

## บทที่ 8

### ปฏิบัติการเป่าแก้วเบื้องต้น

สิ่งต่าง ๆ ที่กล่าวมาในบทก่อน ๆ ล้วนเป็นทฤษฎี ความรู้พื้นฐานโดยสังเขปเกี่ยวกับประวัติความเป็นมา, สมบัติและการผลิตแก้วชนิดต่าง ๆ , ห้องเป่าแก้ว การจัดซื้อ และเก็บรักษาแก้ว, ความรู้ทั่วไปสำหรับการเป่าแก้ว ตลอดจนอุปกรณ์ เครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ที่ต้องใช้หรือต้องเกี่ยวข้องกับงานเป่าแก้ว วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้เป็นประจํา นั้น ช่างเป่าแก้วควรได้ฝึกฝนตนเองให้มีทักษะการใช้อย่างถูกวิธีและมีประสิทธิภาพและหากเป็นไปได้สามารถซ่อมแซมตัวเองในกรณีที่มีการชำรุดเสียหาย

การเป่าแก้วนั้นนอกจากจะต้องมีความรู้ต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้วยังต้องมีเทคนิคที่ถูกต้องในการทำงานด้วย เทคนิคพื้นฐานที่จำเป็นได้แก่ การควบคุมเปลวไฟ การหมุนแก้วในระหว่างการทำงาน การเป่าลมเข้าไปในท่อแก้ว การเผาแก้ว การยึดแก้ว การขุ่นแก้ว และอื่น ๆ เทคนิคต่าง ๆ เหล่านี้นอกจากจะเรียนรู้ในหลักการแล้ว การอธิบายและการสาธิตโดยการปฏิบัติจริงควบคู่กันไปจะทำให้เกิดทักษะและความแตกฉานได้เร็วขึ้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสร้างอุปกรณ์แก้วอย่างง่าย ๆ จากแท่งแก้วตันและแท่งแก้วกลวง เมื่อฝึกฝนจนเกิดความชำนาญแล้ว ย่อมจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างอุปกรณ์เครื่องแก้วที่มีความซับซ้อนยิ่ง ๆ ขึ้นไป นอกจากการสร้างเครื่องแก้วแล้วงานซ่อมเครื่องแก้วที่ชำรุดเสียหายหรืองานดัดแปลงเครื่องแก้วเป็นสิ่งที่ช่างเป่าแก้วไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ งานซ่อมแซมเครื่องแก้วนี้อาจมีทั้งที่เป็นงานอย่างง่าย เช่นแท่งแก้วคนหักหรือบิ่นตรงปลายส่วนปลายของอุปกรณ์หรือเครื่องแก้วแตกหักเสียหาย เป็นต้น ไปจนถึงงานที่ยุ่งยากซับซ้อน เช่น ท่อในของเครื่องแก้วสองชั้นเกิดการแตกหัก เป็นต้น ซึ่งมีความยุ่งยากมากกว่าการสร้างเครื่องแก้วชิ้นนั้นใหม่เสียอีก โดยทั่วไปแล้วความรู้ที่ช่างเป่าแก้วมีอยู่ และประสบการณ์ในด้านการเป่าแก้วจะช่วยให้ช่างเป่าแก้ว ตัดสินใจได้ว่าควรจะเริ่มงานซ่อมตรงจุดใดและสิ้นสุดที่จุดใด

อย่างไรก็ตามหลักการกว้าง ๆ ของงานซ่อมจะเหมือนกับงานสร้าง กล่าวคือ ต้องทำความเข้าใจตามหลักการที่จะซ่อมเสียก่อน ในบางกรณีต้องทำการตรวจสอบความเค้น (Stress) ของแก้วตรงบริเวณที่เกิดการชำรุดนั้น โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า โพลาริสโคป (Polariscope) ซึ่งอาศัยหลักการกระจายแสงที่ผิดปกติของแก้วบริเวณที่มีความเค้นนั้น ถ้าตรวจพบว่ามีความเค้นมากต้องกำจัดออกก่อนโดยการแอนนิลโดยใช้เตาอบ จากนั้นจึงจะสามารถเริ่มดำเนินการซ่อมแซมส่วนที่ชำรุดนั้นได้ และเมื่อซ่อมแซมแล้วอาจต้องทำการแอนนิลซ้ำโดยใช้เตาอบเพื่อลดความเค้นที่เกิดขึ้นในระหว่างการซ่อมเครื่องแก้วนั้น

