

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ความแข็งของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 (2.25% โครเมียม) และ P91
(9% โครเมียม) ที่เชื่อมด้วย อินโคเนล 625

ตารางที่ ก1 แสดงความแข็งบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 625

| บริเวณ | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|---|--|-------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | | | | | | |
| | | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. |
| โลหะ พื้น P91 | 2 | 211- 252 | 223- 236 | 222- 250 | - | 217- 235 | 216- 244 | 207- 236 | 216- 244 | 216- 244 | 207- 236 | 216- 244 | 216- 244 | 200- 212 | - | - | - | 147- 181 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 4 | 193- 232 | 207- 248 | 209- 240 | - | 197- 236 | 198- 234 | 208- 241 | 216- 228 | 216- 228 | 208- 241 | 216- 228 | 216- 228 | 206- 236 | - | - | - | 151- 192 | - | - | - | - | - | - | - |
| | 6 | 201- 241 | 206- 241 | 214- 233 | - | 196- 212 | 216- 238 | 219- 249 | 203- 217 | 203- 217 | 219- 249 | 216- 238 | 216- 238 | 193- 211 | - | - | - | 126- 176 | - | - | - | - | - | - | - |

ตารางที่ ก2 แสดงความแข็งบริเวณโลหะพื้น P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 625

| กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| | | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. |
| บริเวณ โลหะ พื้น P22 | 2 | 164- 176 | 151- 172 | 137- 174 | - | 140- 159 | 144- 171 | 150- 175 | 143- 165 | 113- 130 | - | - | 143- 165 | - | - | - | - |
| | 4 | 149- 175 | 151- 179 | 158- 176 | - | 158- 169 | 145- 166 | 145- 171 | 151- 176 | 126- 140 | - | - | 151- 176 | - | - | - | - |
| | 6 | 154- 188 | 154- 192 | 147- 169 | - | 150- 165 | 150- 162 | 143- 150 | 147- 153 | 113- 130 | - | - | 147- 143 | - | - | - | - |

ตารางที่ ก3 แสดงความแข็งบริเวณกระพอนเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 625

| ปริมาณ | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|--|--|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | | |
| กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ขม.) | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | | |
| | | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | | |
| กระพอน P91 | 2 | 229- | 215- | 221- | - | 226- | 216- | 215- | 217- | 204- | - | - | - | 147- | - | - | - | | |
| | | 283 | 271 | 272 | | 256 | 249 | 272 | 260 | 232 | | | | 163 | | | | | |
| | 4 | 222- | 237- | 221- | - | 213- | 215- | 214- | 235- | 212- | - | - | - | 143- | - | - | - | | |
| | | 283 | 301 | 273 | | 252 | 272 | 254 | 288 | 222 | | | | 151 | | | | | |
| | 6 | 208- | 232- | 224- | - | 220- | 223- | 240- | 204- | 191- | - | - | - | 133- | - | - | - | | |
| | | 243 | 260 | 253 | | 251 | 251 | 291 | 243 | 210 | | | | 147 | | | | | |

ตารางที่ ก4 แสดงความแข็งบริเวณกระทะร้อน P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 625

| บริเวณ | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|-------------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|-------------|-------------|------|------|-----|-----|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | | |
| กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | 2 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | | |
| | | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | |
| | | 170- 187 | 163- 206 | 174- 210 | - | 144- 183 | 148- 171 | 152- 182 | 151- 165 | 110- 122 | - | - | - | - | 104- 117 | - | - | - | - |
| กระทะ ร้อน P22 | 4 | 183- 193 | 182- 202 | 165- 209 | - | 176- 196 | 155- 177 | 142- 180 | 176- 182 | 121- 127 | - | - | - | 104- 118 | - | - | - | - | |
| | | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. |
| | | 168- 185 | 141- 190 | 166- 183 | - | 130- 165 | 156- 166 | 158- 186 | 148- 154 | 113- 120 | - | - | - | 100- 119 | - | - | - | - | - |
| กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง | 6 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | | |
| | | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | ชม. | |
| | | 168- 185 | 141- 190 | 166- 183 | - | 130- 165 | 156- 166 | 158- 186 | 148- 154 | 113- 120 | - | - | - | 100- 119 | - | - | - | - | - |

ตารางที่ ก5 แสดงความแข็งบริเวณรอยเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 625

| กรรมวิธีทาง ความร่อนหลัง | | กรรมวิธีทางความร่อน | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|---|---------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| | | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. |
| บริเวณ | 2 | 269 | 276 | 276 | - | 272 | 270 | 251 | 258 | 223 | - | - | - | 164 | - | - | - |
| | 4 | 260 | 261 | 269 | - | 241 | 256 | 255 | 247 | 241 | - | - | - | 155 | - | - | - |
| | 6 | 239 | 225 | 263 | - | 218 | 249 | 241 | 225 | 214 | - | - | - | 151 | - | - | - |
| รอยต่อ P91 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ก6 แสดงความแข็งบริเวณรอยเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 625

| การรวมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | |
| | | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. |
| | | 151 | 157 | 158 | - | 148 | 142 | 142 | 134 | 125 | - | - | - | - | 119 | - | -- | - |
| รอยต่อ P22 | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 138 | 150 | 129 | - | 159 | 145 | 136 | 160 | 127 | - | - | - | 122 | - | - | - | |
| | | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. | ซม. |
| | | 136 | 133 | 145 | - | 134 | 145 | 132 | 135 | 118 | - | - | - | 126 | - | - | - | |

ตารางที่ ก7 แสดงความแข็งบริเวณเนื้อเชื่อมอินโคเนล 625 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91

| กรรมวิธีทาง ความร่อนหลัง | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|----------------------------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|-----|-------|-----|------|-----|-------------|-----|-------------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | กรรมวิธีทางความร่อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | | | | | | | | | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | 500 | ชม. | 1000 | ชม. | 2000 | ชม. | 2500 | ชม. | 500 | ชม. | 1000 | ชม. | 2000 | ชม. | 2500 | ชม. | 500 | ชม. | 1000 | ชม. | 2000 | ชม. | 2500 | ชม. | 500 | ชม. | 1000 | ชม. | 2000 | ชม. | 2500 | ชม. |
| | | 244- 287 | | 214- 255 | | 219- 265 | | - | | 231- 269 | | 227- 260 | | 224- 295 | | 214- 281 | | 227- 265 | | - | | - | | - | | 227- 266 | | - | | - | | - | |
| | | 227- 312 | | 235- 334 | | 284- 373 | | - | | 273- 406 | | 275- 346 | | 306- 380 | | 285- 358 | | 268- 329 | | - | | - | | - | | 278- 338 | | - | | - | | - | |
| เนื้อเชื่อม อินโคเนล 625 | 6 | 262- 320 | | 248- 315 | | 294- 392 | | - | | 290- 352 | | 229- 362 | | 304- 397 | | 286- 334 | | 263- 326 | | - | | - | | 259- 316 | | - | | - | | - | | | |

ตารางที่ ก8 แสดงความแข็งบริเวณรอยของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 625 ด้านติดกับเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 625

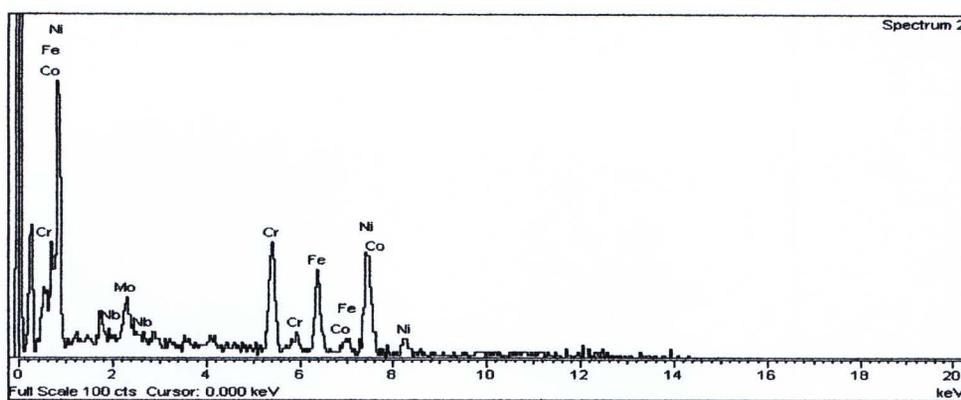
| | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|----------------------------------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|------|------|------|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 |
| | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ขม.) | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. |
| รอยต่อ อินโคเนล 625 | 2 | 256 | 240 | 244 | - | 272 | 242 | 266 | 258 | 255 | - | - | - | 305 | - | - | - |
| | 4 | 245 | 257 | 259 | - | 241 | 279 | 259 | 301 | 271 | - | - | - | 302 | - | - | - |
| | 6 | 280 | 247 | 254 | - | 218 | 298 | 295 | 302 | 314 | - | - | - | 230 | - | - | - |

ตารางที่ ก9 แสดงความแข็งบริเวณรอยเนื้อเชื่อมอินโคเนล 625 ด้านติดเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91

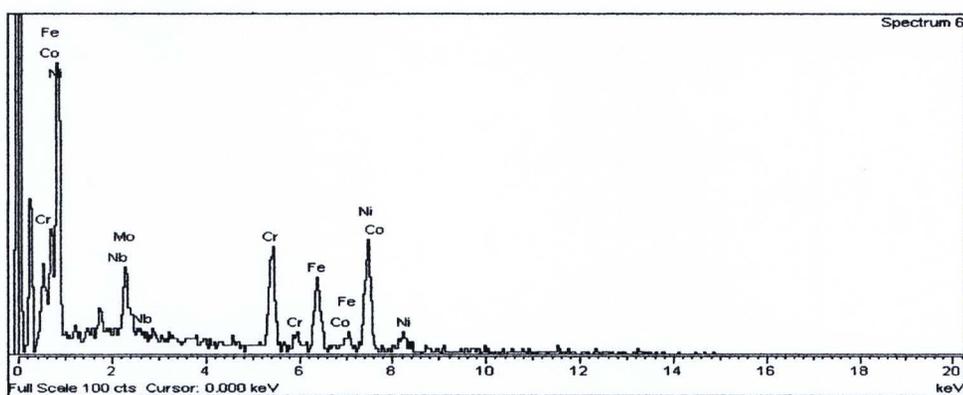
| | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | กรรมวิธีทาง | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ความร้อนหลัง | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | การเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C (ทม.) | 500 ทม. | 1000 ทม. | 2000 ทม. | 2500 ทม. | 500 ทม. | 1000 ทม. | 2000 ทม. | 2500 ทม. | 500 ทม. | 1000 ทม. | 2000 ทม. | 2500 ทม. | 500 ทม. | 1000 ทม. | 2000 ทม. | 2500 ทม. |
| รอยต่อ อินโคเนล 625 | 2 | 378 | 350 | 293 | - | 381 | 455 | 499 | 423 | 385 | - | 296 | - | - | - | - | - |
| | 4 | 363 | 422 | 374 | - | 444 | 466 | 507 | 498 | 412 | - | 315 | - | - | - | - | - |
| | 6 | 407 | 303 | 365 | - | 446 | 477 | 485 | 426 | 382 | - | 312 | - | - | - | - | - |

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมเคมีของเนื้อพื้และคาร์ไบด์ด้วยเทคนิคอีดีเอส
ของเนื้อเชื่อม อินโคเนล 625 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการ
เชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 2 และ 6 ชั่วโมง และผ่านกรรม
วิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



รูปที่ ข1 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ Spectrum ที่ 2 ตะกอนตามขอบเกรน ด้วยเทคนิคอีดีเอส โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด



รูปที่ ข2 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ Spectrum ที่ 6 บริเวณเนื้อพื้น ด้วยเทคนิคอีดีเอส โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ตารางที่ ข1 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อพื้นและคาร์ไบด์ด้วยเทคนิคอีดีเอสของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 625 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง

| Spectrum ที่ | ปริมาณธาตุ (โดยน้ำหนัก) | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------|----|------|----|-------|-------|
| | Ni | Cr | Ti | Nb | Co | Mo | Fe |
| 1 | Bal | 29.23 | - | - | - | 21.54 | 19.56 |
| 2 | Bal | 20.67 | - | - | - | 4.85 | 23.76 |
| 3 | Bal | 22.12 | - | - | - | 14.72 | 20.97 |
| 4 | Bal | 14.91 | - | - | - | 6.48 | 16.33 |
| 5 | Bal | 18.35 | - | 1.70 | - | 9.48 | 18.74 |
| 6 | Bal | 20.29 | - | - | - | 9.09 | 21.07 |

ตารางที่ ข2 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อพื้นและคาร์ไบด์ด้วยเทคนิคอีดีเอสของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 625 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง

| Spectrum ที่ | ปริมาณธาตุ (โดยน้ำหนัก) | | | | | | |
|-----------------|-------------------------|-------|----|-------|----|-------|------|
| | Ni | Cr | Ti | Nb | Co | Mo | Fe |
| 1 | Bal | 15.15 | - | 16.42 | - | 21.64 | 5.43 |
| 2 | Bal | 14.68 | - | 6.51 | - | - | 7.39 |
| 3 | Bal | 22.52 | - | 4.18 | - | 7.00 | 6.75 |
| 4 | Bal | 14.22 | - | 2.86 | - | 5.18 | 5.62 |
| 5 | Bal | 16.13 | - | 7.81 | - | 6.25 | 6.86 |
| 6 | Bal | 12.62 | - | 15.11 | - | 7.47 | 5.56 |

ภาคผนวก ค

ความแข็งของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 (2.25% โครเมียม) และ เหล็กกล้า P91
(9% โครเมียม) ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617

ตารางที่ ค1 แสดงความเข้มบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 617

| กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ทม.) | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | | | | | | | | | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ทม.) | 500 | ทม. | 1000 | ทม. | 2000 | ทม. | 2500 | ทม. | 500 | ทม. | 1000 | ทม. | 2000 | ทม. | 2500 | ทม. | 500 | ทม. | 1000 | ทม. | 2000 | ทม. | 2500 | ทม. | 500 | ทม. | 1000 | ทม. | 2000 | ทม. | 2500 | ทม. |
| | | 200- 236 | 206- 230 | 216- 258 | 215- 222 | 200- 229 | 214- 235 | 222- 238 | 193- 209 | - | 209- 223 | 210- 230 | 197- 231 | 219- 236 | 210- 228 | - | 206- 235 | 169- 194 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 224- 244 | 211- 239 | 195- 251 | 209- 223 | 210- 230 | 197- 231 | 219- 236 | 210- 228 | - | 209- 223 | 210- 230 | 197- 231 | 219- 236 | 210- 228 | - | 206- 235 | 169- 194 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 6 | 216- 254 | 203- 215 | 222- 251 | 198- 209 | 193- 206 | 197- 217 | 207- 225 | 206- 235 | - | 198- 209 | 193- 206 | 197- 217 | 207- 225 | 206- 235 | - | 162- 178 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | |

