	26.30
กรรมวิธี	61.598	3794.31	50.00

ตารางที่ 8-6 ค่าแปรผัน

ของผลการทดสอบแรงดึง การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2

แหล่งที่มา	ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน s	ค่าแปรผัน s^2	ร้อยละของค่าแปรผัน
ผลิตภัณฑ์	66.336	4400.46	44.84
การวัด	22.514	506.88	5.16
กรรมวิธี	70.053	4907.42	50.00

ตารางที่ 8-7 ค่าแปรผัน

ของผลการทดสอบบานท่อ การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1

แหล่งที่มา	ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน s	ค่าแปรผัน s^2	ร้อยละของค่าแปรผัน
ผลิตภัณฑ์	0.02	0.0004	4.08
การวัด	0.067	0.0045	45.92
กรรมวิธี	0.07	0.0049	50.00

ตารางที่ 8-8 ค่าแปรผัน

ของผลการทดสอบบานท่อ การทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2

แหล่งที่มา	ค่า เบี่ยงเบนมาตรฐาน s	ค่าแปรผัน s^2	ร้อยละของค่าแปรผัน
ผลิตภัณฑ์	0.02	0.0004	13.33
การวัด	0.041	0.0017	56.66
กรรมวิธี	0.031	0.0009	30.01

8.2 การวิเคราะห์ผลทดสอบจากกราฟ

การวิเคราะห์ผลด้วยกราฟและตัวเลข คือ

Run chart

แสดงค่าเฉลี่ยของตัวแปรตอบสนองแต่ละกลุ่มย่อย พร้อมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่เป็นตัวแทนของท่อทดลองทุกหมายเลขลำดับการทดสอบแรงดึง และการบานท่อ

Dot diagrams

แสดงการกระจายของตัวแปรตอบสนอง โดยอิทธิพลของปัจจัยเดี่ยว, ปัจจัยคู่ และปัจจัยร่วม ของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เป็นตัวแทนของท่อทดลองตามการทดสอบแรงดึงและการบานท่อ

Geometric figure or other display of paired comparison

แสดงค่าของผลการทดลอง ตามระดับปัจจัยของกรรมวิธีการเชื่อมระบบ TIG ในรูปแบบของ cube model พร้อมทั้งผลต่างทางตัวเลขซึ่งเป็นการแสดงผลกระทบจากการเปลี่ยนค่าปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบกับระดับของคู่ปัจจัยที่เหลือ ในรูปแบบของ paired comparisons ของค่าเฉลี่ยตัวแปรตอบสนองของแต่ละกลุ่มย่อยที่แสดงไว้ในภาคผนวก พร้อมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เป็นตัวแทนของท่อทดลองทุกหมายเลข ตามการทดสอบแรงดึงและการทดสอบบานท่อ

Response display

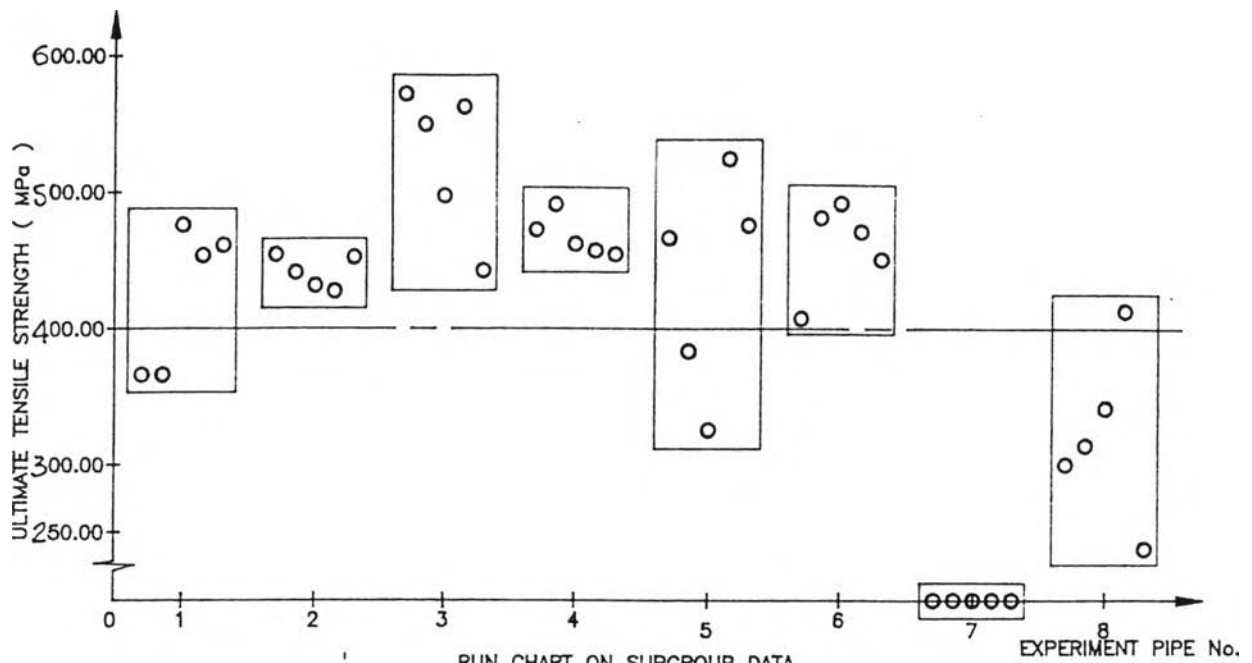
แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรตอบสนองที่แต่ละคู่ของปัจจัย ของค่าเฉลี่ยที่เป็นตัวแทนของท่อทดลองทุกหมายเลข ตามการทดสอบแรงดึงและการทดสอบบานท่อ

การทดลอง เชื่อมทั้ง 2 ครั้งสำหรับท่อ 2 ขนาด ซึ่งแสดงรายละเอียดด้วย
กราฟและตัวเลขนั้นแสดงไว้ในภาคผนวก จ

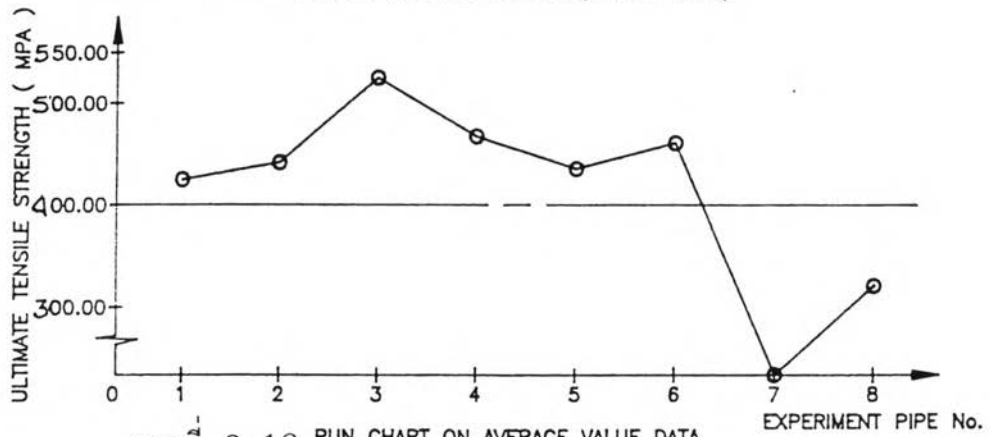
สำหรับกราฟและตัวเลขที่แสดงถัดจากนี้เป็นของค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ฐานซึ่งเป็นตัวแทนของท่อทดลอง เชื่อมแต่ละหมายเลข ของการทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1
และครั้งที่ 2 โดยจะสรุปหมายเลขภาพในส่วนนี้ เพื่อง่ายต่อการเข้าใจ ดังนี้

แสดงการวิเคราะห์ผลการทดลอง เชื่อมครั้งที่ 1 สำหรับขนาดท่อ O.D 42.7x1.2tx2000L	หมายเลขภาพ	
	การทดสอบ แรงดึง	การทดสอบ บานท่อ
* run chart on subgroup data	8 - 9	8 - 15
* run chart on average value data	8 - 10	8 - 16
* run chart on standard deviation value data	8 - 11	8 - 17
* dot diagram on average value	8 - 21	8 - 25
* dot diagram on standard diviation value	8 - 22	8 - 26
* display of paired comparison ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ย	8 - 29	8 - 33
ใช้ข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8 - 30	8 - 34
* average value response plot	8 - 37	8 - 39