## 8.1 การยืดแก้ว

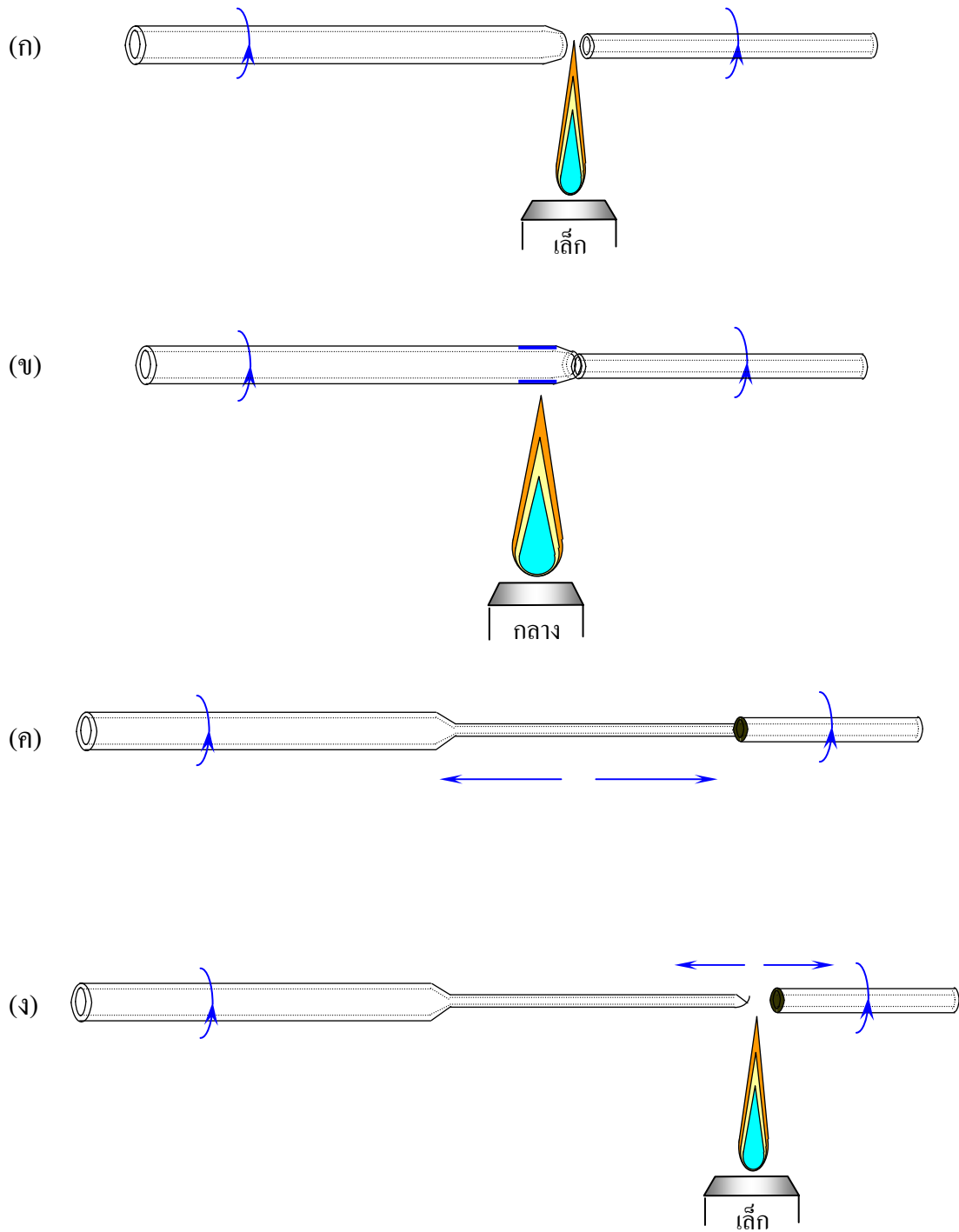
การต่อแก้วและสร้างเครื่องแก้วมักจะมีขั้นตอนที่ต้องทำการยืดแก้วก่อนเสมอ การยืดแก้วในที่นี้หมายความว่าทำให้ส่วนปลายของแท่งแก้วกลางที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่กำหนด ยืดยาวออกไปในลักษณะที่ค่อย ๆ เรียวเล็กลงจนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตามที่ต้องการ ทั้งนี้โดยให้ส่วนที่ยืดออกมามีแนวแกนของแท่งแก้วทับกันกับแนวแกนของแท่งแก้วเดิม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งแก้วที่ยืดออกมาต้องตรงไม่โค้งงอเมื่อเทียบกับแท่งแก้วเดิมที่เหลืออยู่ ทำให้เกิดความคล่องตัวในการทำงาน การยืดแก้ว เพื่อวัตถุประสงค์ใดก็ตามจะต้องไม่ให้มีการโค้งงอเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะอาจมีผลกระทบต่อขั้นตอนถัดไปในการทำงานได้ การยืดแก้วมีหลักการดังต่อไปนี้