ตารางที่ ค2 แสดงความแข็งบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617

| กรรมวิธีทาง ความร่อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ขม.) | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------------------------------|-------------|-------------|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|------|-------------|------|-----|-------|-------------|------|-----|------|-----|-------|-----|------|-----|------|-----|
| | | กรรมวิธีทางความร่อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | | | |
| บริเวณ โลหะ พื้น P22 | 2 | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. |
| | | 159- 194 | 162- 179 | 163- 197 | - | 160- 166 | 157- 162 | 164- 178 | 158- 176 | - | 120- 144 | - | - | - | 104- 111 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 4 | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. |
| | | 153- 192 | 153- 181 | 140- 171 | - | 153- 171 | 163- 181 | 145- 164 | 150- 163 | - | 119- 125 | - | - | - | 106- 110 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 6 | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. | 500 | ขม. | 1000 | ขม. | 2500 | ขม. |
| | | 157- 170 | 139- 158 | 164- 175 | - | 142- 166 | 138- 158 | 138- 178 | 140- 154 | - | 118- 133 | - | - | - | 103- 109 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

ตารางที่ ค3 แสดงความแข็งบริเวณกระป๋องเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617

| กรรมวิธีทาง ความร้อน | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-----|------|-------|------|-----|--|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ขม.) | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | | |
| | | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | ขม. | |
| | | 239- | 240- | 234- | - | 210- | 208- | 226- | 236- | 209- | - | - | - | - | 153- | - | - | - | - | - | - | - | |
| | | 312 | 301 | 292 | | 280 | 270 | 283 | 284 | 229 | | | | | 164 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กระป๋อง P91 | 4 | 231- | 226- | 196- | - | 190- | 241- | 202- | 218- | 225- | - | - | - | 147- | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | 274 | 268 | 227 | | 278 | 274 | 245 | 257 | 249 | | | | 160 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| กระป๋อง P91 | 6 | 208- | 206- | 205- | - | 212- | 202- | 187- | 202- | 217- | - | - | - | 131- | - | - | - | - | - | - | - | | |
| | | 264 | 254 | 258 | | 249 | 232 | 228 | 229 | 231 | | | | 154 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ค4 แสดงความแข็งบริเวณกระทะร้อนเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617

| กรรมวิธีทาง ความร้อน | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------|---------|------|---------|---------|---------|---------|---------|------|------|------|-------|------|------|------|---------|------|-------|------|-----|--|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C (ทม.) | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | 500 | 1000 | 2000 | 2500 | | |
| | | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | ทม. | |
| กระทะร้อน P22 | 2 | 175-202 | 158-199 | 164-207 | - | 170-182 | 170-188 | 148-198 | 158-170 | 106-114 | - | - | - | - | - | - | - | 103-110 | - | - | - | | |
| | 4 | 167-204 | 149-185 | 164-186 | - | 150-176 | 167-187 | 134-161 | 148-168 | 122-153 | - | - | - | - | - | - | - | 107-118 | - | - | - | | |
| กระทะร้อน P22 | 6 | 153-193 | 168-181 | 164-183 | - | 146-172 | 141-185 | 157-186 | 150-162 | 120-129 | - | - | - | - | - | - | - | 104-115 | - | - | - | | |

ตารางที่ ค5 แสดงความแข็งบริเวณรอยเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 617

| | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | กรรมวิธีทาง | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ความร้อนหลัง | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| | การเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. |
| รอยต่อ P91 | 2 | 279 | 271 | 311 | - | 258 | 265 | 281 | 202 | - | - | 162 | - | - | - | - | - |
| | 4 | 267 | 269 | 251 | - | 262 | 271 | 254 | 241 | - | - | 165 | - | - | - | - | - |
| | 6 | 254 | 250 | 262 | - | 228 | 249 | 239 | 233 | - | - | 154 | - | - | - | - | - |

ตารางที่ ค6 แสดงความแข็งบริเวณรอยเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617

| ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | |
| | | กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 500 ซม. | 1000 ซม. | 2000 ซม. | 2500 ซม. | 500 ซม. | 1000 ซม. | 2000 ซม. | 2500 ซม. | 500 ซม. | 1000 ซม. | 2000 ซม. | 2500 ซม. | 500 ซม. | 1000 ซม. | 2000 ซม. |
| บริเวณ | 2 | 168 | 170 | 201 | - | 157 | 153 | 156 | 159 | 117 | - | - | - | 121 | - | - | - |
| รอยต่อ P22 | 4 | 145 | 151 | 152 | - | 152 | 160 | 150 | 141 | 144 | - | - | - | 133 | - | - | - |
| | 6 | 162 | 141 | 143 | - | 121 | 133 | 145 | 138 | 130 | - | - | - | 128 | - | - | - |

ตารางที่ ค7 แสดงความแข็งบริเวณเนื้อเชื่อมอินโคเนล 617 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91

| บริเวณ | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|---|--|-----|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------|------|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-------------|-------------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|---|
| | | กรรมวิธีทาง ความร้อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| เนื้อเชื่อม อินโคเนล 617 | 2 | 500 | ชม. | 236- 305 | 239- 309 | 2500 | ชม. | 2500 | 500 | ชม. | 247- 301 | 1000 | ชม. | 234- 297 | 2000 | ชม. | 241- 303 | 2500 | ชม. | 237- 291 | 500 | ชม. | 234- 287 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - | 500 | ชม. | 232- 273 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - |
| | | 4 | 500 | ชม. | 200- 314 | 251- 336 | 2500 | ชม. | 2500 | 500 | ชม. | 279- 371 | 1000 | ชม. | 304- 376 | 2000 | ชม. | 283- 333 | 2500 | ชม. | 265- 345 | 500 | ชม. | 293- 353 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - | 205- 293 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - | |
| | | | 6 | 500 | ชม. | 271- 361 | 269- 322 | 2500 | ชม. | 2500 | 500 | ชม. | 245- 322 | 1000 | ชม. | 280- 344 | 2000 | ชม. | 285- 347 | 2500 | ชม. | 304- 334 | 500 | ชม. | 293- 349 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - | 234- 266 | 1000 | ชม. | - | 2000 | ชม. | - | 2500 | ชม. | - |

ตารางที่ ค8 แสดงความแข็งบริเวณรอยของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 617 ด้านติดกับเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91 ที่เชื่อมอินโคเนล 617

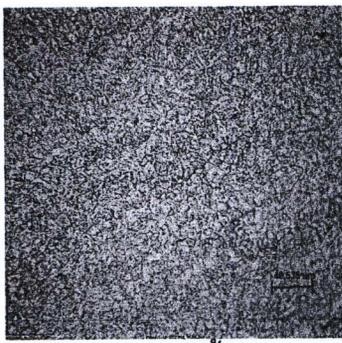
| | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|--|--|
| | | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 550°C | | | | | | 633°C | | | | | | 717°C | | | | | | 800°C | | | |
| บริเวณ | กรรมวิธีทาง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | ความร้อนหลัง | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | การเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C (ชม.) | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | 500 ชม. | 1000 ชม. | 2000 ชม. | 2500 ชม. | | |
| | 2 | 255 | 218 | 270 | - | 234 | 243 | 236 | 308 | 265 | - | - | - | 329 | - | - | - | - | - | - | - | | |
| รอยต่ออินโคเนล 617 | 4 | 266 | 291 | 264 | - | 267 | 274 | 254 | 303 | 311 | - | - | - | 393 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | 6 | 272 | 274 | 307 | - | 228 | 234 | 245 | 294 | 336 | - | - | - | 299 | - | - | - | - | - | - | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ตารางที่ ๑๑ แสดงความแข็งบริเวณรอยเนื้อเชื่อมอินโคเนล 617 ด้านติดเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ P91

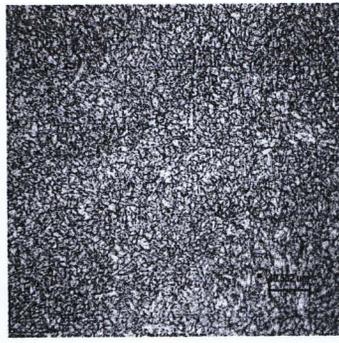
| | | ค่าความแข็ง (HV _{0.1}) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|---|--|---------------------|------|-----|------|-------|------|-----|-----|-------|------|-----|------|-------|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|------|-----|
| | | กรรมวิธีทาง ความอ่อนหลัง การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | กรรมวิธีทางความร้อน | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 550°C | | | | 633°C | | | | 717°C | | | | 800°C | | | | | | | | | | |
| บริเวณ | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 500 | ซม. | 1000 | ซม. | 2000 | ซม. | 2500 | ซม. | 500 | ซม. | 1000 | ซม. | 2000 | ซม. | 2500 | ซม. | 500 | ซม. | 1000 | ซม. | 2000 | ซม. | 2500 | ซม. |
| | | 397 | | 338 | | 331 | | - | | 383 | | 474 | | 510 | | 453 | | 381 | | - | | - | | - | |
| | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | 339 | | - | | - | | - |
| รอยต่อ อินโคเนล 617 | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 348 | | 372 | | 322 | | - | | 371 | | 476 | | 497 | | 333 | | - | | - | | - | | - | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | การเชื่อมที่ อุณหภูมิ 750°C (ซม.) | 376 | | 372 | | 355 | | - | | 414 | | 443 | | 437 | | 551 | | - | | - | | - | | - | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ภาคผนวก ง

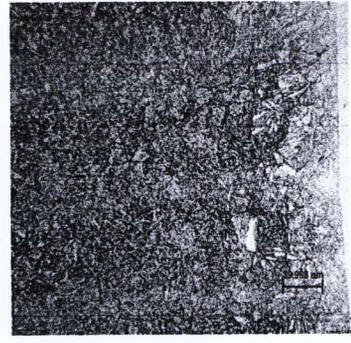
โครงสร้างจุลภาคของแนวเชื่อมระหว่างเหล็กกล้า P22 (2.25% โครเมียม) และเหล็กกล้า P91 (9% โครเมียม) ที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อม อินโคเนล 617



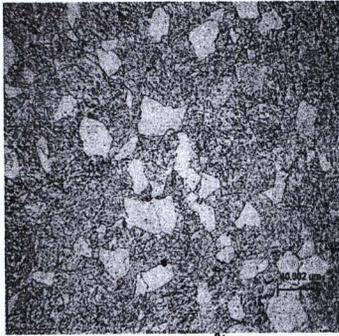
ก) โลหะพื้น P91



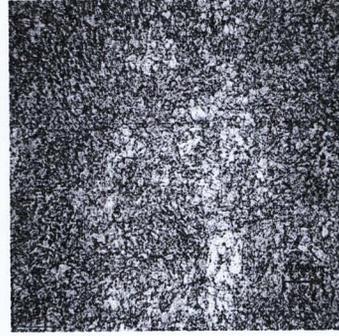
ข) บริเวณกระตบร้อน P91



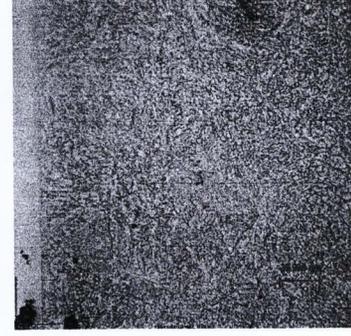
ค) รอยต่อ P91



ง) โลหะพื้น P22

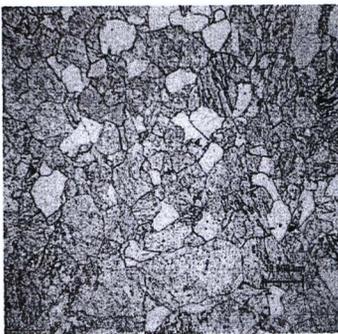


จ) บริเวณกระตบร้อน P22

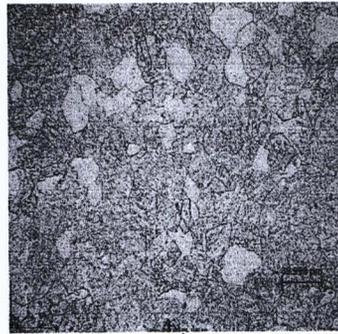


ฉ) รอยต่อ P22

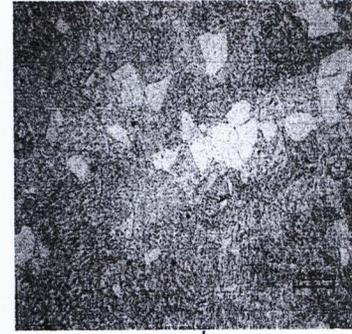
รูปที่ ง1 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า P22 และเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วย อินโคเนล 617 หลังเชื่อม



ก) 2 ชั่วโมง

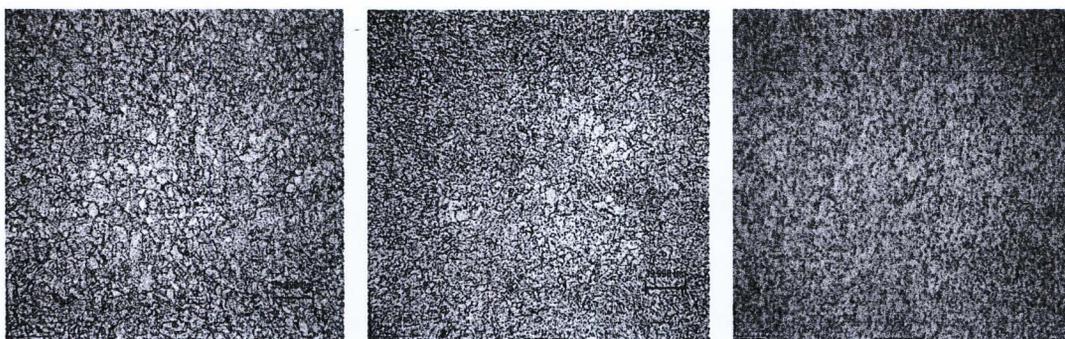


ข) 4 ชั่วโมง



ค) 6 ชั่วโมง

รูปที่ ง2 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้าเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วย อินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C

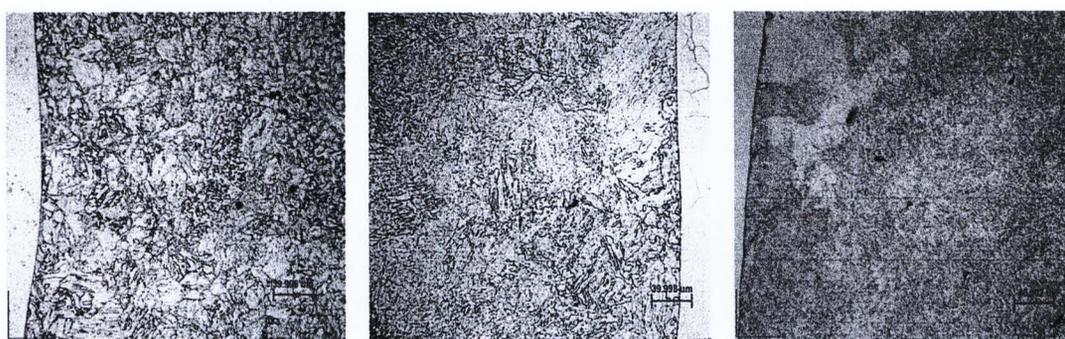


ก) 2 ชั่วโมง

ข) 4 ชั่วโมง

ค) 6 ชั่วโมง

รูปที่ 3 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทกร้อนเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C