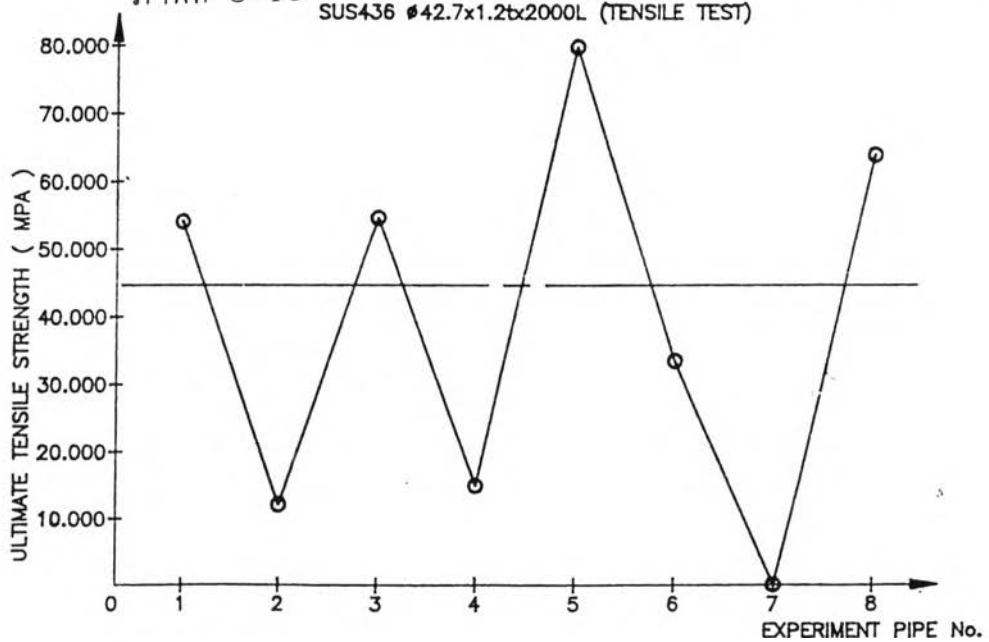
แสดงการวิเคราะห์ผลการทดลอง เชื่อมครั้งที่ 2 สำหรับขนาดท่อ O.D 54.0x1.2tx2000L	หมายเลขภาพ	
	การทดสอบ แรงดึง	การทดสอบ บานท่อ
* run chart on subgroup data	8-12	8-18
* run chart on average value data	8-13	8-19
* run chart on standard deviation value data	8-14	8-20
* dot diagram on average value	8-23	8-27
* dot diagram on standard diviation value	8-24	8-28
* display of paired comparison ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ย	8-31	8-35
ใช้ข้อมูลค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8-32	8-36
* average value response plot	8-38	8-40



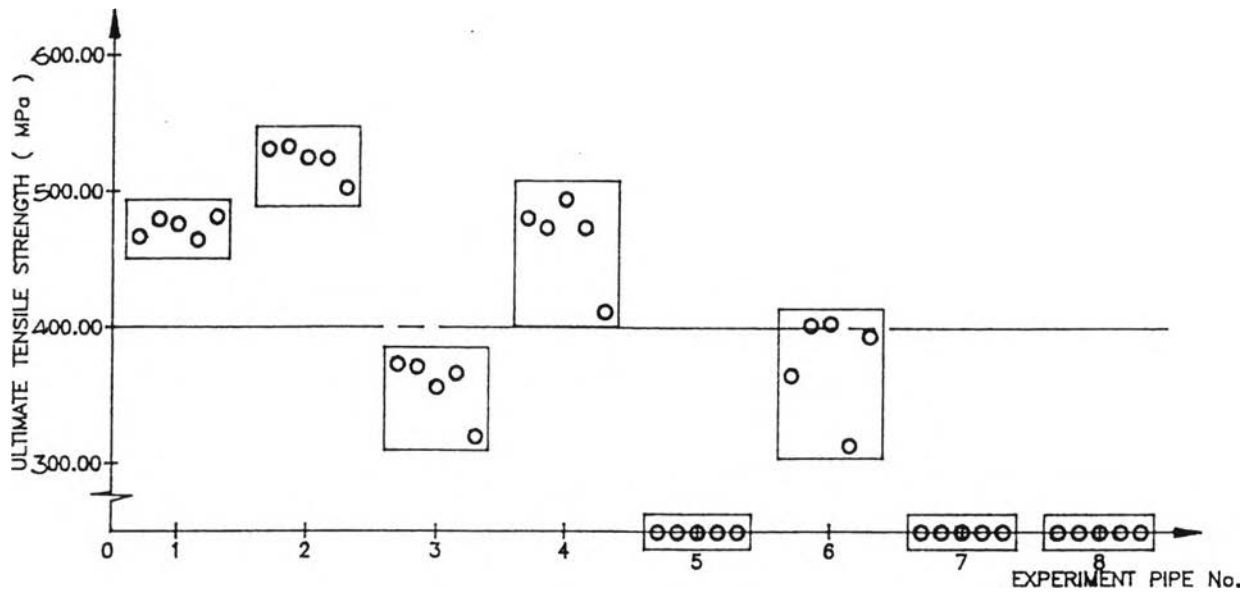
ภาพที่ 8-9 RUN CHART ON SUBGROUP DATA
SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (TENSILE TEST)



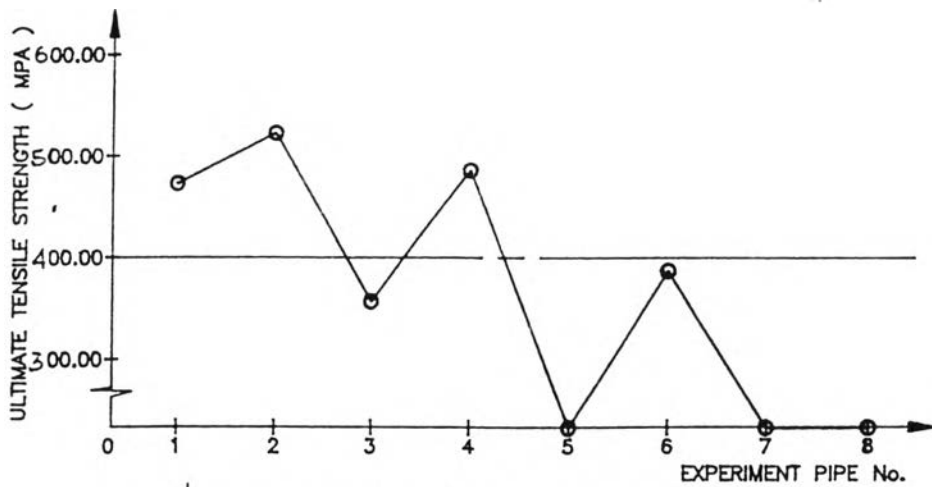
ภาพที่ 8-10 RUN CHART ON AVERAGE VALUE DATA
SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (TENSILE TEST)



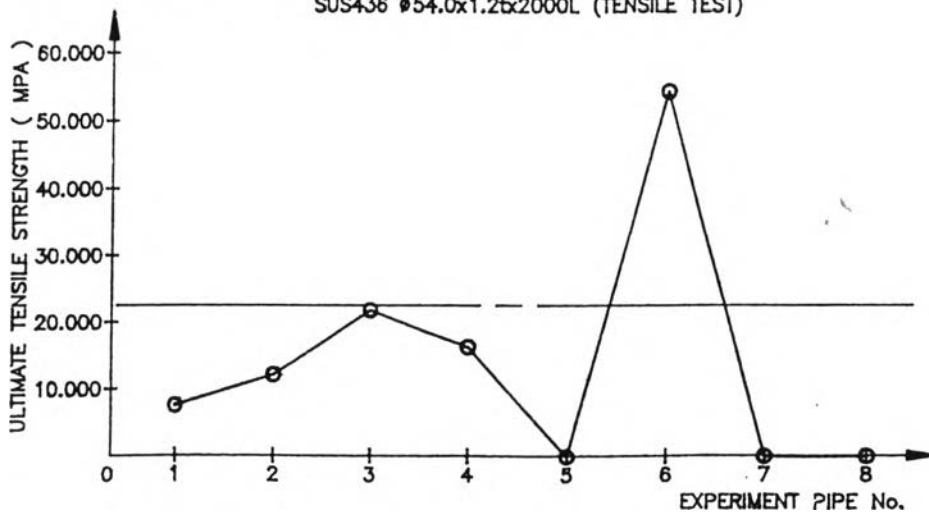
ภาพที่ 8-11 RUN CHART ON STANDARD DEVIATION VALUE DATA
SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (TENSILE TEST)



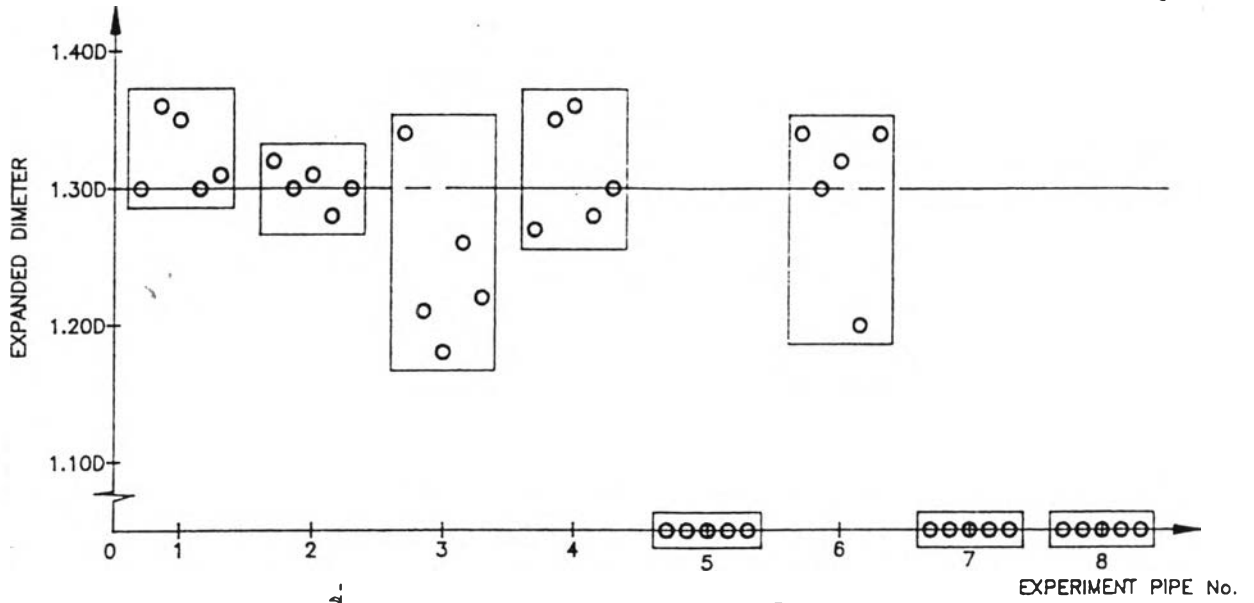
ภาพที่ 8-12 RUN CHART ON SUBGROUP DATA
SUS436 #54.0x1.2b2000L (TENSILE TEST)