- 1) ปรับเปลวไฟให้มีขนาดพอเหมาะที่จะใช้กับแท่งแก้วกลางที่จะยืดปลาย
- 2) ถือหลอดแก้วที่ต้องการจะยืดด้วยมือซ้าย (รูป 8.1 ก) นำปลายแก้วด้านหนึ่งเข้าไป หมุนแก้วรอบแนวแกนโดยใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วชี้ช่วย ส่วนมือขวาจับแท่งแก้วด้าน (รูปที่ 8.1 ข) นำปลายเข้าไปเช่นกัน แท่งแก้วกลางจะต้องเผาจนส่วนปลายหลอมเป็นของไหล และจะทำให้เนื้อแก้วไหลไปรวมกันทำให้รูเปิดแคบลง ส่วนแท่งแก้วด้านจะเผาเพียงแค่นี้ให้แก้วเริ่มหลอมเท่านั้น นำปลายแท่งแก้วด้านไปแตะเข้ากับผนังที่หลอดด้านหนึ่งของแท่งแก้วกลาง แล้วนำไปแตะผนังฝั่งตรงข้าม หมุนแก้วพร้อมกับจัดให้แก้วติดกับแท่งแก้วกลางสนิท
- 3) นำแก้วออกจากเปลวไฟ หมุนแก้วไปรอบ ๆ แนวแกน ในขณะที่เดียวกันจัดแท่งแก้วด้านในลักษณะที่แนวแกนแก้วกลางและแก้วด้านทับกันสนิท กล่าวคือให้แก้วทั้งสองท่อนตรงกัน

4) เมื่อแก้วบริเวณรอยต่อเริ่มแข็งตัว นำแก้วกลางบริเวณที่ต้องการจะยึดเข้าไฟ (ปกติจะห่างจากรอยต่อประมาณ 1-2 ซม.) หมุนแก้วรอบแนวแกนจนกระทั่งแก้วส่วนที่ถูกไฟนั้นหลอม แก้วที่หลอมจะเริ่มไหลรวมกันทำให้ผนังหนาขึ้นเล็กน้อย

5) นำแก้วออกจากไฟแล้วค่อย ๆ ดึงออกจากกันอย่างช้า ๆ ในขณะที่หมุนแก้วไปรอบแนวแกนอย่างสม่ำเสมอ (รูป 8.1 ค) ให้คอยสังเกตว่าแก้วที่ยึดออกตรงดีหรือไม่ หากไม่ตรงกันพยายามหมุนแก้วเพื่อให้แนวแกนของแก้วที่ยึดออกตรงกับแนวแกนของแท่งแก้วกลาง ทั้งนี้ต้องพยายามทำให้เสร็จสิ้นก่อนแก้วแข็งตัว และเมื่อแนวแกนตรงกันพอดี หมุนแก้วไปเรื่อย ๆ จนกว่าแก้วจะแข็งตัว

6) ทำการตัดส่วนที่ไม่ต้องการของแก้วที่ยึดได้ โดยใช้มีดตัดแก้วหรือใช้เปลวไฟลนให้ออกจากกัน (รูป 8.1 ง)



รูป 8.1 แสดงขั้นตอนการยึดแก้ว

## 8.2 การทำหลอดหยด

หลอดหยดสาร (Dropper) มีลักษณะเป็นท่อแก้วปลายเรียวเล็กกลวง หลอดหยดมีรูปร่างแตกต่างกันไป เช่น บางแบบจะใช้ลูกยางสวมปลายบนของท่อแก้วเหมือนกับหลอดหยดยาหยอดตา บางแบบอาจทำให้มีกระเปาะกลมตรงกลางท่อแก้ว ซึ่งเมื่อจุ่มลงในขวดบรรจุสารละลายชนิดคอลลอยด์ก็จะพอดีปิดปากขวดและช่วยให้สารละลายภายในขวดถูกป็นเป็นได้น้อยลง หลอดหยดจะมีรูปร่างอย่างไรก็ตาม การทำปลายที่เรียวเล็กนั้นจะมีขั้นตอนเหมือนกัน