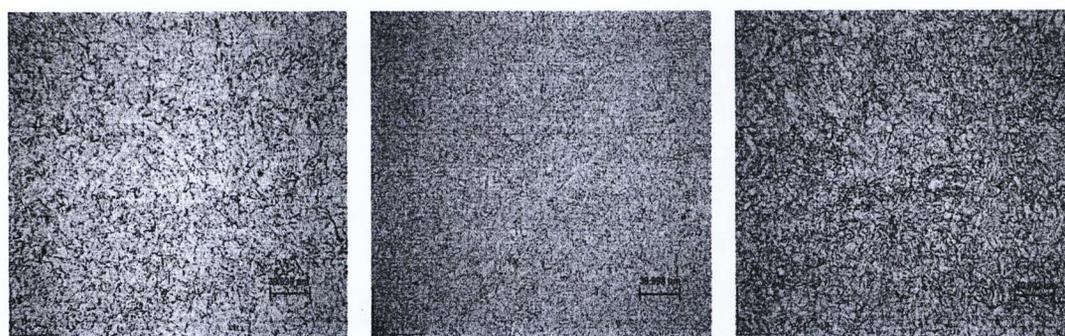


ก) 2 ชั่วโมง

ข) 4 ชั่วโมง

ค) 6 ชั่วโมง

รูปที่ 4 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C



ก) 2 ชั่วโมง

ข) 4 ชั่วโมง

ค) 6 ชั่วโมง

รูปที่ 5 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C



ก) 2 ชั่วโมง

ข) 4 ชั่วโมง

ค) 6 ชั่วโมง

รูปที่ 6 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทกร้อนเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C

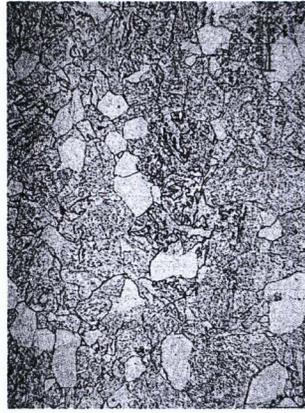


ก) 2 ชั่วโมง

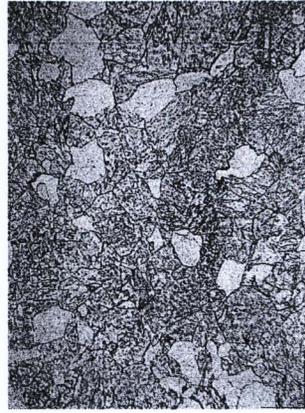
ข) 4 ชั่วโมง

ค) 6 ชั่วโมง

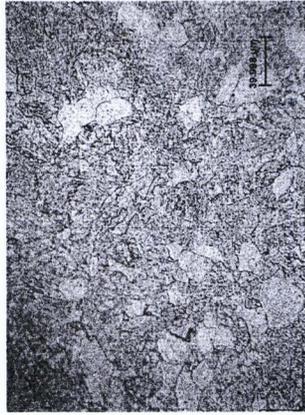
รูปที่ 7 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังจากผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C



B/750/2/550/500



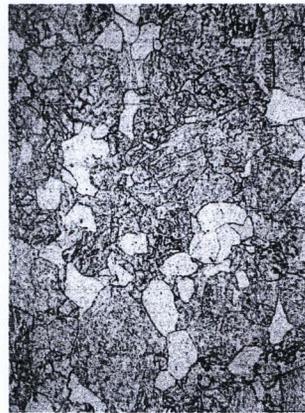
B/750/4/550/500



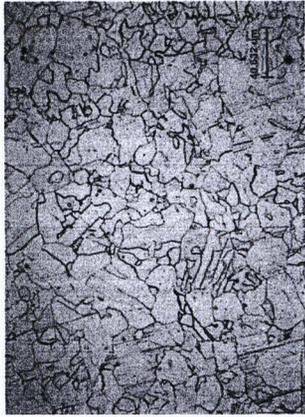
B/750/2/633/500



B/750/4/633/500



B/750/6/550/500



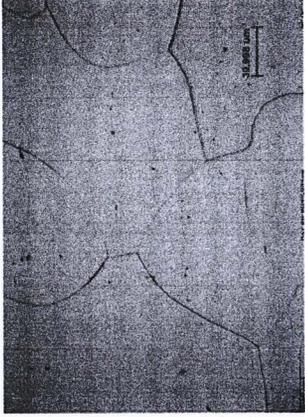
B/750/2/717/500



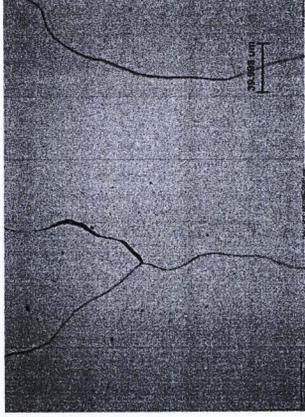
B/750/4/717/500



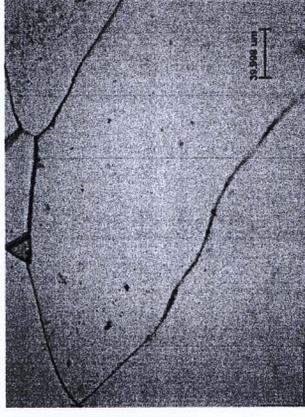
B/750/6/717/500



B/750/2/800/500

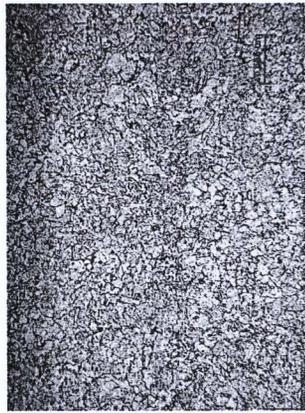


B/750/4/800/500

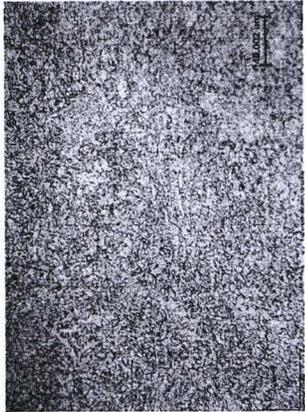


B/750/6/800/500

รูปที่ 8 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



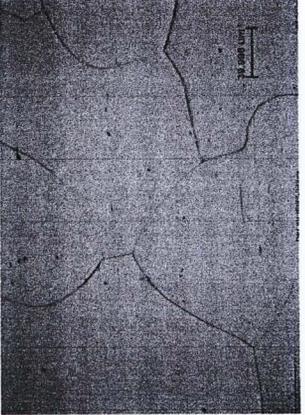
B/750/2/550/500



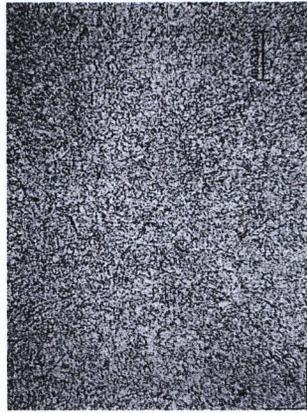
B/750/2/633/500



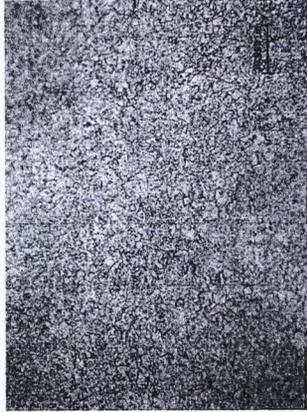
B/750/2/717/500



B/750/2/800/500



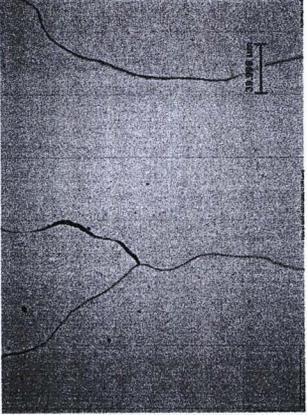
B/750/4/550/500



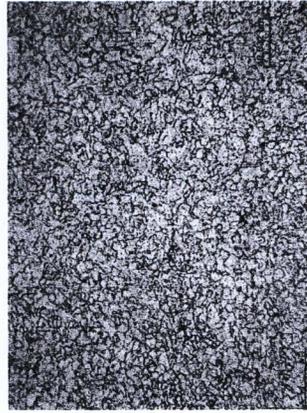
B/750/4/633/500



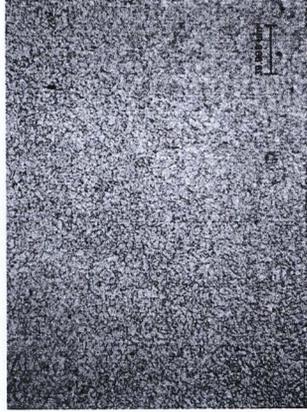
B/750/4/717/500



B/750/4/800/500



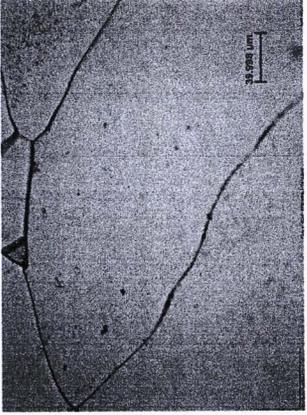
B/750/6/550/500



B/750/6/633/500

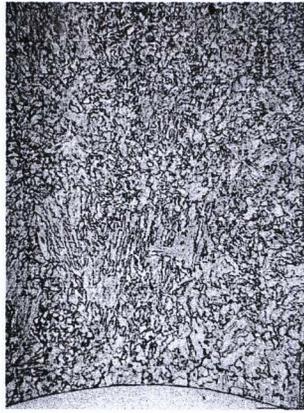


B/750/6/717/500

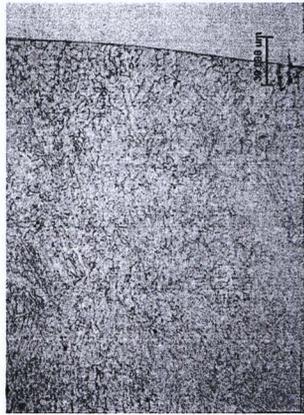


B/750/6/800/500

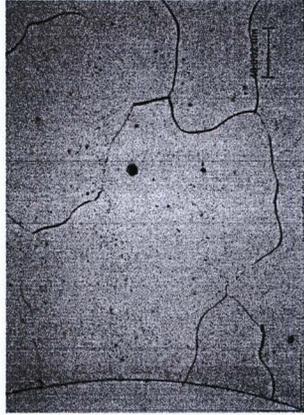
รูปที่ ๑๑ โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทบร้อนเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



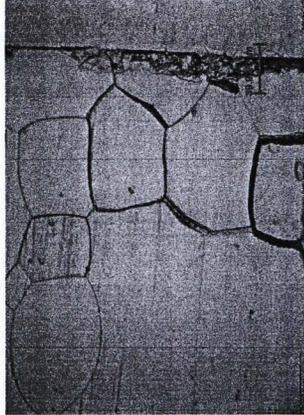
B/750/2/550/500



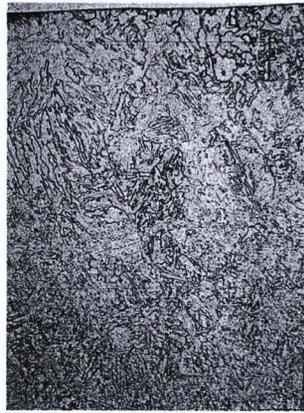
B/750/2/633/500



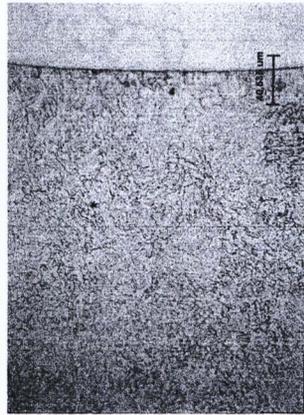
B/750/2/717/500



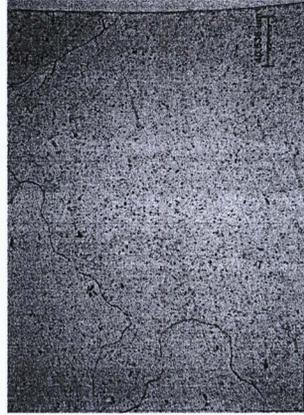
B/750/2/800/500



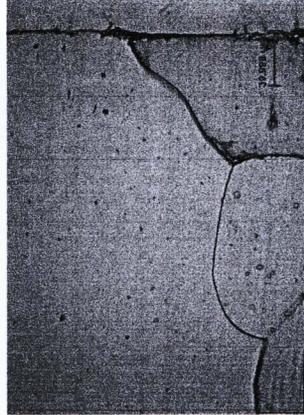
B/750/4/550/500



B/750/4/633/500



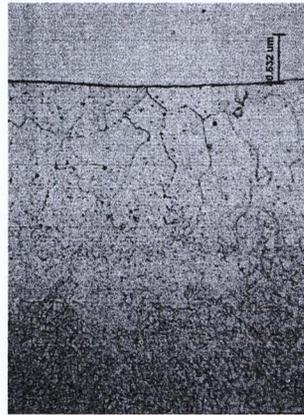
B/750/4/717/500



B/750/4/800/500



B/750/6/550/500



B/750/6/633/500

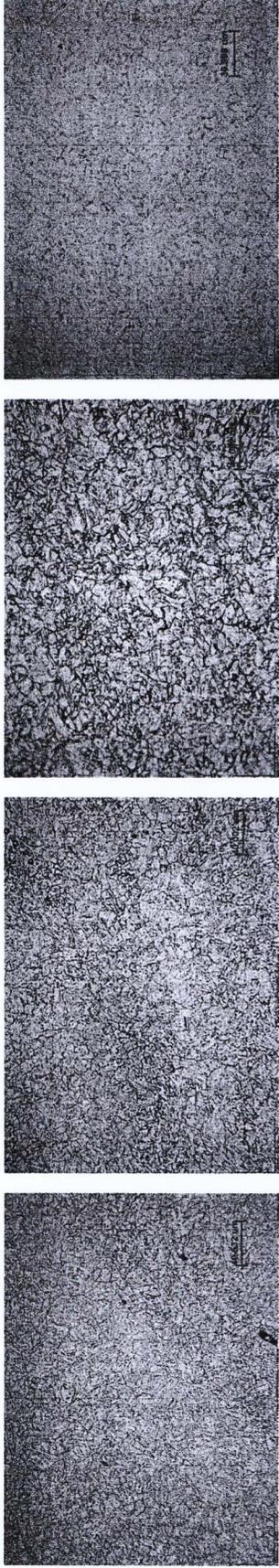


B/750/6/717/500

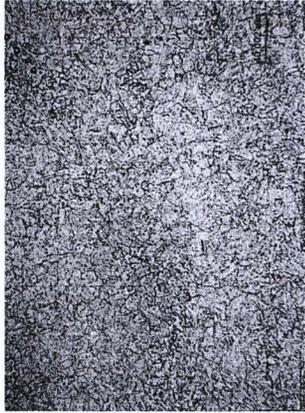


B/750/6/800/500

รูปที่ 10 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านการกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