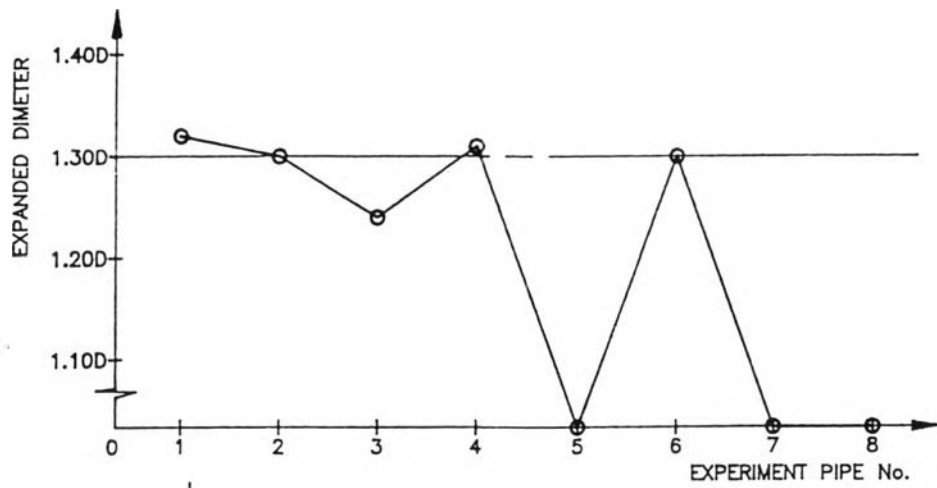
ภาพที่ 8-13 RUN CHART ON AVERAGE VALUE DATA
SUS436 #54.0x1.2b2000L (TENSILE TEST)



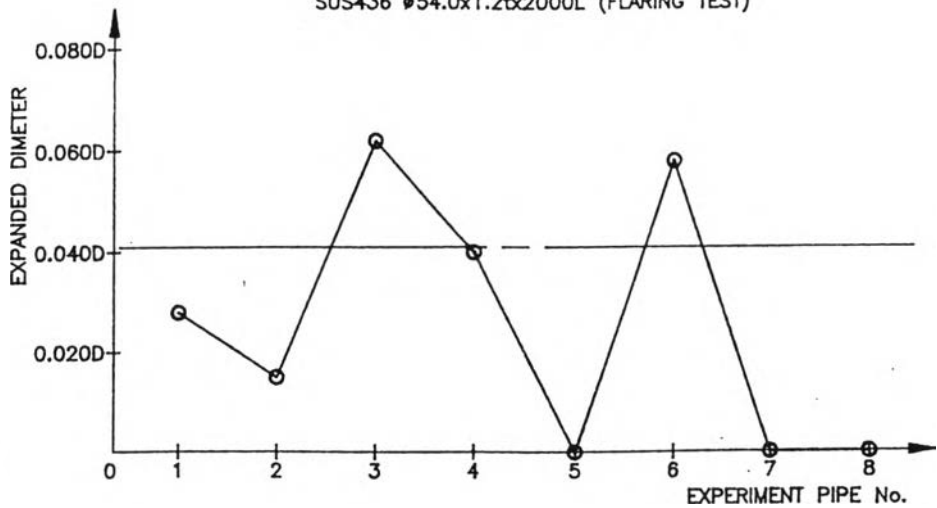
ภาพที่ 8-14 RUN CHART ON STANDARD DEVIATION VALUE DATA
SUS436 #54.0x1.2b2000L (TENSILE TEST)



กราฟ 8-18 RUN CHART ON SUBGROUP DATA
SUS436 ϕ 54.0x1.2tx2000L (FLARING TEST)



กราฟ 8-19 RUN CHART ON AVERAGE VALUE DATA
SUS436 ϕ 54.0x1.2tx2000L (FLARING TEST)



กราฟ 8-20 RUN CHART ON STANDARD DEVIATION VALUE DATA
SUS436 ϕ 54.0x1.2tx2000L (FLARING TEST)

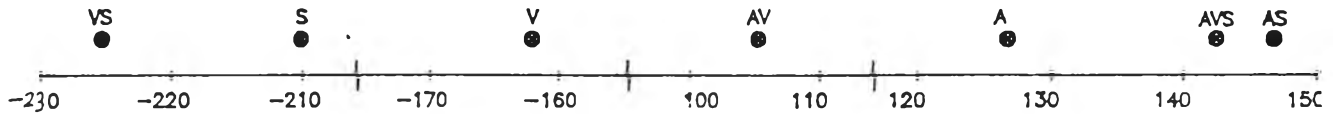
AVERAGE VALUE DATA FOR WELDING EXPERIMENT
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (TENSILE TEST)

AMPERE	SPEED			
	1.0 METER/min		1.5 METER/min	
	VOLTAGE		VOLTAGE	
	-	+	-	+
-	424.40	524.88	435.24	0
+	441.08	487.20	480.84	321.12

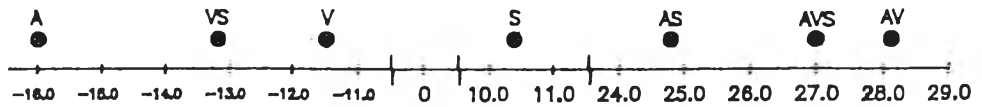
DESIGN MATRIX SHOWS EFFECT FROM AVERAGE AND STANDARD DEVIATION VALUES
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (TENSILE TEST)

EXPERIMENT PIPE No.	A	V	S	AV	AS	VS	AVS	\bar{X}	σ
1	-	-	-	+	+	+	-	424.40	54.000
2	+	-	-	-	-	+	+	441.08	12.083
3	-	+	-	-	+	-	+	524.88	54.567
4	+	+	-	+	-	-	-	487.20	14.924
5	-	-	+	+	-	-	+	435.24	79.775
6	+	-	+	-	+	-	-	480.84	33.452
7	-	+	+	-	-	+	-	0	0
8	+	+	+	+	+	+	+	321.12	83.918

DMSER = 4									
EFFECT \bar{X}	128.38	-162.04	-210.14	105.34	148.89	-225.34	142.52		
σ	-15.991	-11.475	10.393	28.129	24.789	-13.179	28.992		



ภาพที่ 8-21 DOT DIAGRAM ON AVERAGE VALUE
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (TENSILE TEST)



ภาพที่ 8-22 DOT DIAGRAM ON STANDARD DEVIATION VALUE
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (TENSILE TEST)

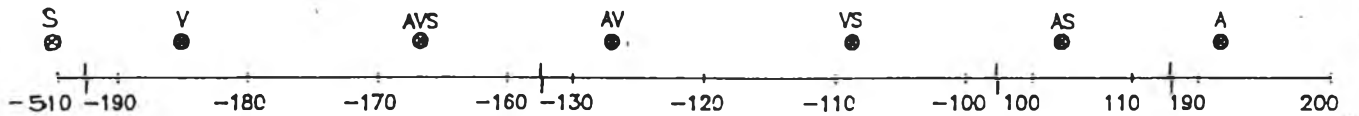
AVERAGE VALUE DATA FOR WELDING EXPERIMENT
SUS438 #54.0x1.2bx2000L (TENSILE TEST)

AMPERE	SPEED			
	1.0 METER/min		1.5 METER/min	
	VOLTAGE		VOLTAGE	
	-	+	-	+
-	473.58	357.48	0	0
+	523.36	466.74	387.78	0

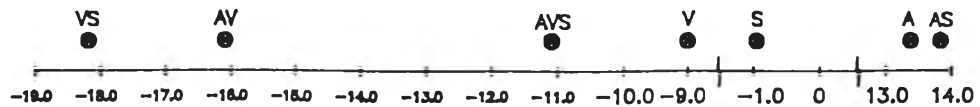
DESIGN MATRIX SHOWS EFFECT FROM AVERAGE AND STANDARD DEVIATION VALUES
SUS438 #54.0x1.2bx2000L (TENSILE TEST)

EXPERIMENT PIPE No.	A	V	S	AV	AS	VS	AVS	\bar{x}	σ
1	-	-	-	+	+	+	-	473.58	7.886
2	+	-	-	-	-	+	+	523.36	12.231
3	-	+	-	-	+	-	+	357.48	21.874
4	+	+	-	+	-	-	-	466.74	16.401
5	-	-	+	+	-	-	+	0	0
6	+	-	+	-	+	-	-	387.78	54.378
7	-	+	+	-	-	+	-	0	0
8	+	+	+	+	+	+	+	0	0

DMSER = 4									
EFFECT \bar{x}	191.70	-185.12	-513.34	-127.07	102.18	-106.76	-166.81		
σ	13.363	-9.005	-0.954	-16.099	13.826	-18.164	-11.090		



ภาพที่ 8-23 DOT DIAGRAM ON AVERAGE VALUE
SUS438 #54.0x1.2bx2000L (TENSILE TEST)



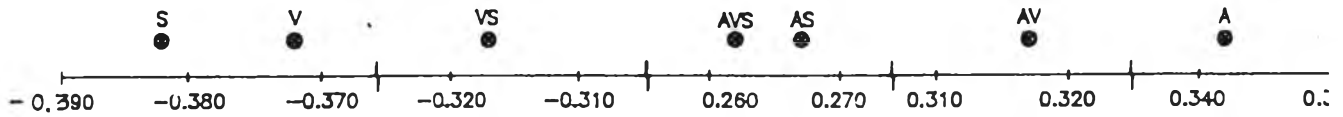
ภาพที่ 8-24 DOT DIAGRAM ON STANDARD DEVIATION VALUE
SUS438 #54.0x1.2bx2000L (TENSILE TEST)

AVERAGE VALUE DATA FOR WELDING EXPERIMENT
SUS438 #42.7x1.2tx2000L (FLARING TEST)

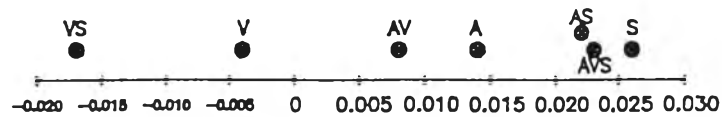
AMPERE	SPEED			
	1.0 METER/min		1.5 METER/min	
	VOLTAGE		VOLTAGE	
	-	+	-	+
-	1.340	1.230	1.270	0
+	1.360	1.360	1.300	1.190

DESIGN MATRIX SHOWS EFFECT FROM AVERAGE AND STANDARD DEVIATION VALUES
SUS438 #42.7x1.2tx2000L (FLARING TEST)

EXPERIMENT PIPE No.	A	V	S	AV	AS	VS	AVS	\bar{X}	σ
1	-	-	-	+	+	+	-	1.340	0.0080
2	+	-	-	-	-	+	+	1.360	0.0150
3	-	+	-	-	+	-	+	1.230	0.0360
4	+	+	-	+	-	-	-	1.360	0.0130
5	-	-	+	+	-	-	+	1.270	0.0520
6	+	-	+	-	+	-	-	1.300	0.0580
7	-	+	+	-	-	+	-	0	0
8	+	+	+	+	+	+	+	1.190	0.0680
DMSER = 4									
EFFECT \bar{X}	0.3420	-0.3720	-0.3620	0.3170	0.2670	-0.3170	0.2620		
σ	0.0140	-0.0040	0.0260	0.0080	0.0220	-0.0170	0.0230		



ภาพที่ 8-25 DOT DIAGRAM ON AVERAGE VALUE
SUS438 #42.7x1.2tx2000L (FLARING TEST)



ภาพที่ 8-26 DOT DIAGRAM ON STANDARD DEVIATION VALUE
SUS438 #42.7x1.2tx2000L (FLARING TEST)

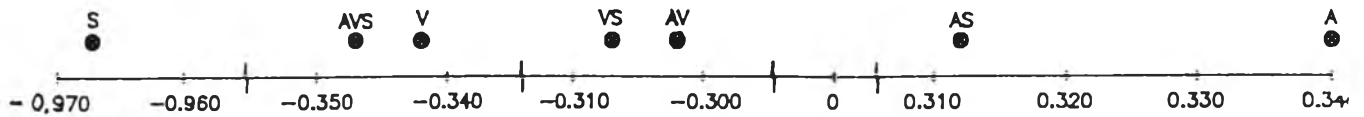
AVERAGE VALUE DATA FOR WELDING EXPERIMENT
SUS436 #54.0x1.2bx2000L (FLARING TEST);

AMPERE	SPEED			
	1.0 METER/min		1.5 METER/min	
	VOLTAGE		VOLTAGE	
	-	+	-	+
-	1.320	1.240	0	0
+	1.300	1.310	1.300	0

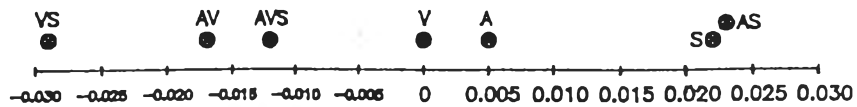
DESIGN MATRIX SHOWS EFFECT FROM AVERAGE AND STANDARD DEVIATION VALUES
SUS436 #54.0x1.2bx2000L (FLARING TEST)

EXPERIMENT PIPE No.	A	V	S	AV	AS	VS	AVS	\bar{X}	σ
1	-	-	-	+	+	+	-	1.320	0.0280
2	+	-	-	-	-	+	+	1.300	0.0150
3	-	+	-	-	+	-	+	1.240	0.0620
4	+	+	-	+	-	-	-	1.310	0.0400
5	-	-	+	+	-	-	+	0	0
6	+	-	+	-	+	-	-	1.300	0.0580
7	-	+	+	-	-	+	-	0	0
8	+	+	+	+	+	+	+	0	0

DMSER = 4									
EFFECT \bar{X}	0.3400	-0.3420	-0.9870	-0.3020	0.3120	-0.3070	-0.3470		
σ	0.0050	0	0.0220	-0.0170	0.0230	-0.0290	-0.0120		



ภาพที่ 8-27 DOT DIAGRAM ON AVERAGE VALUE
SUS436 #54.0x1.2bx2000L (FLARING TEST)



ภาพที่ 8-28 DOT DIAGRAM ON STANDARD DEVIATION VALUE
SUS436 #54.0x1.2bx2000L (FLARING TEST)

run charts

เมื่อกำหนดค่าความต้านทานแรงดึงสูงสุดที่ 400 เมกะปาสกาล เป็นเกณฑ์
กำหนดค่าต่ำสุด พบว่า

1. ท่อทดลองเชื่อมทั้ง 2 ขนาด เงื่อนไขการทดลองที่ 7 และ 8 ดัดทิ้งได้
2. เงื่อนไขการทดลองที่ speed ระดับต่ำ ให้ผลดีกว่าที่ speed ระดับสูง แสดงว่าที่ speed ระดับต่ำ ควรนำมาพิจารณามากกว่า
3. ที่ speed ระดับต่ำ เงื่อนไขการทดลองที่ 1,2 และ 4 ให้ผลที่น่าสนใจ ดังนั้นสำหรับการแสดงผลโดย run chart จึงเลือกพิจารณาเงื่อนไขการทดลองที่ 1,2 และ 4

dot diagrams

เมื่อพิจารณาปัจจัยเดี่ยวพบว่า ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจกว่า เมื่อ
กระแสไฟเชื่อม(A) มีค่าที่ระดับสูง (80,110 แอมแปร์)
ความเร็วในการเชื่อม(S) มีค่าที่ระดับต่ำ (1 เมตรต่อนาที)
แรงดันไฟเชื่อม(V) มีค่าที่ระดับต่ำ (11,11 โวลท์)

เมื่อพิจารณาปัจจัยคู่ พบว่า

AS มีความสำคัญที่ค่าระดับสูง

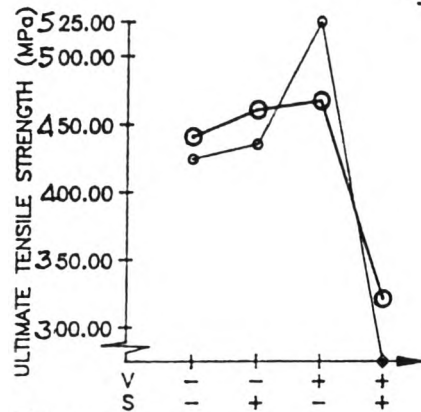
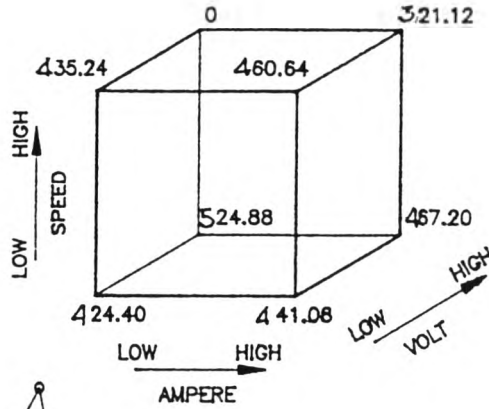
VS มีความสำคัญที่ค่าระดับต่ำ

AV มีความสัมพันธ์กัน

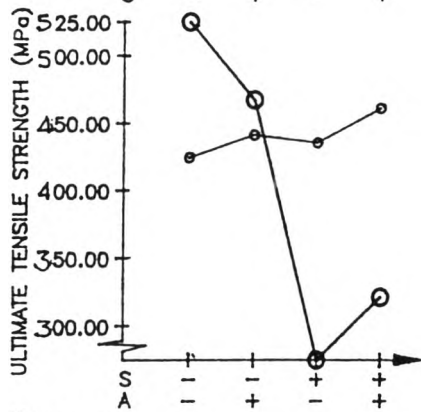
เมื่อพิจารณาปัจจัยร่วม พบว่า

AVS มีความสัมพันธ์กัน

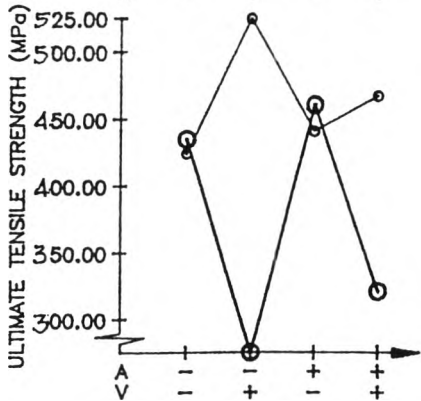
ภาพที่ 8-29. CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON AVERAGE VALUE DATA SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (TENSILE TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
$441.08 - 424.40 = 16.68$	LOW	LOW
$460.64 - 435.24 = 25.4$	LOW	HIGH
$467.20 - 524.88 = -57.68$	HIGH	LOW
$321.12 - 0 = 321.12$	HIGH	HIGH