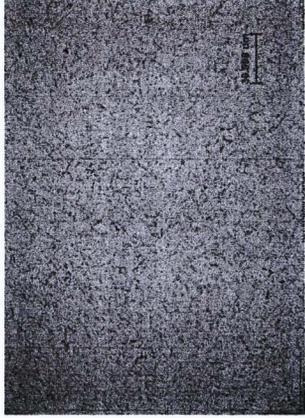
B/750/2/550/500



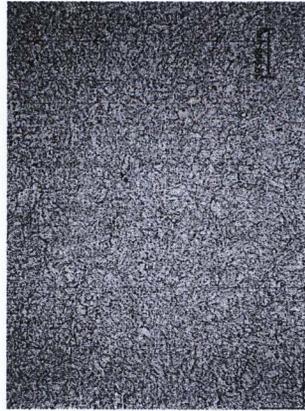
B/750/2/633/500



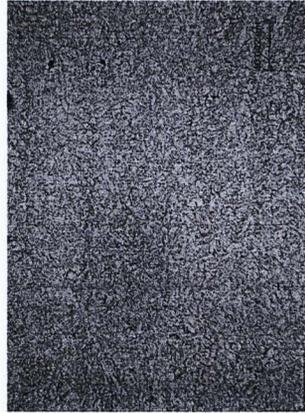
B/750/2/717/500



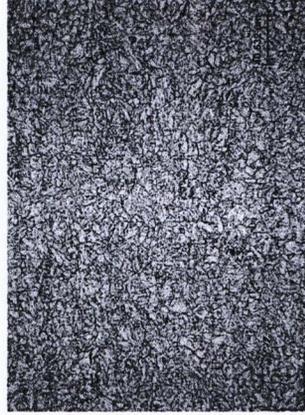
B/750/2/800/500



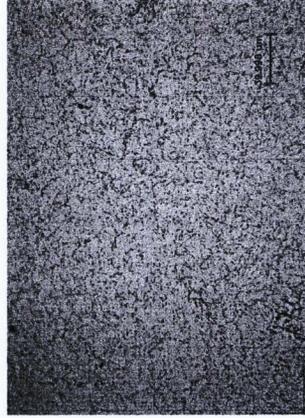
B/750/4/550/500



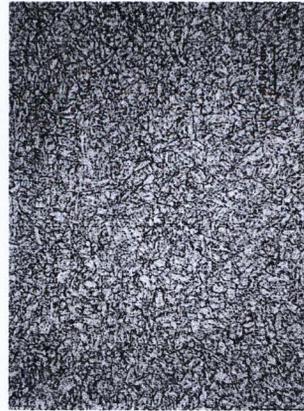
B/750/4/633/500



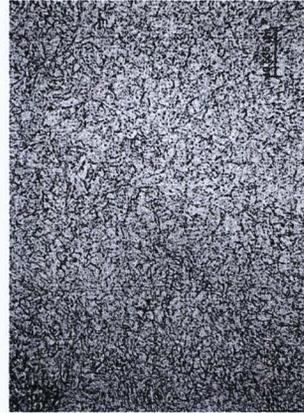
B/750/4/717/500



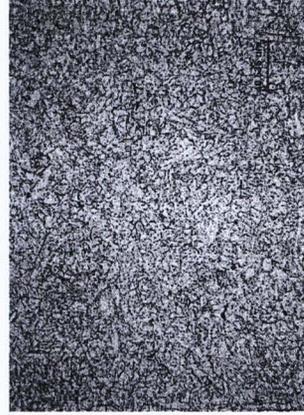
B/750/4/800/2500



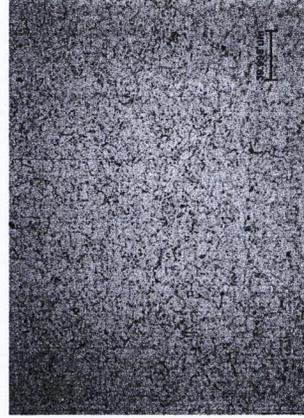
B/750/6/550/500



B/750/6/633/500

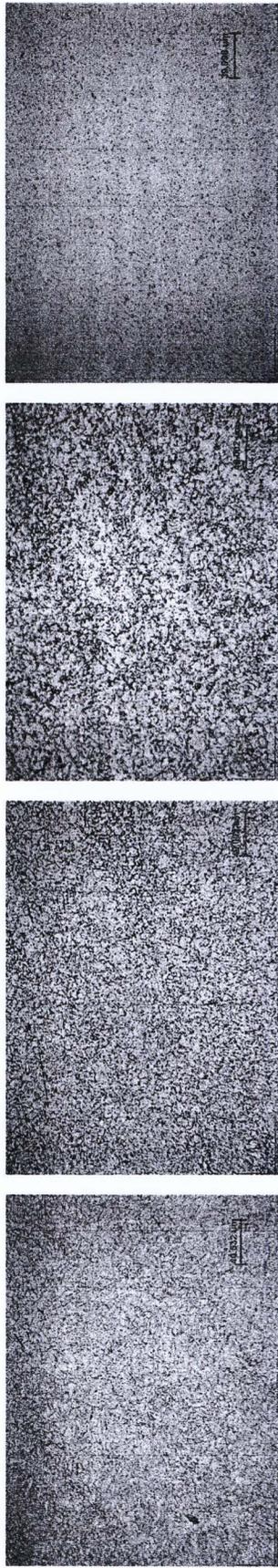


B/750/6/717/500

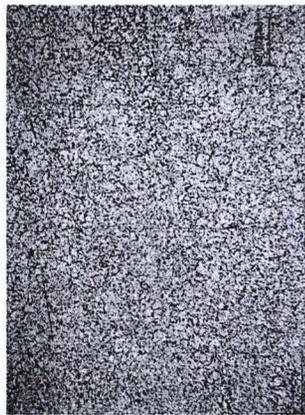


B/750/6/800/500

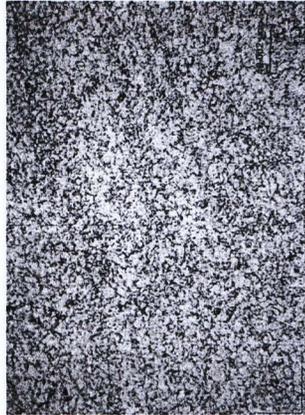
รูปที่ 11 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



B/750/2/550/500



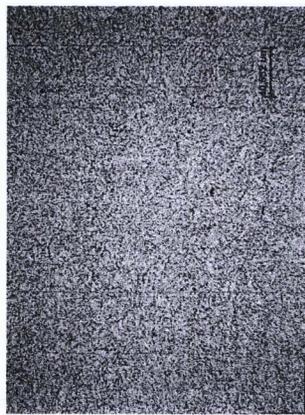
B/750/2/633/500



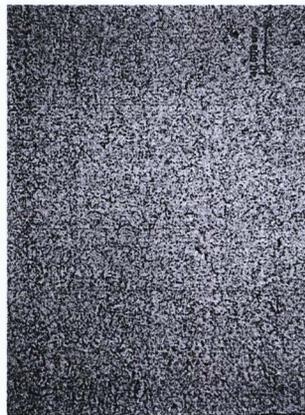
B/750/2/717/500



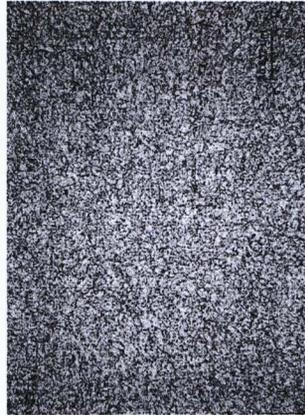
B/750/2/800/500



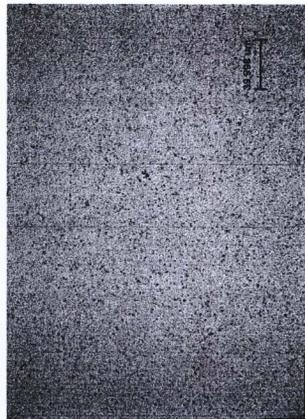
B/750/4/550/500



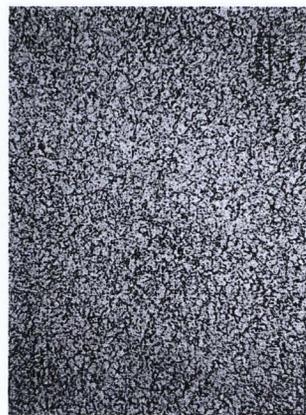
B/750/4/633/500



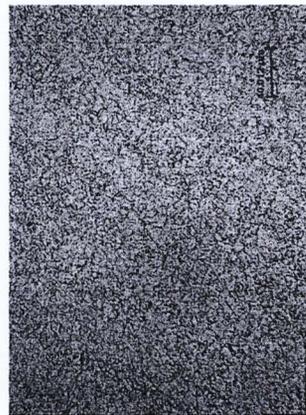
B/750/4/717/500



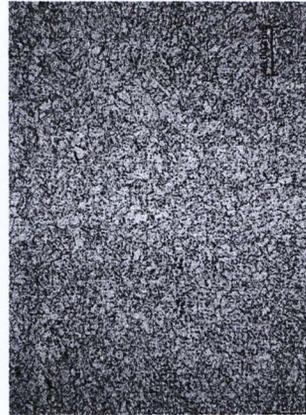
B/750/4/800/500



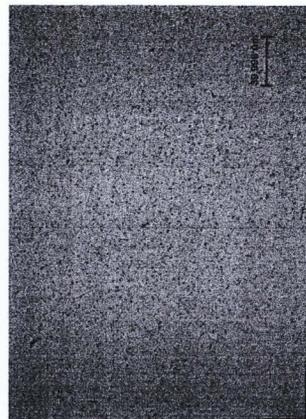
B/750/6/550/500



B/750/6/633/500

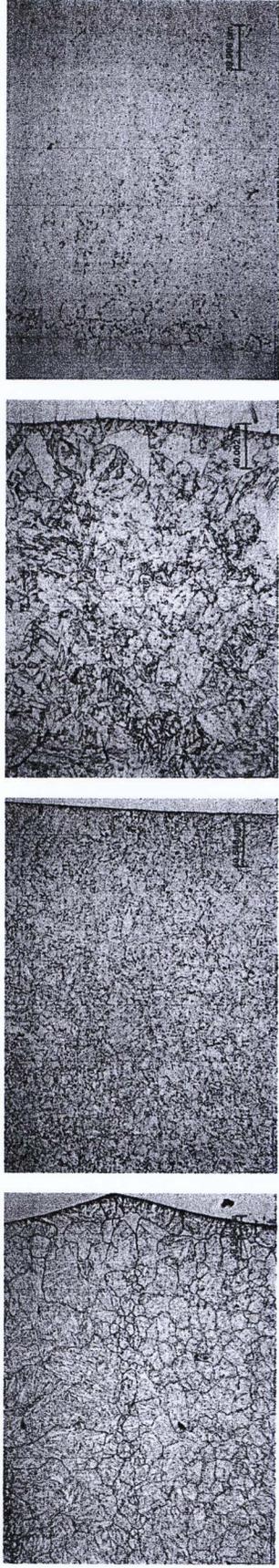


B/750/6/717/500

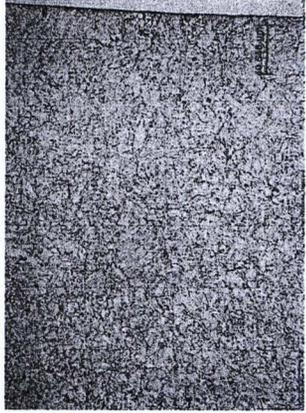


B/750/6/800/500

รูปที่ 12 โครงสร้างจุลภาคบริเวณเกาะพ่นร้อนเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



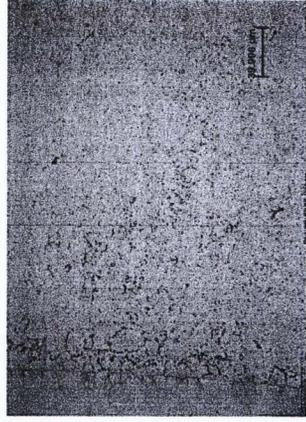
B/750/2/550/500



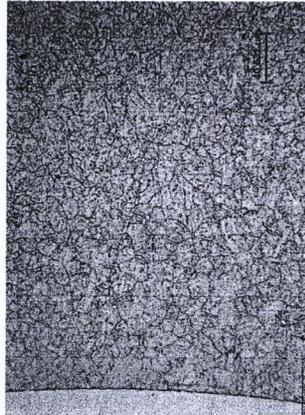
B/750/2/633/500



B/750/2/717/500



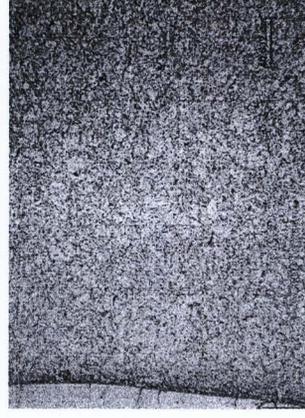
B/750/2/800/500



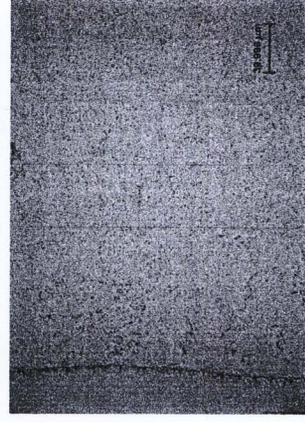
B/750/4/550/500



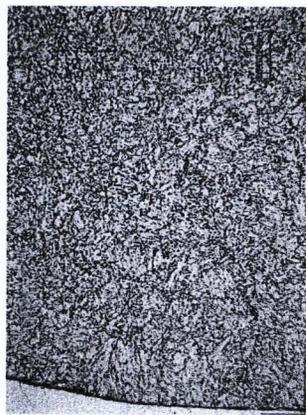
B/750/4/633/500



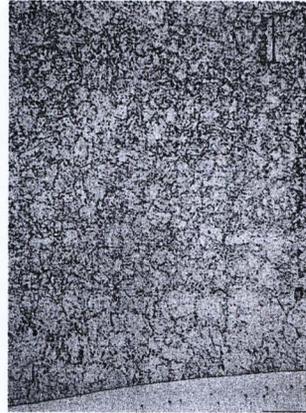
B/750/4/717/500



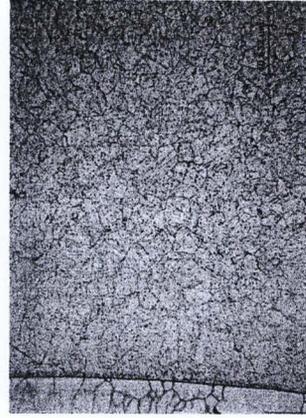
B/750/4/800/500



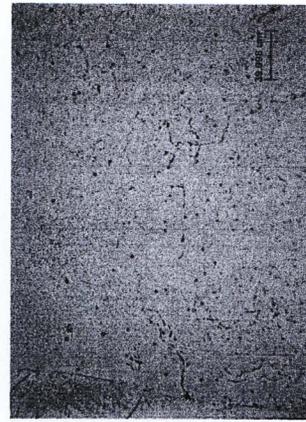
B/750/6/550/500



B/750/6/633/500

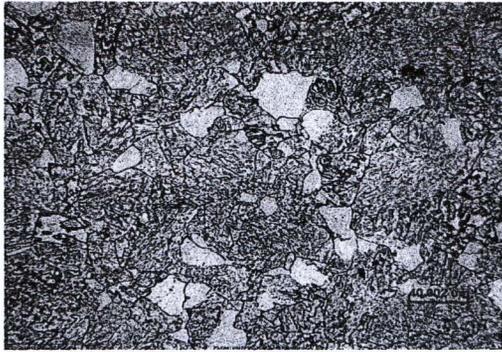


B/750/6/717/500

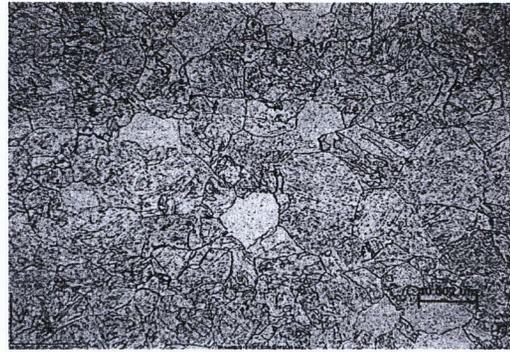


B/750/6/800/500

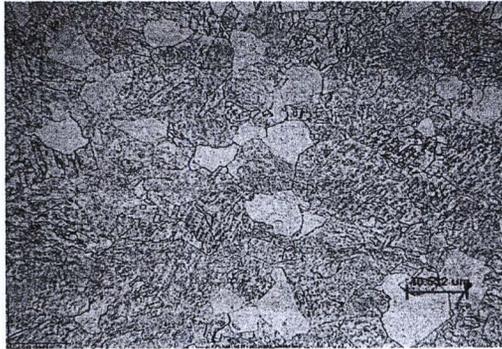
รูปที่ 13 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, 633, 717 และ 800°C เป็นเวลา 500 ชั่วโมง