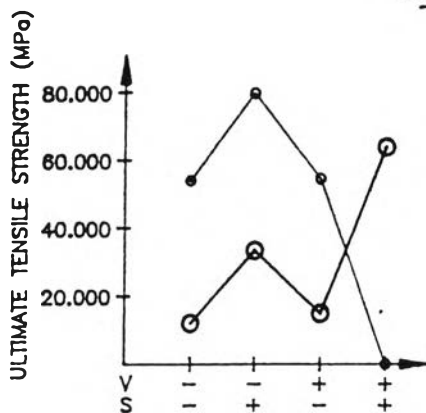
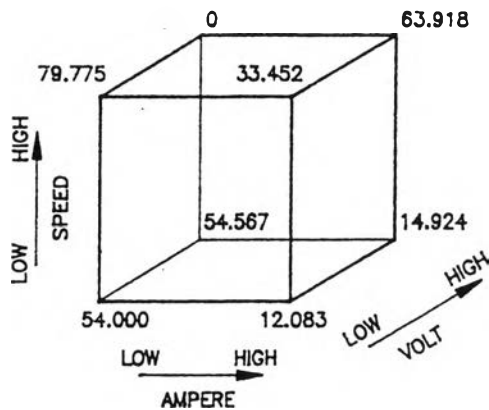


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
$524.88 - 424.40 = 100.48$	LOW	LOW
$467.20 - 441.08 = 26.12$	LOW	HIGH
$0 - 435.24 = -435.24$	HIGH	LOW
$321.12 - 460.64 = -139.52$	HIGH	HIGH

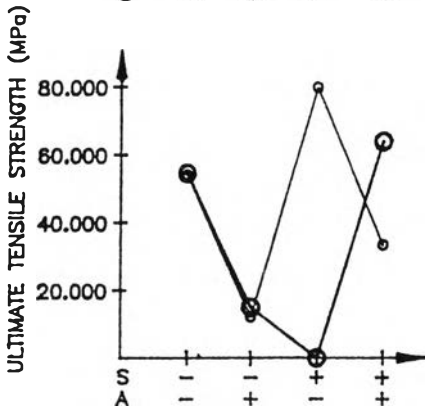


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
$435.24 - 424.40 = 10.84$	LOW	LOW
$0 - 524.88 = -524.88$	LOW	HIGH
$460.64 - 441.08 = 19.56$	HIGH	LOW
$321.12 - 467.20 = -146.08$	HIGH	HIGH

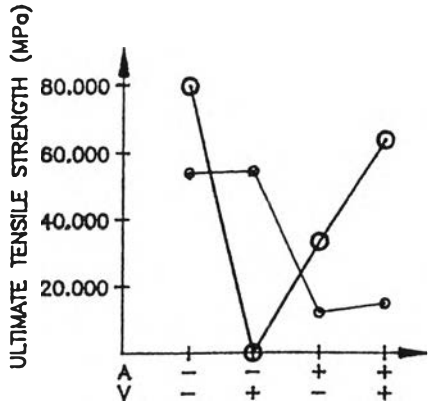
ภาพที่ 8-30 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON STANDARD DEVIATION VALUE DATA SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (TENSILE TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
12.083-54.000=-41.917	LOW	LOW
33.452-79.775=-46.323	LOW	HIGH
14.924-54.567=-39.643	HIGH	LOW
63.918-0=63.918	HIGH	HIGH

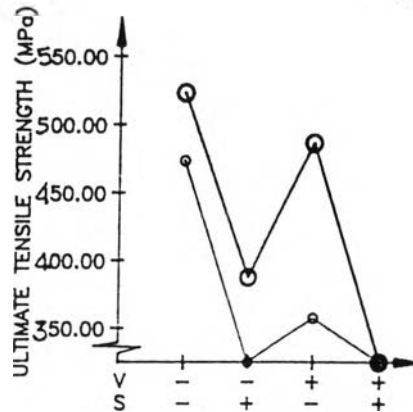
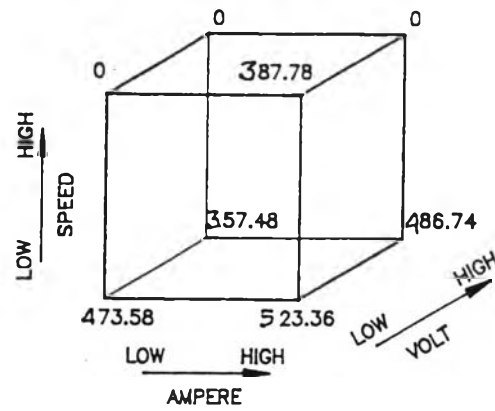


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
54.567-54.000=0.567	LOW	LOW
14.924-12.083=2.841	LOW	HIGH
0-79.775=-79.775	HIGH	LOW
63.918-33.452=30.466	HIGH	HIGH

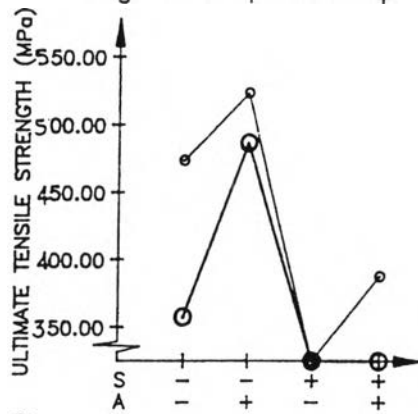


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
79.775-54.000=25.775	LOW	LOW
0-54.567=-54.567	LOW	HIGH
33.452-12.083=21.369	HIGH	LOW
63.918-14.924=48.994	HIGH	HIGH

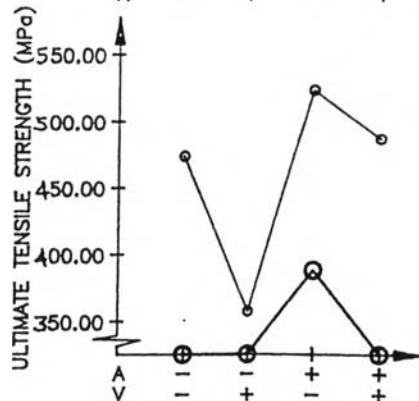
ภาพที่ 8-31 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON AVERAGE VALUE DATA SUS436 ϕ 54.0x1.2x2000L (TENSILE TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
523.36-473.58=49.78	LOW	LOW
387.78-0=387.78	LOW	HIGH
486.74-357.48=129.26	HIGH	LOW
0-0=0	HIGH	HIGH

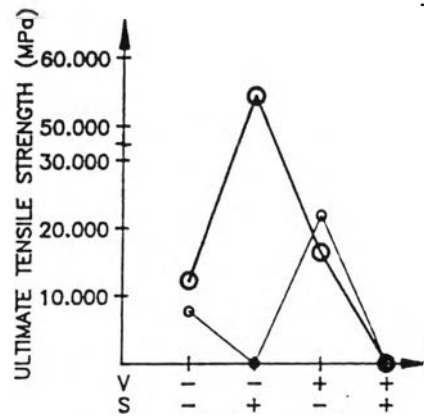
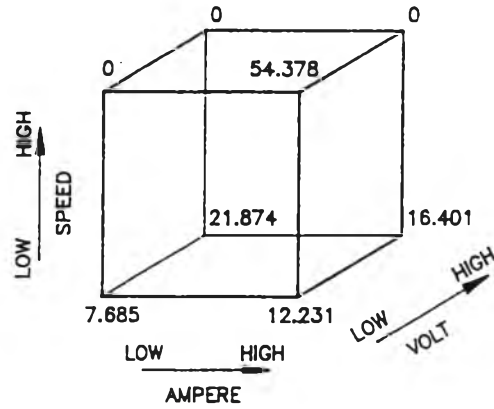


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
357.48-473.58=-116.1	LOW	LOW
486.74-523.36=-36.62	LOW	HIGH
0-0=0	HIGH	LOW
0-387.78=-387.78	HIGH	HIGH

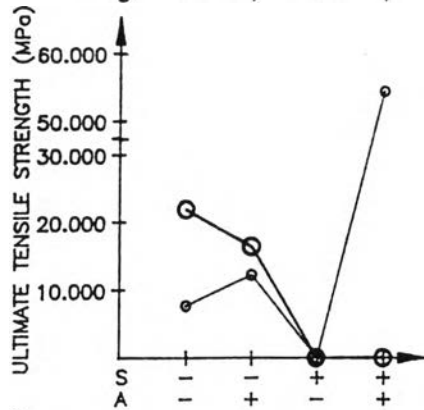


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
0-473.58=-473.58	LOW	LOW
0-357.48=-357.48	LOW	HIGH
387.78-523.36=-135.58	HIGH	LOW
0-486.74=-486.74	HIGH	HIGH

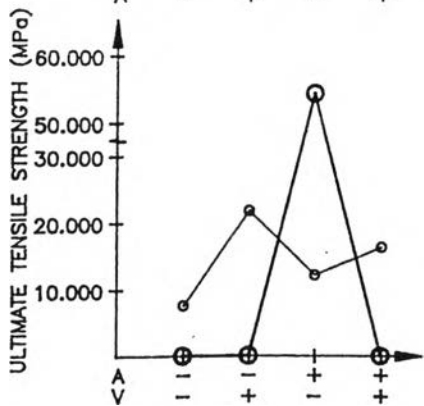
ภาพที่ 8-32 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON STANDARD DEVIATION VALUE DATA SUS436 ϕ 54.0x1.2tx2000L (TENSILE TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
$12.231 - 7.685 = 4.546$	LOW	LOW
$54.378 - 0 = 54.378$	LOW	HIGH
$16.401 - 21.874 = -5.473$	HIGH	LOW
$0 - 0 = 0$	HIGH	HIGH

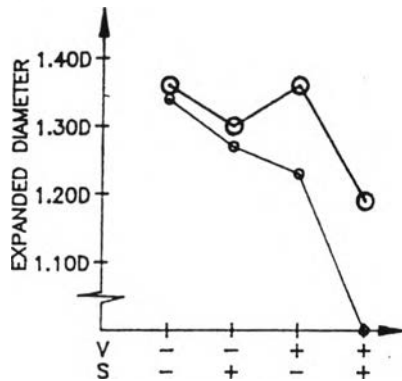
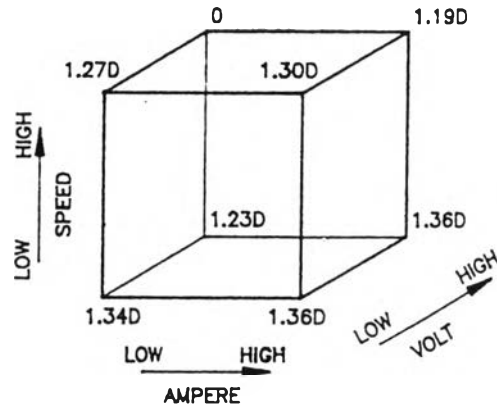


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
$21.874 - 7.685 = 14.189$	LOW	LOW
$16.401 - 12.231 = 4.17$	LOW	HIGH
$0 - 0 = 0$	HIGH	LOW
$0 - 54.378 = -54.378$	HIGH	HIGH

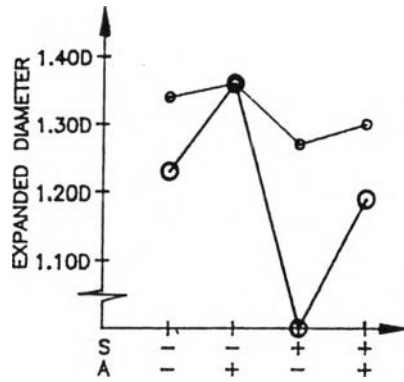


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
$0 - 7.685 = -7.685$	LOW	LOW
$0 - 21.874 = -21.874$	LOW	HIGH
$54.378 - 12.231 = 42.147$	HIGH	LOW
$0 - 16.401 = -16.401$	HIGH	HIGH

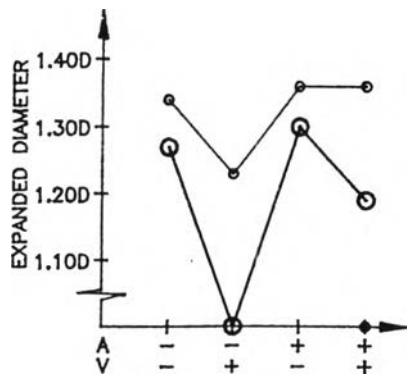
ภาพที่ 8-33 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON AVERAGE VALUE
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (FLARING TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
1.36D-1.34D=0.02D	LOW	LOW
1.30D-1.27D=0.03D	LOW	HIGH
1.36D-1.23D=0.13D	HIGH	LOW
1.19D-0=1.19D	HIGH	HIGH

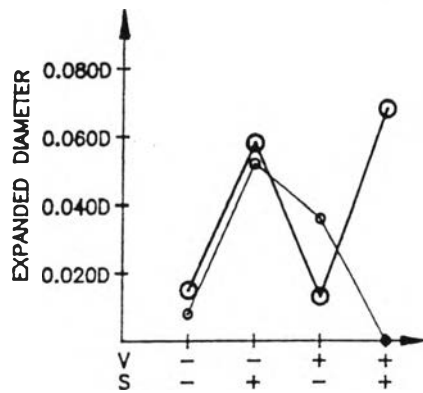
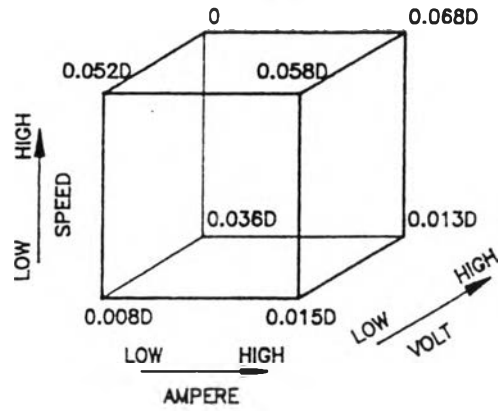


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
1.23D-1.34D=-0.11D	LOW	LOW
1.36D-1.36D=0	LOW	HIGH
0-1.27D=-1.27D	HIGH	LOW
1.19D-1.30D=-0.11D	HIGH	HIGH

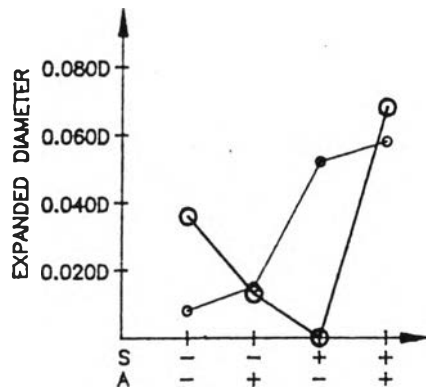


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
1.27D-1.34D=-0.07D	LOW	LOW
0-1.23D=-1.23D	LOW	HIGH
1.30D-1.36D=-0.06D	HIGH	LOW
1.19D-1.36D=-0.17D	HIGH	HIGH

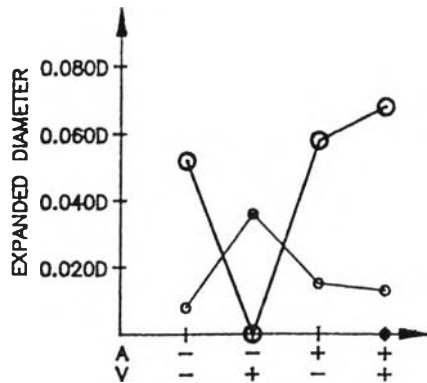
ภาพที่ 8-34 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON STANDARD DEVIATION VALUE SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (FLARING TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
$0.015D - 0.008D = 0.007D$	LOW	LOW
$0.058D - 0.052D = 0.006D$	LOW	HIGH
$0.013D - 0.036D = -0.023D$	HIGH	LOW
$0.068D - 0 = 0.068D$	HIGH	HIGH

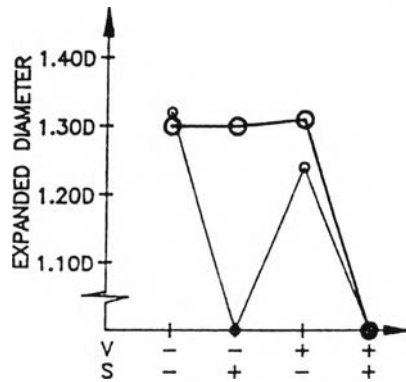
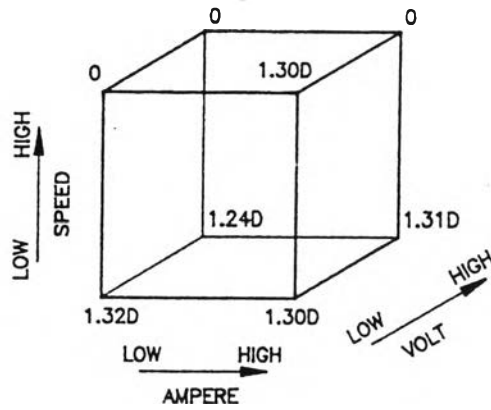


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
$0.036D - 0.008D = 0.028D$	LOW	LOW
$0.013D - 0.015D = -0.002D$	LOW	HIGH
$0 - 0.052D = -0.052D$	HIGH	LOW
$0.068D - 0.058D = 0.010D$	HIGH	HIGH

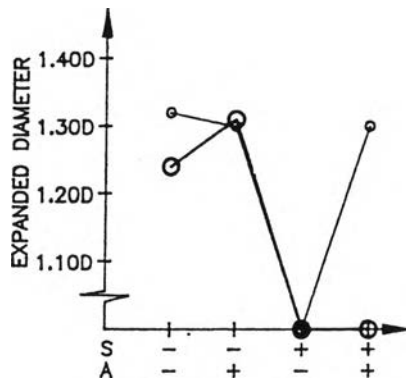


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
$0.052D - 0.008D = 0.044D$	LOW	LOW
$0 - 0.036D = -0.036D$	LOW	HIGH
$0.058D - 0.015D = 0.043D$	HIGH	LOW
$0.068D - 0.013D = 0.055D$	HIGH	HIGH

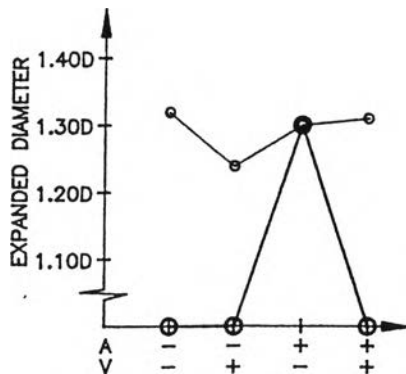
ภาพที่ 8-35 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON AVERAGE VALUE
SUS436 ϕ 54.0x1.2x2000L (FLARING TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
$1.30D - 1.32D = -0.02D$	LOW	LOW
$1.30D - 0 = 1.30D$	LOW	HIGH
$1.31D - 1.24D = 0.07D$	HIGH	LOW
$0 - 0 = 0$	HIGH	HIGH