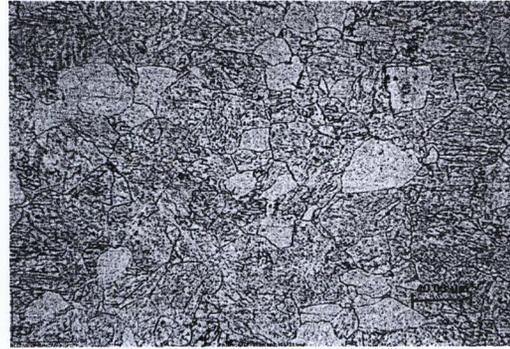
B/750/2/550/1000



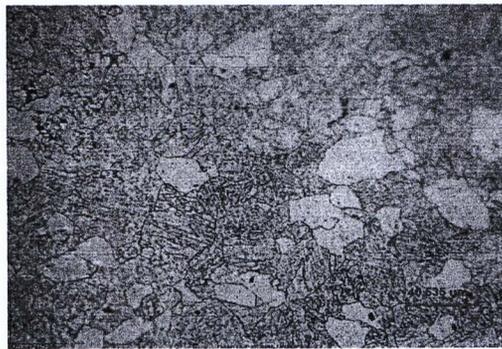
B/750/2/633/1000



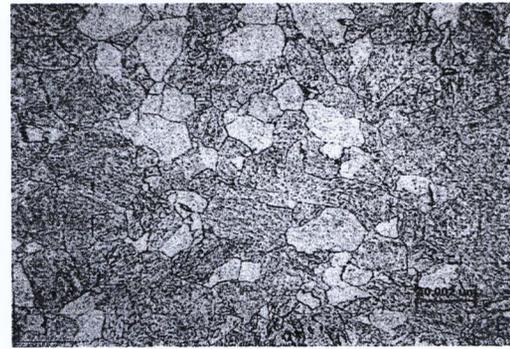
B/750/4/550/1000



B/750/4/633/1000

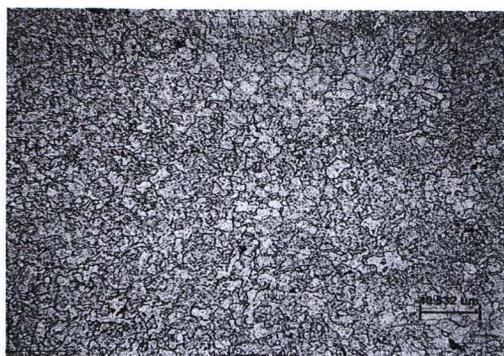


B/750/6/550/1000

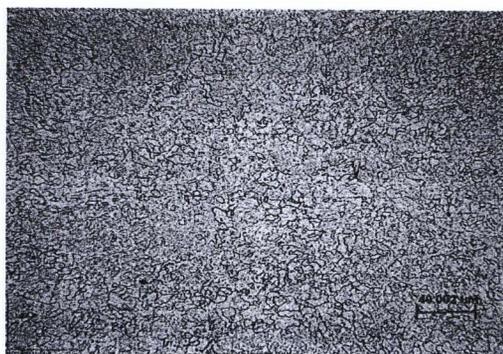


B/750/6/633/1000

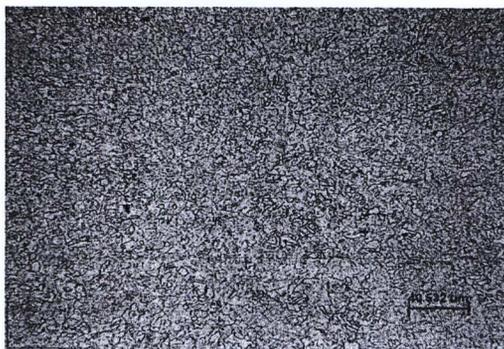
รูปที่ ง14 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



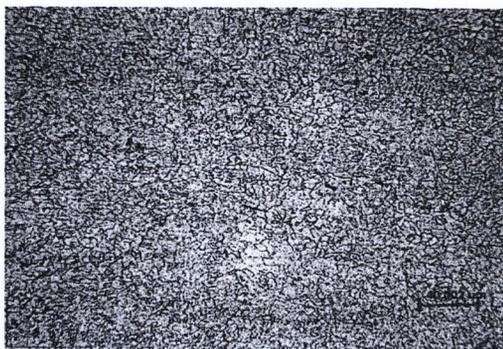
B/750/2/550/1000



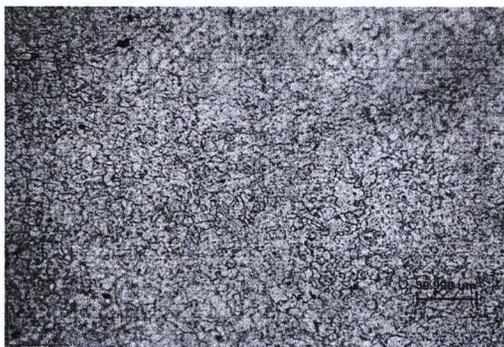
B/750/2/633/1000



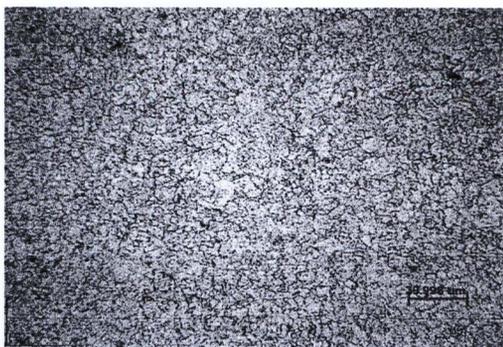
B/750/4/550/1000



B/750/4/633/1000

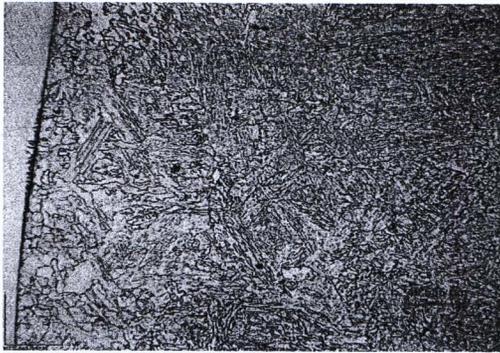


B/750/6/550/1000

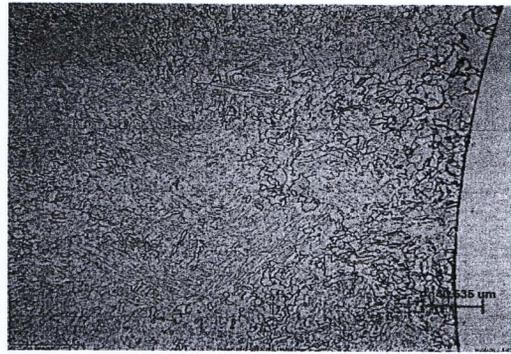


B/750/6/633/1000

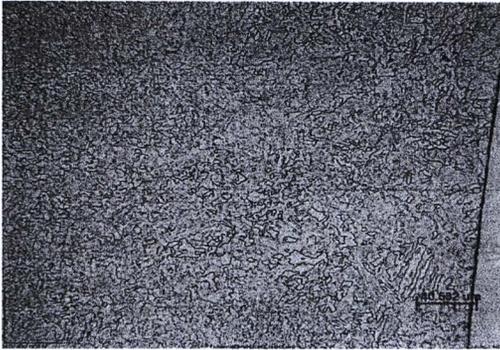
รูปที่ 15 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



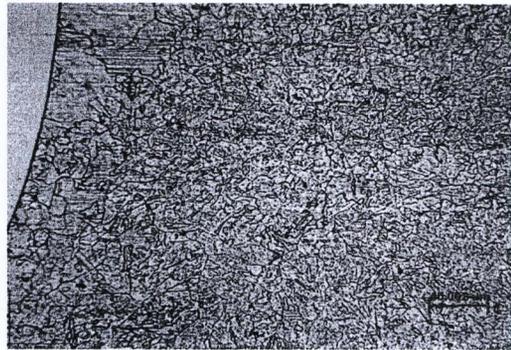
B/750/2/550/1000



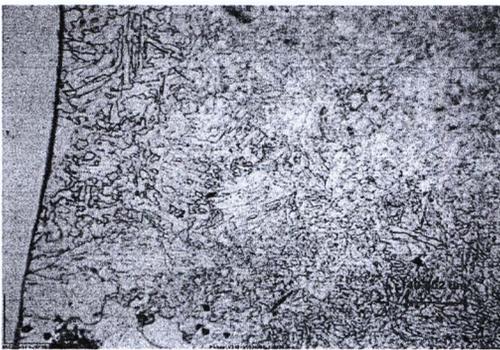
B/750/2/633/1000



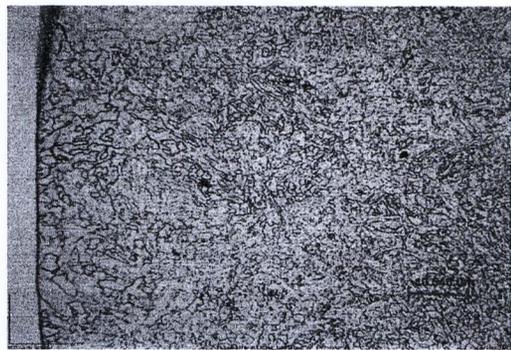
B/750/4/550/1000



B/750/4/633/1000



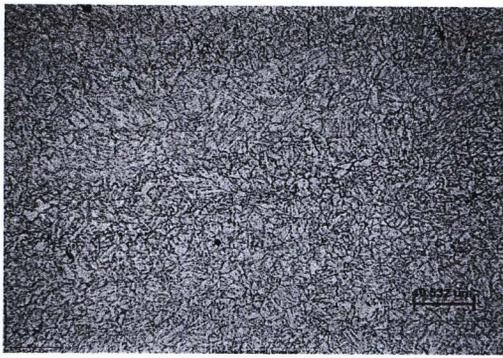
B/750/6/550/1000



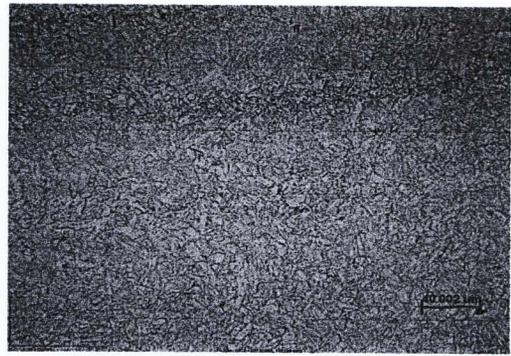
B/750/6/633/1000

รูปที่ 16 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P22 แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง