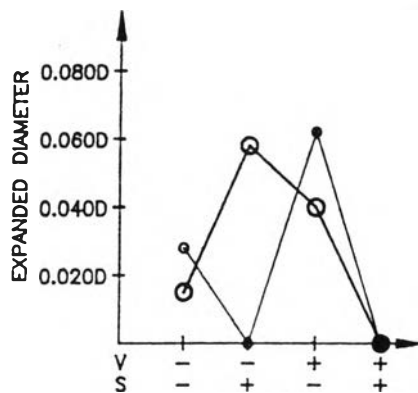
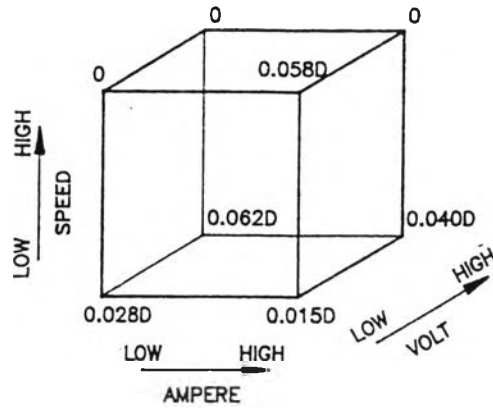


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
$1.24D - 1.32D = -0.08D$	LOW	LOW
$1.31D - 1.30D = 0.01D$	LOW	HIGH
$0 - 0 = 0$	HIGH	LOW
$0 - 1.30D = -1.30D$	HIGH	HIGH

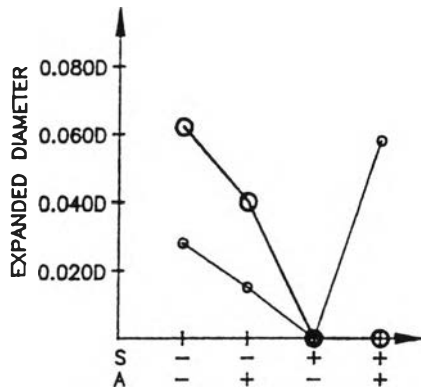


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
$0 - 1.32D = -1.32D$	LOW	LOW
$0 - 1.24D = -1.24D$	LOW	HIGH
$1.30D - 1.30D = 0$	HIGH	LOW
$0 - 1.31D = -1.31D$	HIGH	HIGH

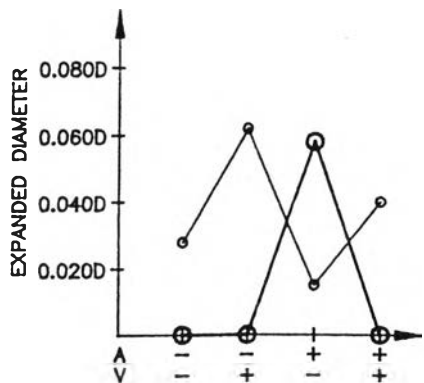
ภาพที่ 8-36 CUBE MODEL FOR WELDING EXPERIMENT ON STANDARD DEVIATION VALUE
SUS436 $\phi 54.0 \times 1.2 \times 2000L$ (FLARING TEST)



	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF AMPERE	VOLT	SPEED
$0.015D - 0.028D = -0.013D$	LOW	LOW
$0.058D - 0 = 0.058D$	LOW	HIGH
$0.040D - 0.062D = -0.022D$	HIGH	LOW
$0 - 0 = 0$	HIGH	HIGH

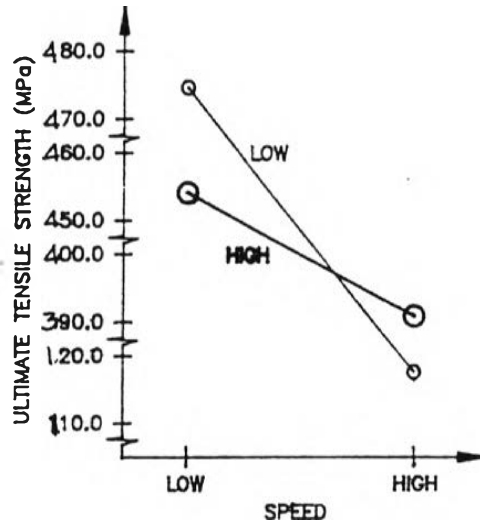


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF VOLT	SPEED	AMPERE
$0.062D - 0.028D = 0.034D$	LOW	LOW
$0.040D - 0.015D = 0.025D$	LOW	HIGH
$0 - 0 = 0$	HIGH	LOW
$0 - 0.058D = -0.058D$	HIGH	HIGH

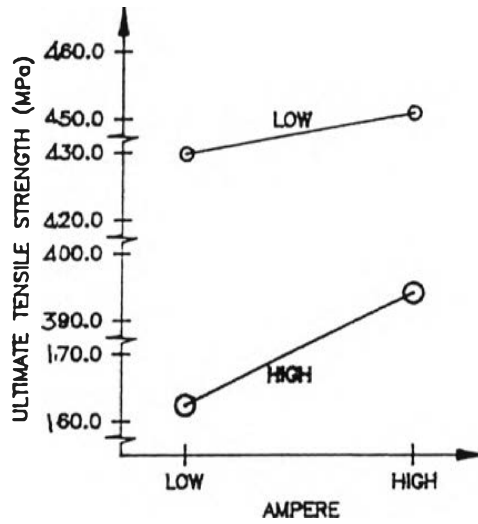


	COMBINATION FOR WHICH COMPARISON IS MADE	
EFFECT OF SPEED	AMPERE	VOLT
$0 - 0.028D = -0.028D$	LOW	LOW
$0 - 0.062D = -0.062D$	LOW	HIGH
$0.058D - 0.015D = 0.043D$	HIGH	LOW
$0 - 0.040D = -0.040D$	HIGH	HIGH

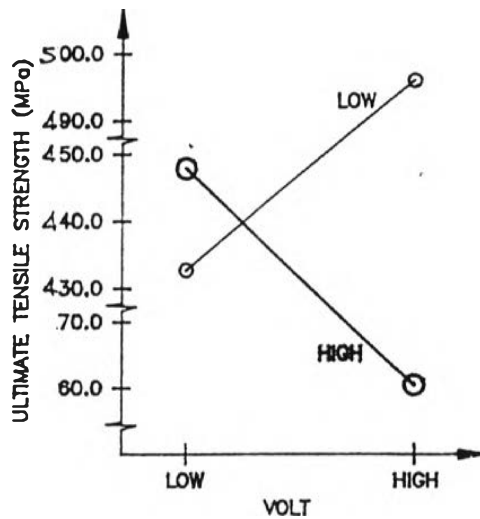
ภาพที่ 8-37 AVERAGE VALUE RESPONSE PLOT
SUS436 ϕ 42.7x1.2b2000L (TENSILE TEST)



AMPERE	SPEED	
	LOW	HIGH
LOW	474.84	117.62
HIGH	454.14	390.88

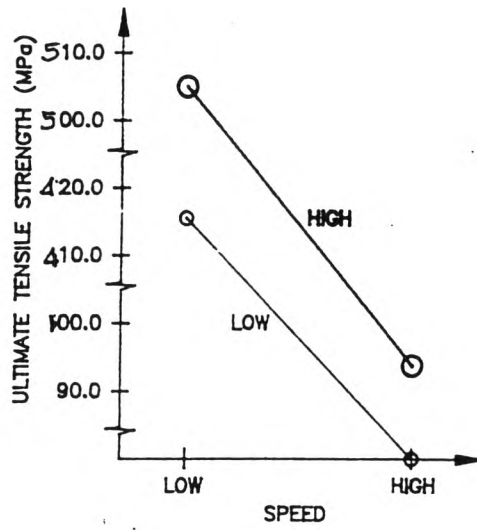


VOLT	AMPERE	
	LOW	HIGH
LOW	429.82	450.86
HIGH	162.44	384.16

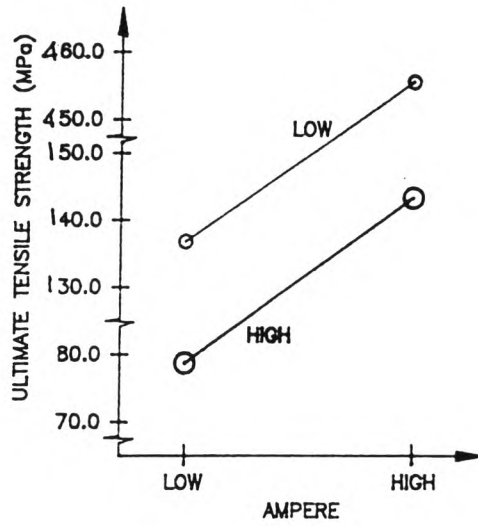


SPEED	VOLT	
	LOW	HIGH
LOW	432.74	496.04
HIGH	447.94	460.56

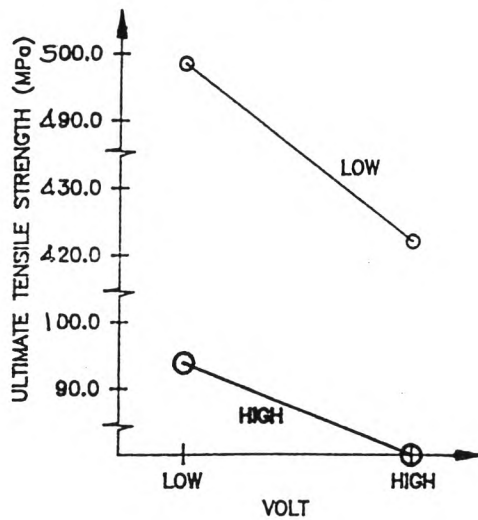
ภาพที่ 8-38 AVERAGE VALUE RESPONSE PLOT
SUS438 ϕ 54.0x1.2x2000L (TENSILE TEST)