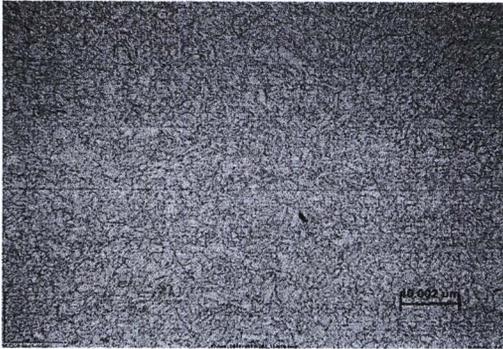




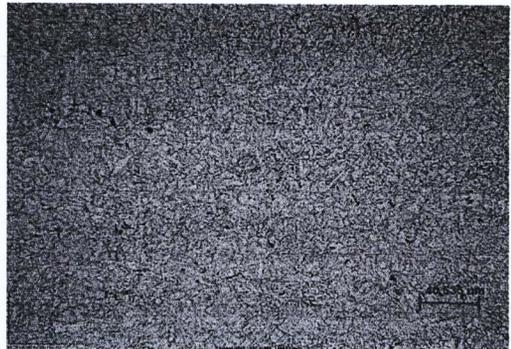
B/750/2/550/1000



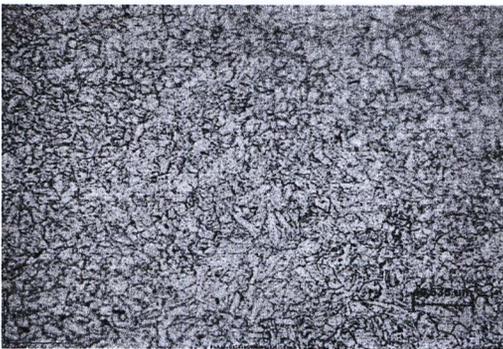
B/750/2/633/1000



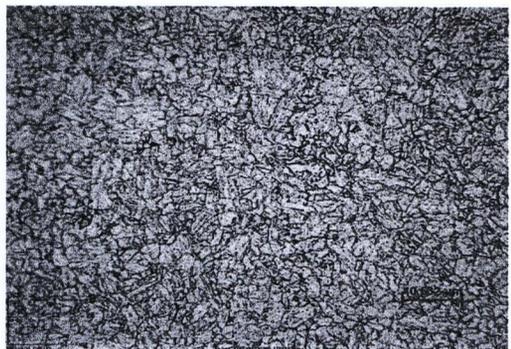
B/750/4/550/1000



B/750/4/633/1000

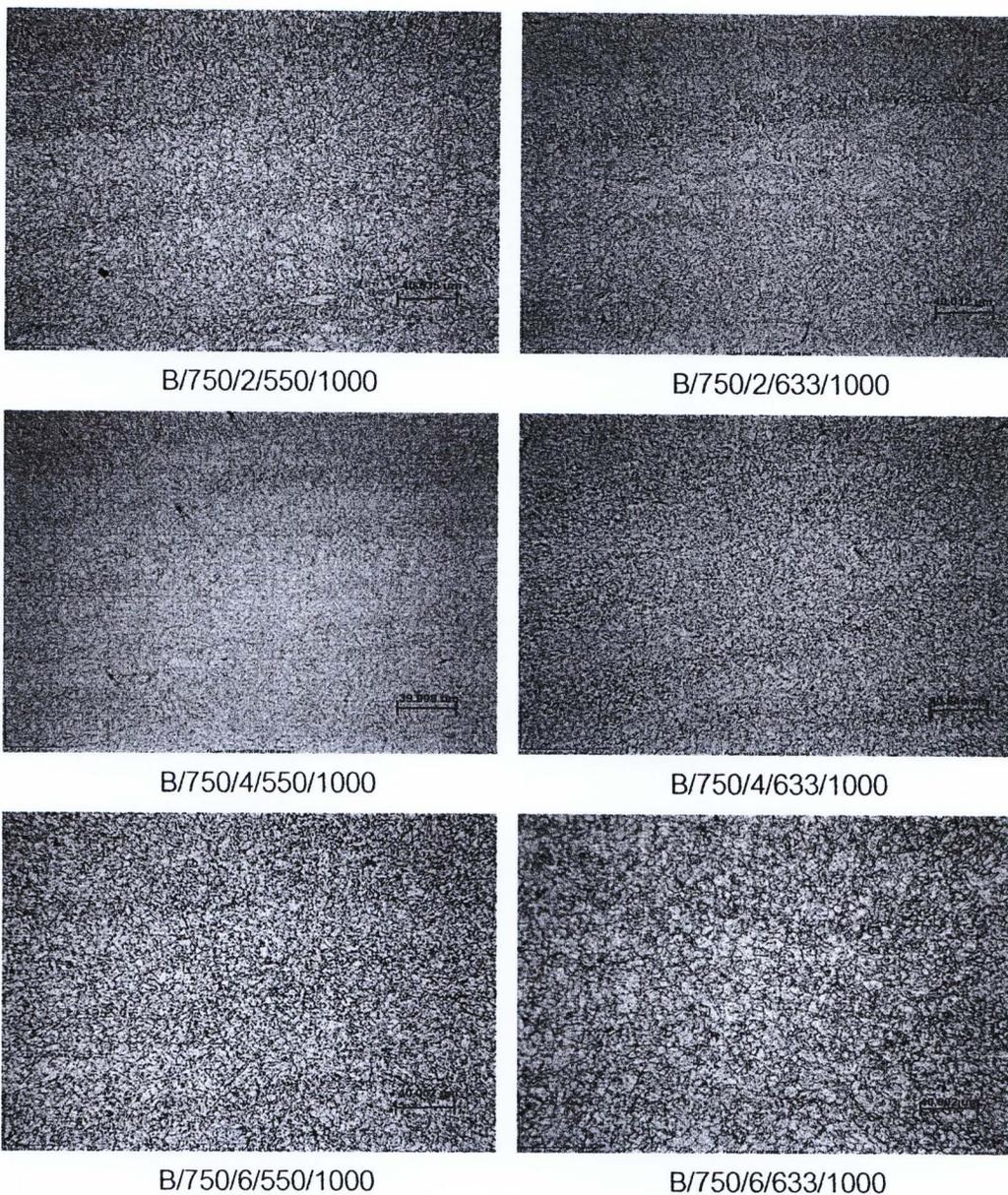


B/750/6/550/1000

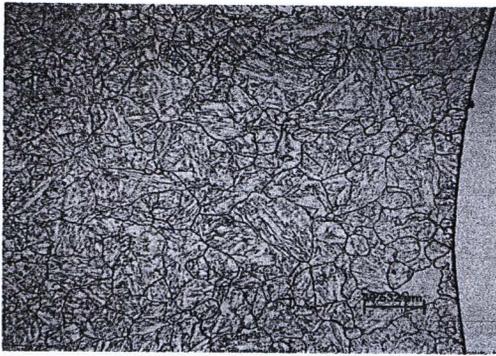


B/750/6/633/1000

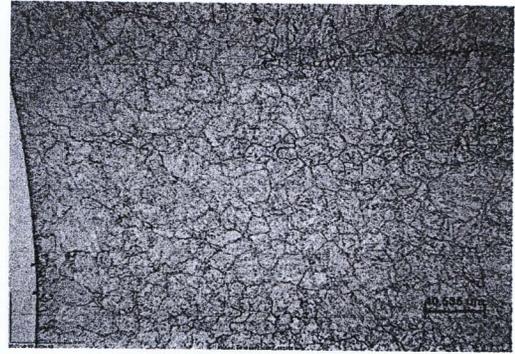
รูปที่ 17 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



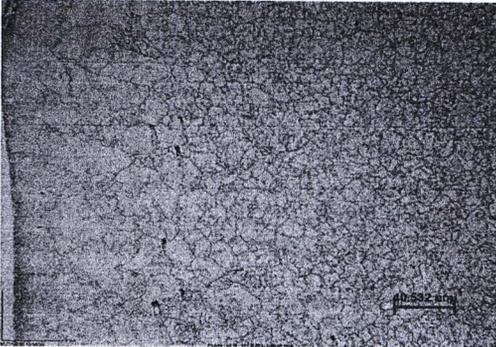
รูปที่ 18 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทกร้อนเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



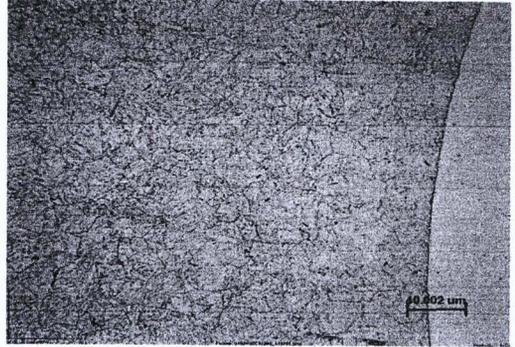
B/750/2/550/1000



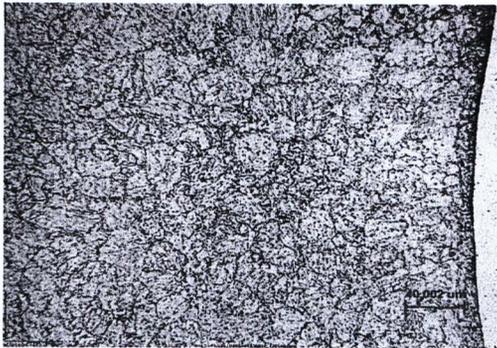
B/750/2/633/1000



B/750/4/550/1000



B/750/4/633/1000

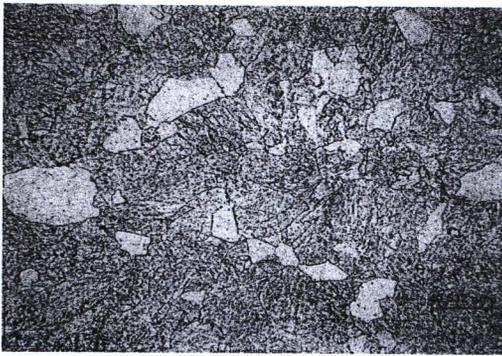


B/750/6/550/1000

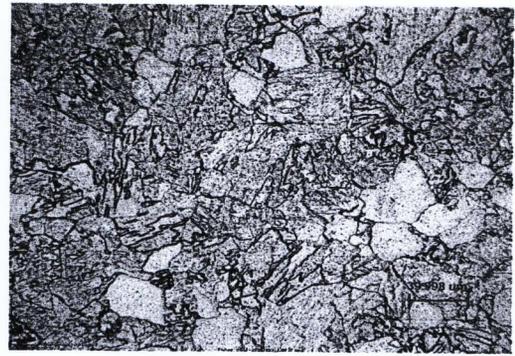


B/750/6/633/1000

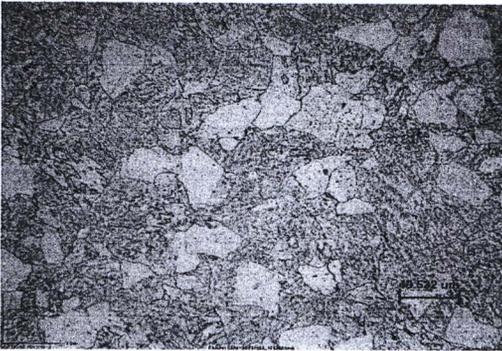
รูปที่ 19 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550, และ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง



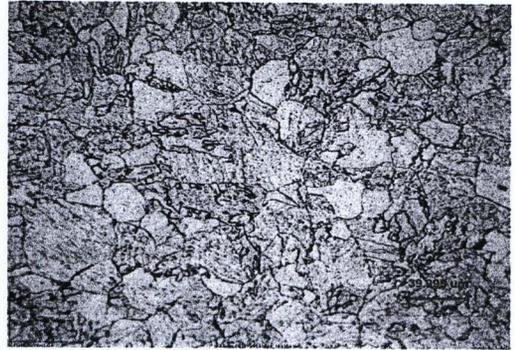
B/750/2/550/2000



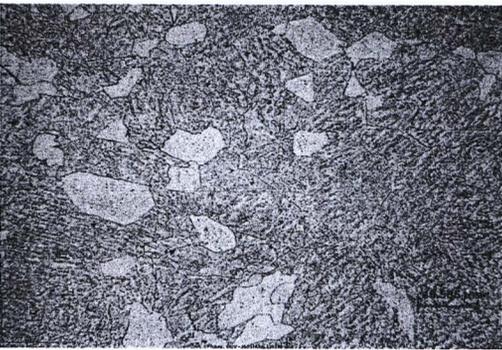
B/750/2/633/2000



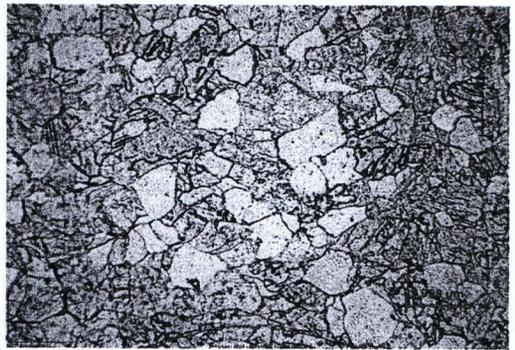
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000

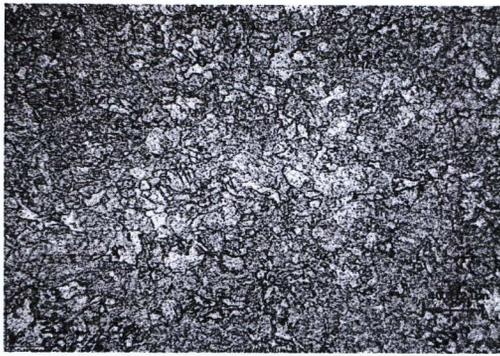


B/750/6/550/2000

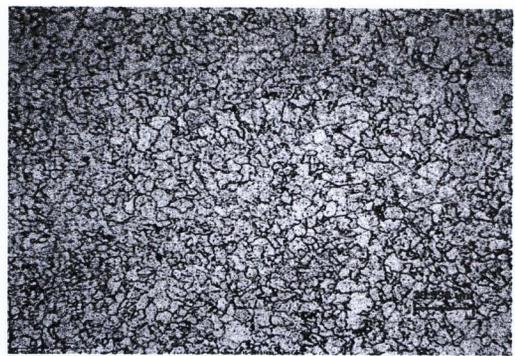


B/750/6/633/2000

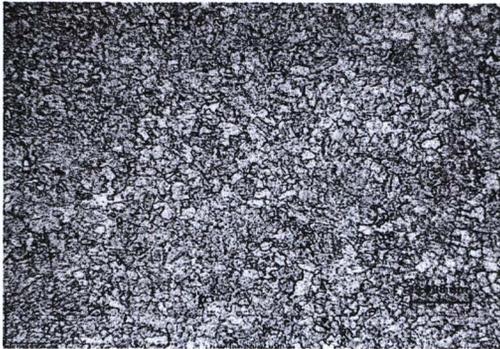
รูปที่ ง20 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



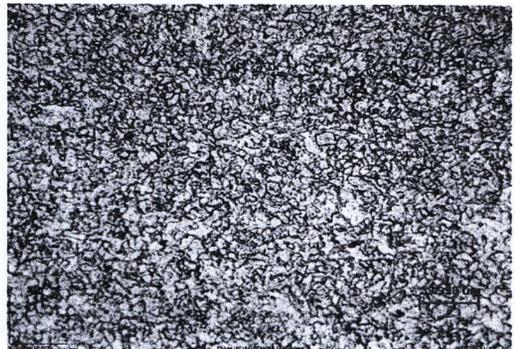
B/750/2/550/2000



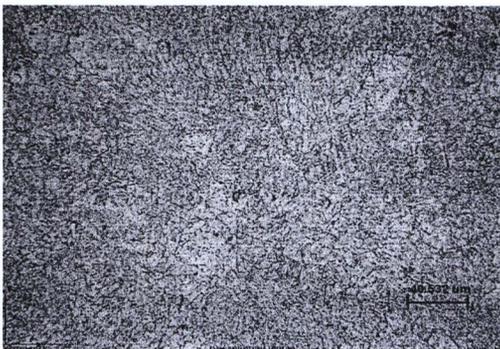
B/750/2/633/2000



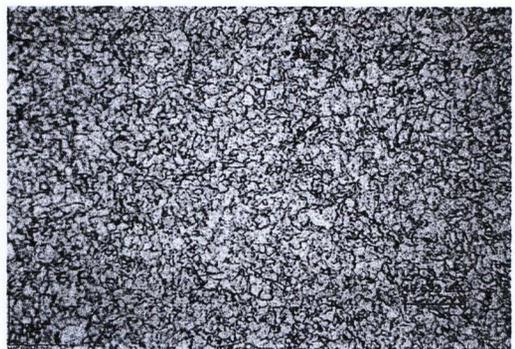
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000



B/750/6/550/2000



B/750/6/633/2000

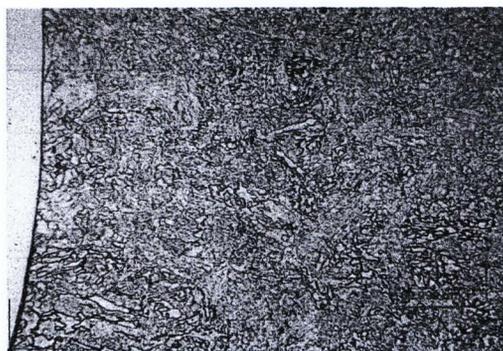
รูปที่ ง21 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทบร้อนเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่ อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