AMPERE	SPEED	
	LOW	HIGH
LOW	415.53	0
HIGH	505.05	93.89

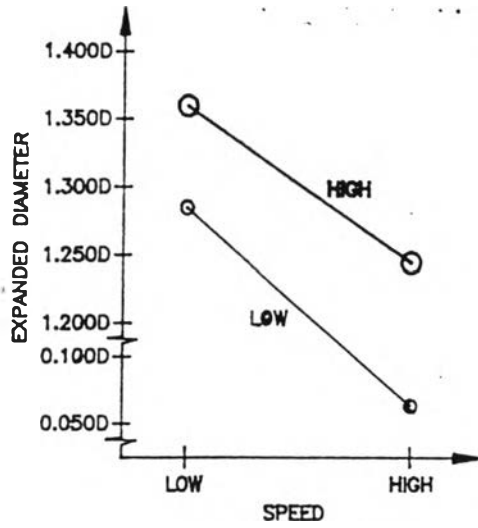


VOLT	AMPERE	
	LOW	HIGH
LOW	136.79	455.57
HIGH	78.74	343.37

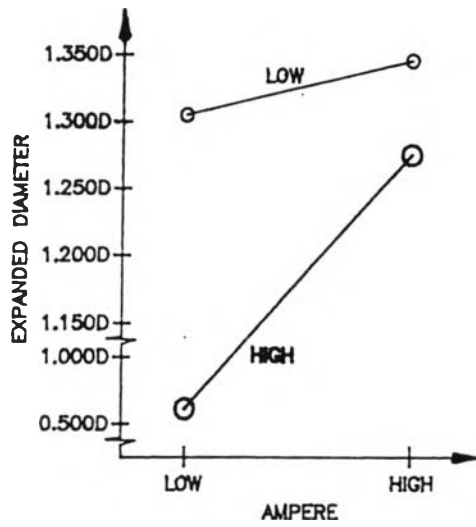


SPEED	VOLT	
	LOW	HIGH
LOW	498.47	422.11
HIGH	93.89	0

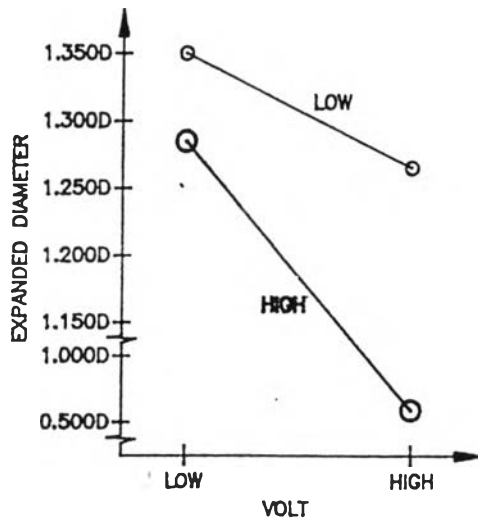
กราฟที่ 8-39 AVERAGE VALUE RESPONSE PLOT
SUS436 ϕ 42.7x1.2x2000L (FLARING TEST)



AMPERE	SPEED	
	LOW	HIGH
LOW	1.285D	0.835D
HIGH	1.360D	1.245D

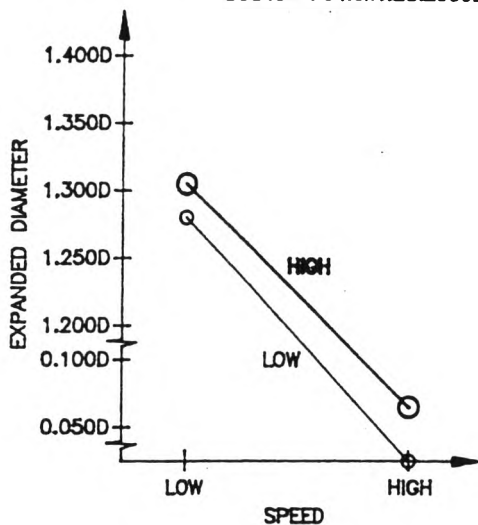


VOLT	AMPERE	
	LOW	HIGH
LOW	1.305D	1.345D
HIGH	0.815D	1.275D

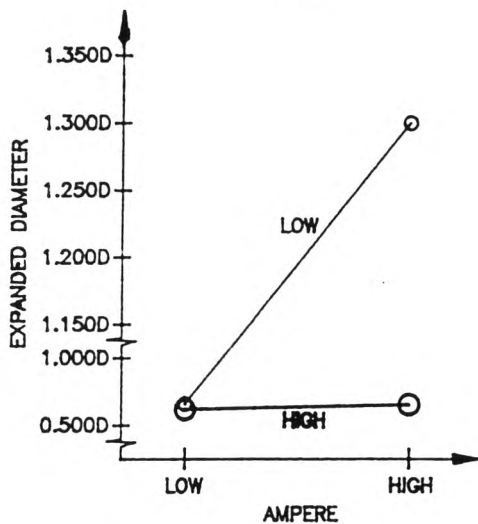


SPEED	VOLT	
	LOW	HIGH
LOW	1.35D	1.265D
HIGH	1.285	0.565D

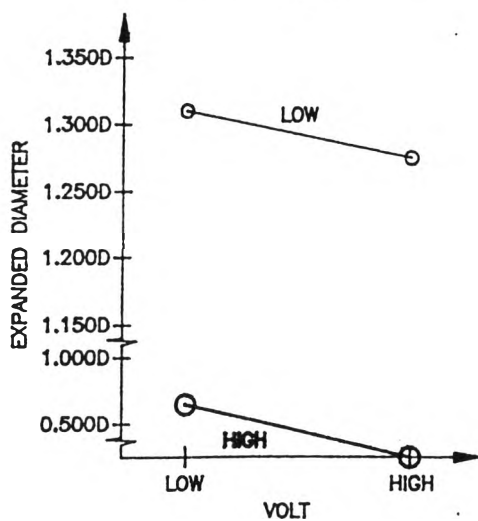
กราฟที่ 8-40 AVERAGE VALUE RESPONSE PLOT
SUS438 #54.0x1.2x2000L (FLARING TEST)



AMPERE	SPEED	
	LOW	HIGH
LOW	1.280D	0
HIGH	1.305D	0.650D



VOLT	AMPERE	
	LOW	HIGH
LOW	0.660D	1.300D
HIGH	0.620D	0.655D



SPEED	VOLT	
	LOW	HIGH
LOW	1.310D	1.275D
HIGH	0.650D	0

display of comparisons

เมื่อกระแสไฟเชื่อม (A) มีค่าที่ระดับสูงแล้ว สามารถยืนยันได้ว่า V และ S ต่างมีค่าที่ระดับต่ำ แต่ถ้า V จำเป็นต้องมีค่าเพิ่มขึ้นแล้ว S พยายามจะมีค่าที่เพิ่มตามขึ้นด้วย

เมื่อแรงดันไฟเชื่อม (V) มีค่าที่ระดับต่ำแล้วสามารถยืนยันได้ว่า A มีค่าที่ระดับสูง ส่วน S จะมีค่าที่ระดับต่ำ แต่ถ้า A จำเป็นต้องมีค่าเพิ่มขึ้นแล้ว S พยายามจะมีค่าที่เพิ่มตามขึ้นด้วย

เมื่อความเร็วในการเชื่อม (S) มีค่าที่ระดับต่ำแล้วสามารถยืนยันได้ว่า A มีค่าที่ระดับสูง ส่วน V จะมีค่าที่ระดับต่ำ แต่ถ้า A จำเป็นต้องมีค่าเพิ่มขึ้นแล้ว V จะพยายามมีค่าที่ลดลง

ดังนั้นจากผลการทดลองเมื่อนำมาแสดงผลโดย paired comparisons แล้ว น่าจะอธิบายความสัมพันธ์ได้ว่า ผลการทดลอง แปรผันโดยตรงกับค่า A และ V และ แปรผกผันกับค่า S

response plots

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปัจจัยคู่ สามารถยืนยันการแสดงผลข้างต้นได้ว่า
 ระหว่าง A กับ S นั้น เมื่อ A เปลี่ยนค่าไปควรจะคงค่าของ S ไว้ที่ระดับต่ำ
 ระหว่าง V กับ A นั้น เมื่อ A เปลี่ยนค่าไปควรจะคงค่าของ V ไว้ที่ระดับต่ำ
 ระหว่าง S กับ V นั้น เมื่อ V เปลี่ยนค่าไปควรจะคงค่าของ S ไว้ที่ระดับต่ำ

สรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้

run charts เลือกเงื่อนไขการทดลองที่ 1, 2 และ 4

dot diagrams เลือกปัจจัย A ที่ค่าระดับสูง

เลือกปัจจัย V และ S ที่ค่าระดับต่ำ

ดังนั้น เงื่อนไขการทดลองที่ 2 ควรนำมาพิจารณาก่อน

paired comparisons

เมื่อตัวแปรตอบสนองขึ้นตรงต่อ พลังงานไฟฟ้าในการเชื่อม จะได้ความสัมพันธ์ว่า พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อมจะแปรผันโดยตรงกับค่า A กับค่า V และแปรผกผันกับค่า S ซึ่งตรงกับทฤษฎีการเชื่อมจึงนำมาเขียนความสัมพันธ์ในรูปของพลังงานไฟฟ้าและปัจจัย คือ

$$H = \frac{A \times V \times 60}{S}$$

เมื่อ H เป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม (หน่วย จูลต่อเมตร)

respon plots มีความหมายว่าเมื่อทำการเชื่อม ค่า A น่าจะเปลี่ยนแปลงค่าได้มากที่สุด