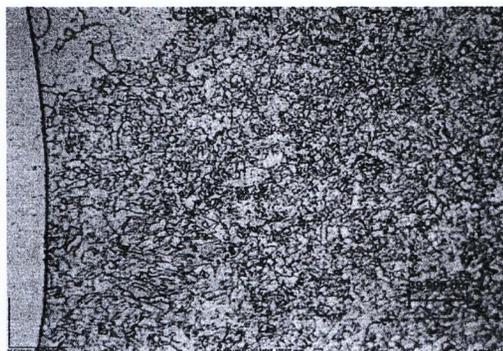
B/750/2/550/2000



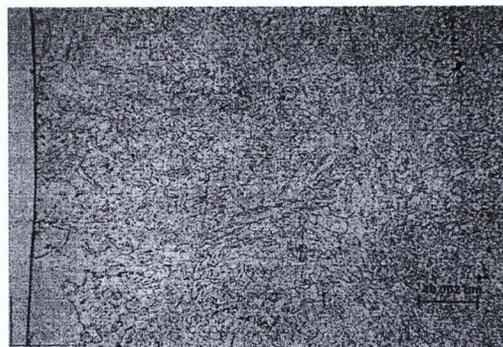
B/750/2/633/2000



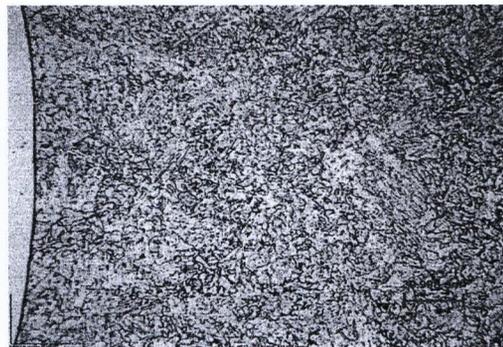
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000

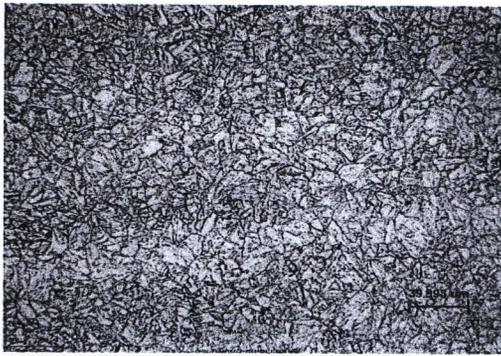


B/750/6/550/2000

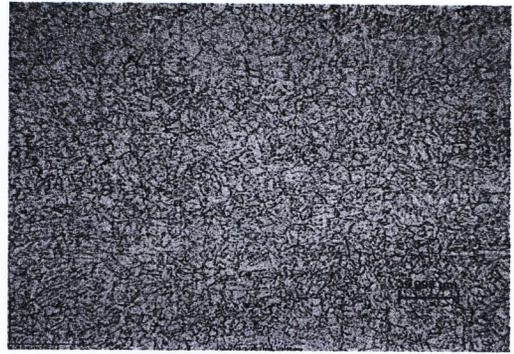


B/750/6/633/2000

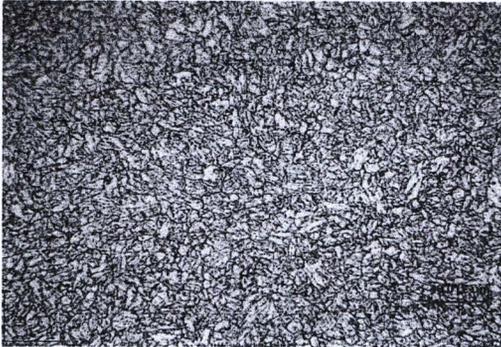
รูปที่ ง22 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



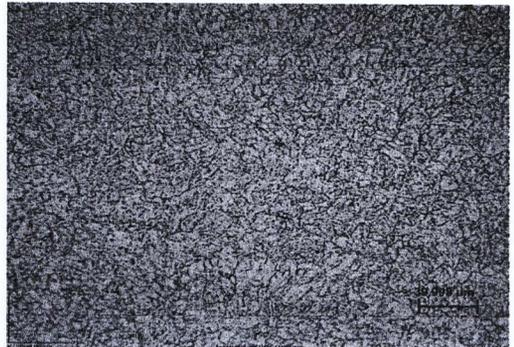
B/750/2/550/2000



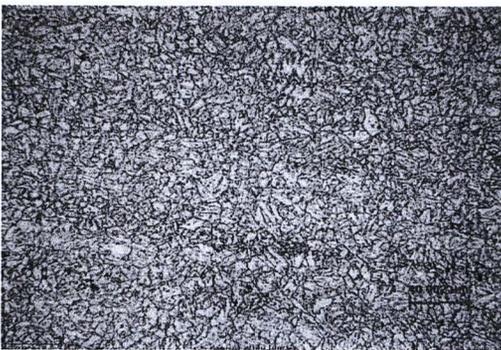
B/750/2/633/2000



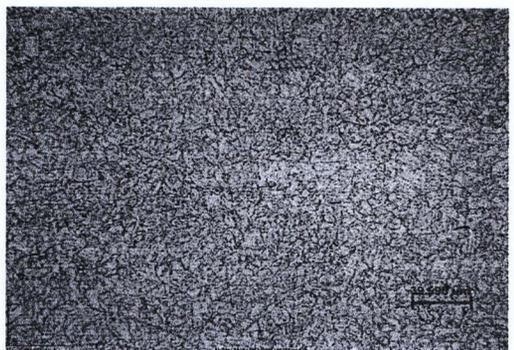
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000

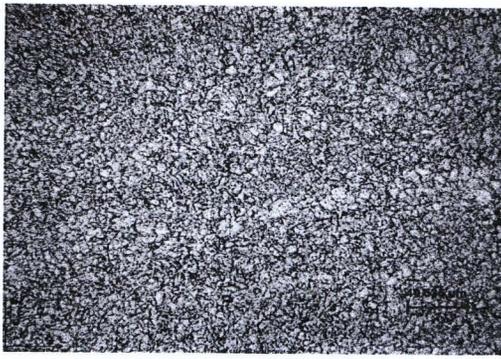


B/750/6/550/2000

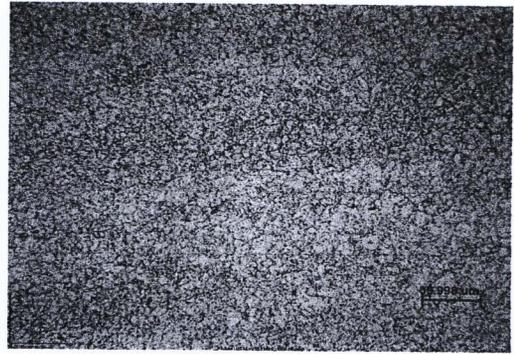


B/750/6/633/2000

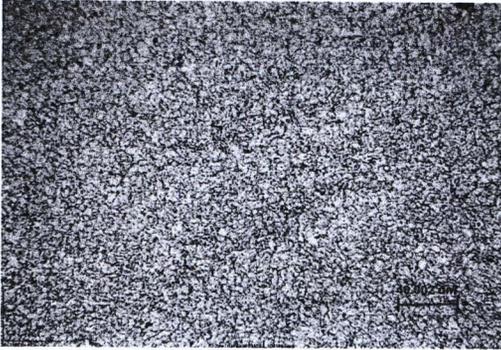
รูปที่ 23 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



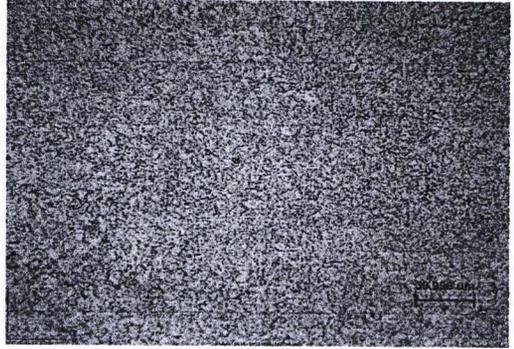
B/750/2/550/2000



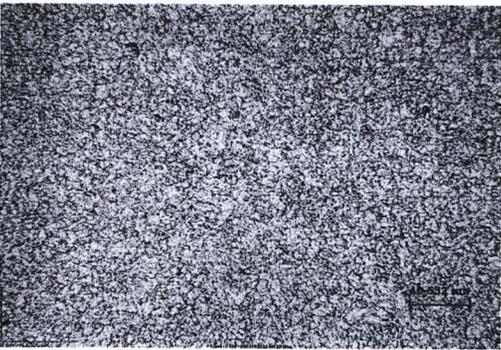
B/750/2/633/2000



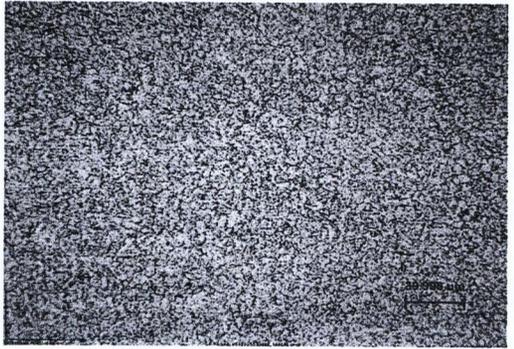
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000

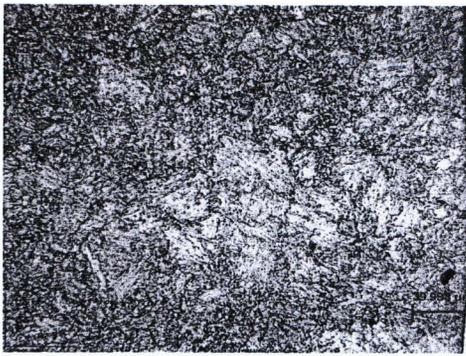


B/750/4/550/2000

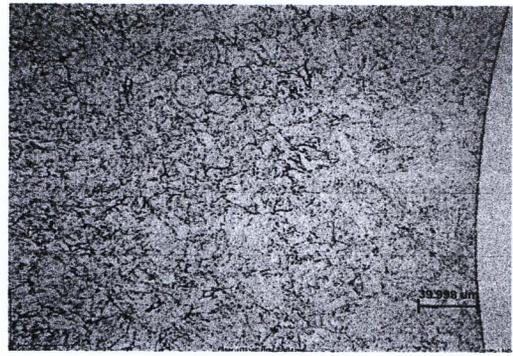


B/750/4/633/2000

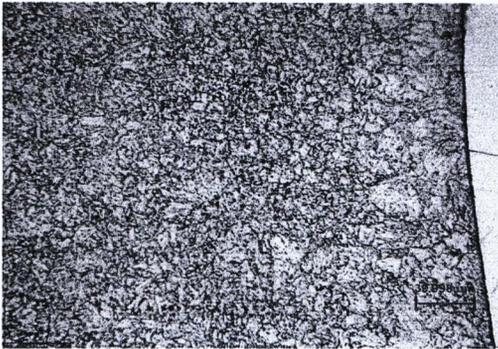
รูปที่ ง24 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่ อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



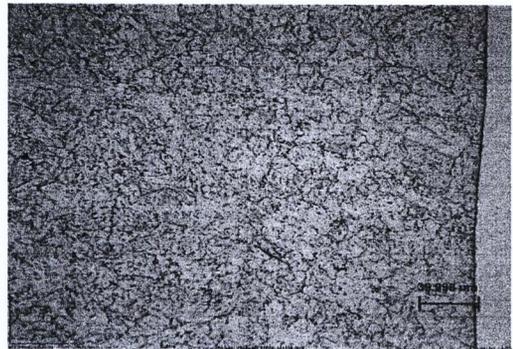
B/750/2/550/2000



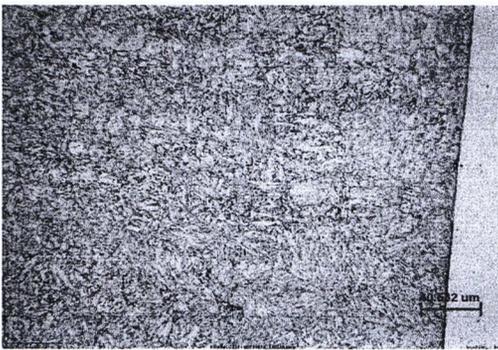
B/750/2/633/2000



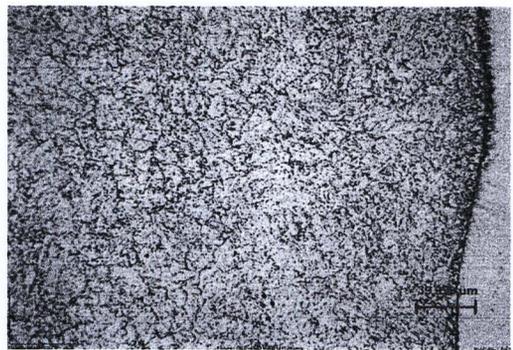
B/750/4/550/2000



B/750/4/633/2000

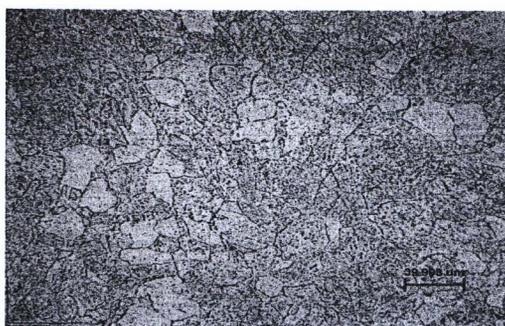


B/750/6/550/2000

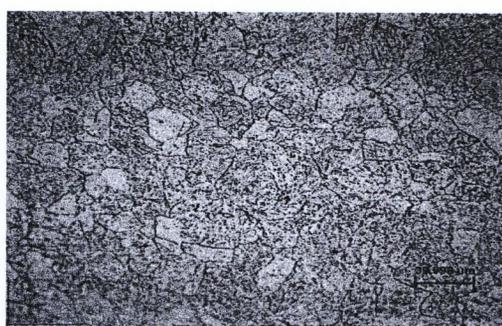


B/750/6/633/2000

รูปที่ ง25 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 550 และ 633°C เป็นเวลา 2000 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500

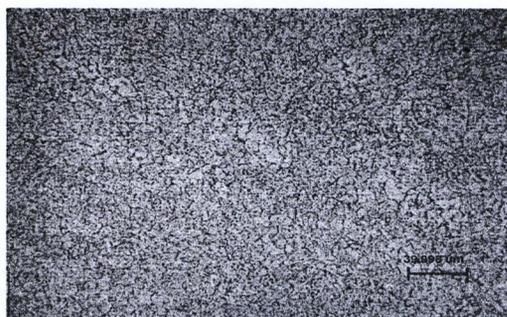


B/750/4/633/2500

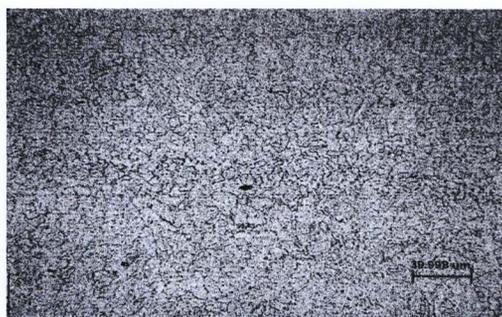


B/750/6/633/2500

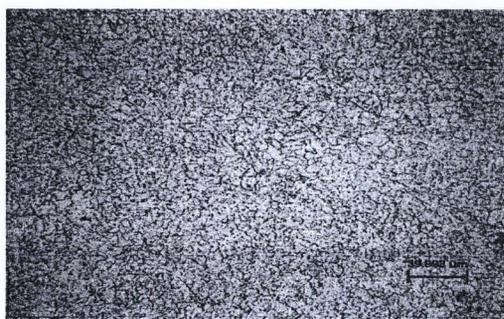
รูปที่ 26 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500

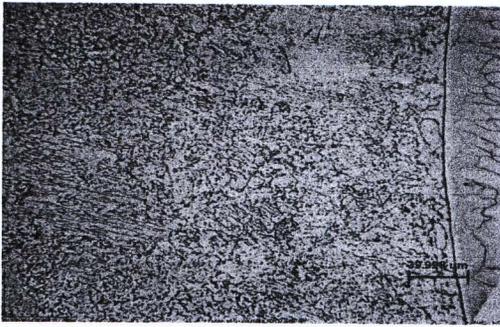


B/750/4/633/2500

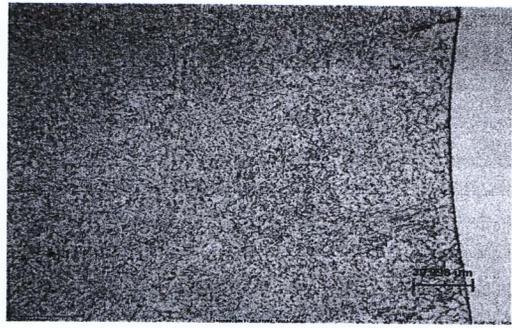


B/750/6/633/2500

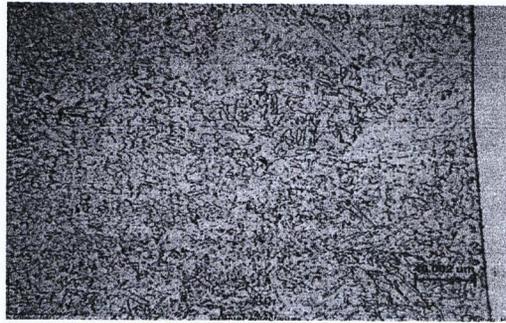
รูปที่ 27 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระแทบร้อนเหล็กกล้า P22 แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500

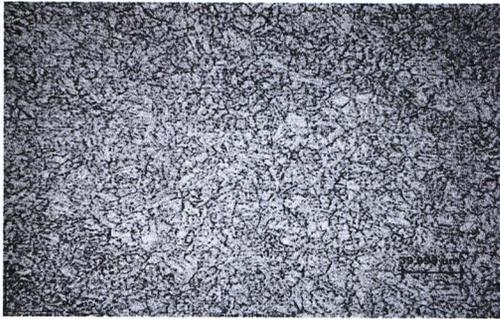


B/750/4/633/2500

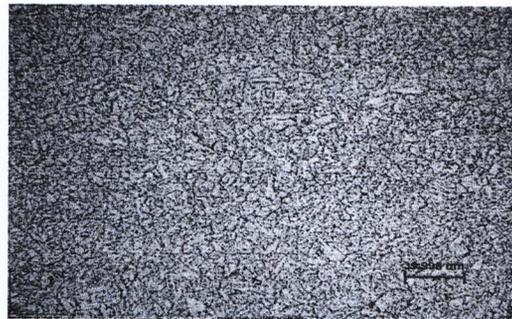


B/750/6/633/2500

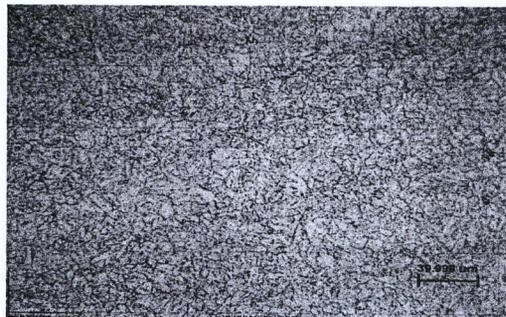
รูปที่ 28 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P22 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500

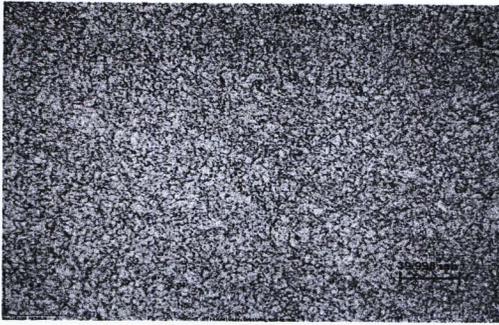


B/750/4/633/2500

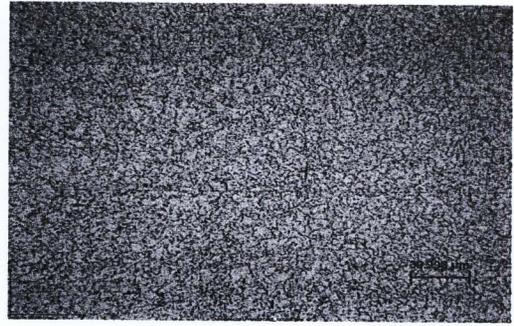


B/750/6/633/2500

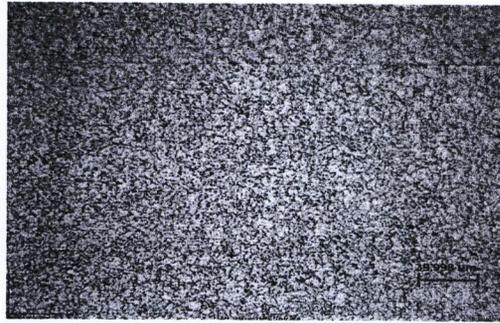
รูปที่ 29 โครงสร้างจุลภาคบริเวณโลหะพื้นเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500

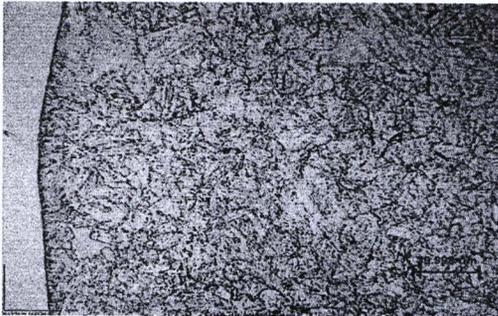


B/750/4/633/2500

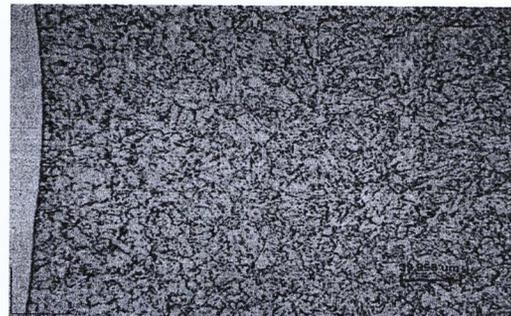


B/750/6/633/2500

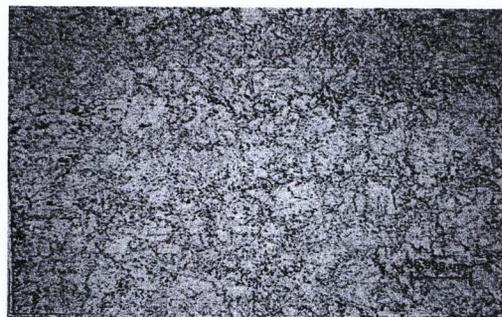
รูปที่ 30 โครงสร้างจุลภาคบริเวณกระทันเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง



B/750/2/633/2500



B/750/4/633/2500



B/750/6/633/2500

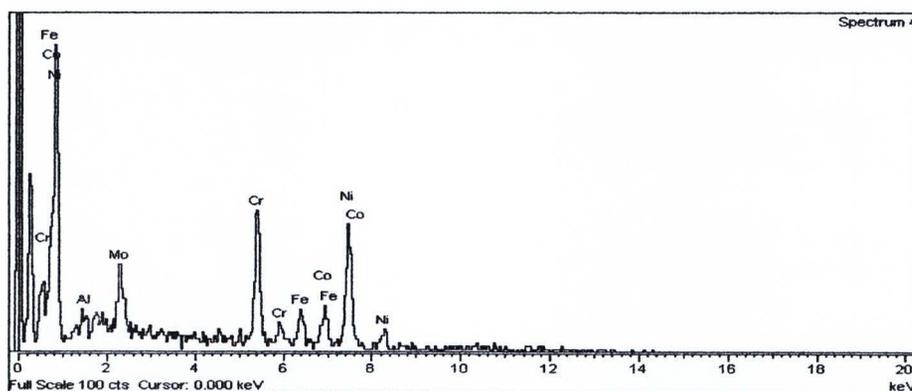
รูปที่ 31 โครงสร้างจุลภาคบริเวณรอยต่อเหล็กกล้า P91 ของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 2500 ชั่วโมง

ภาคผนวก ๑

ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อพื้นและคาร์ไบด์ด้วยเทคนิคเอ็ดเอซของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง

ตารางที่ ๑1 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อพื้นและคาร์ไบด์ด้วยเทคนิคอีดีเอสของเนื้อเชื่อมอินโคเนล 617 หลังผ่านกรรมวิธีทางความร้อนหลังการเชื่อมที่อุณหภูมิ 750°C เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และผ่านกรรมวิธีทางความร้อนที่อุณหภูมิ 633°C เป็นเวลา 1000 ชั่วโมง

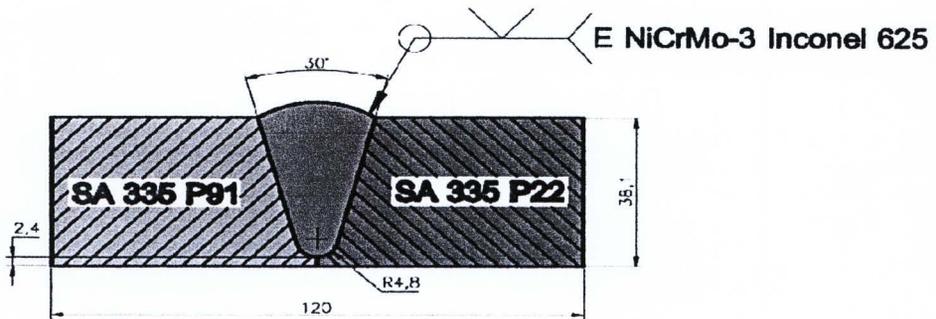
| Spectrum ที่ | ปริมาณธาตุ(โดยน้ำหนัก) | | | | | | | |
|-----------------|------------------------|-------|-------|----|-------|-------|------|------|
| | Ni | Cr | Ti | Nb | Co | Mo | Fe | Al |
| 1 | Bal | 25.49 | 22.25 | - | 5.46 | 30.18 | 2.50 | - |
| 2 | Bal | 41.92 | - | - | 5.68 | 34.30 | 3.40 | - |
| 3 | Bal | 20.75 | - | - | 12.44 | 10.95 | 6.75 | 0.62 |
| 4 | Bal | 22.35 | - | - | 10.74 | 5.92 | 8.55 | 0.61 |



รูปที่ ๑1 ผลการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณ Spectrum ที่ 4 บริเวณเนื้อพื้นด้วยเทคนิคอีดีเอสโดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด

ภาคผนวก จ

**การออกแบบงานเชื่อมของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 (2.25%โครเมียม)
และ เหล็กกล้า P91 (9%โครเมียม)**



Unit:mm

Base Metals

| | | | |
|-----------------------------------|------------|----------|------------|
| Specification Type and Grade : | SA-335 P91 | P-No. 5B | Group No 2 |
| To Specification Type and Grade : | SA-335 P22 | P-No. 5A | Group No 1 |

Thickness

Base Metals: Groove 1.5"

Filler Metals

| Consumable | Spec.No. | AWS Class | Size | F-No. | A-No. |
|--------------------------|-----------|----------------------------------|--------------------|-------------|-------|
| | (SFA) | | | | |
| Filler rod | 5.14 | ERNiCrMo-3 | 2.4 mm | 43 | |
| Gas | | Composition | | Flow Rate | |
| Shielding | | Ar 99.99% | | 16-20 l/min | |
| Trailing | | | | | |
| Backing | | | | | |
| Post weld heat treatment | | | PREHEAT | | |
| Temperature | 750 °C | Preheat Temp | 250-350 °C | | |
| Time | 2,4,6 hr | Interpass Temp | 250-350 °C | | |
| Amps (Range) | | | Travel speed Range | | |
| GTAW | 130-160 A | GTAW | 3-5 c/min | | |
| Voltage | | Tungsten Electrode Size and Type | | | |
| Current | AC | EWTh-2 | | | |

Note

รูปที่ ๑1 การออกแบบงานเชื่อมของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 625 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และเหล็กกล้า P91

| | | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|--------------------|---|--------------|--------------|
| | | | | | |
| Unit:mm | | | | | |
| Base Metals | | | | | |
| Specification Type and Grade : | | SA-335 P91 | P-No. 5B | Group No 2 | |
| To Specification Type and Grade : | | SA-335 P22 | P-No. 5A | Group No 1 | |
| Thickness | | | | | |
| Base Metals: Groove 1.5" | | | | | |
| Filler Metals | | | | | |
| Consumable | Spec.No. (SFA) | AWS Class | Size | F-No. | A-No. |
| Filler rod | 5.14 | ERNiCrCoMo-1 | 2.4 mm | 43 | |
| Gas | | Composition | Flow Rate | | |
| Shielding | | Ar 99.99% | 16-20 l/min | | |
| Trailing | | | | | |
| Backing | | | | | |
| Post weld heat treatment | | | PREHEAT | | |
| Temperature 750°C | | | Preheat Temp 250-350 °C | | |
| Time 2,4,6 hr | | | Interpass Temp 250-350 °C | | |
| Amps (Range) | | | Travel speed Range | | |
| GTAW 130-160 A | | | GTAW 3-5 c/min | | |
| Voltage | | | Tungsten Electrode Size and Type | | |
| Current AC | | | EWTh-2 | | |
| Note | | | | | |

รูปที่ ๑2 การออกแบบงานเชื่อมของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยอินโคเนล 617 ของแนวเชื่อมเหล็กกล้า P22 และ เหล็กกล้า P91

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

| | |
|------------------|---|
| ชื่อ-นามสกุล | นายณัฐพล ธรรมโสภณ |
| วัน-เดือน-ปีเกิด | วันที่ 25 พฤศจิกายน พ.ศ.2525 |
| ที่อยู่ | 96/12 หมู่ 6 ตำบลบางพลับ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง 14120 |
| สถานที่เกิด | อ่างทอง |
| วุฒิการศึกษา | สำเร็จหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียน อ่างทองปัทมโรจนวิทยาคม พ.ศ. 2543 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาบัณฑิตจากสาขาวิชาวิศวกรรม โลหการ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี พ.ศ. 2548 จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโทบัณฑิต ภาควิชา วิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาการศึกษาที่ 1/2550 |