สมมุติว่าต้องการทำหลอดหยดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อแก้วเป็น 8 มม. ยาวประมาณ 10 ซม. จำนวน 2 อัน ขั้นตอนการทำมีดังนี้

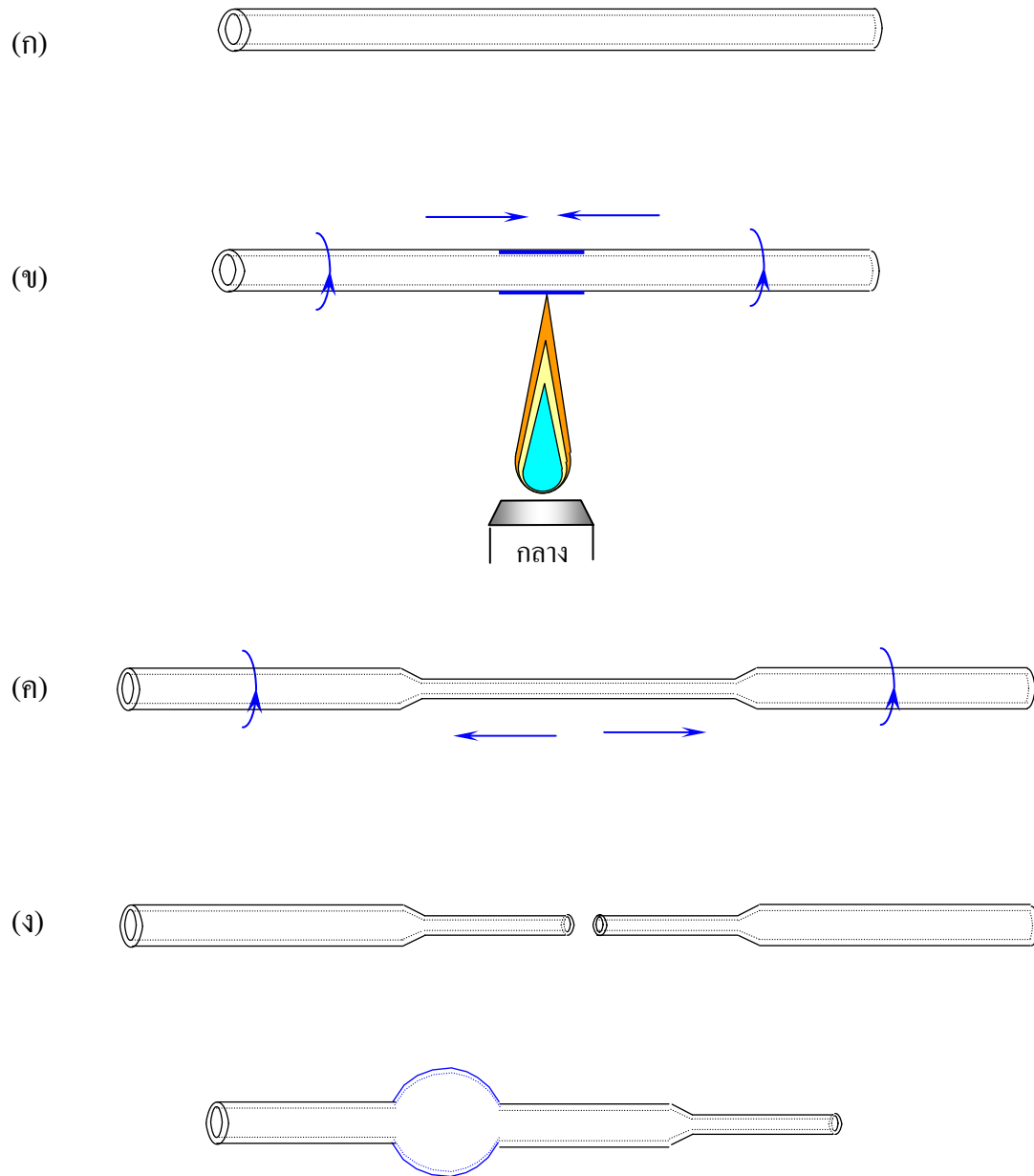
1) นำหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 มม. ยาว 20 ซม. มา 1 แท่ง (รูป 8.3 ก) ทำเครื่องหมายที่กึ่งกลางแท่งแก้ว โดยใช้ดินสอเขียนแก้ว

2) นำแก้วเข้าไฟ พร้อมกับหมุนแก้วให้เปลวไฟอยู่ตรงที่ทำเครื่องหมายไว้ จนแก้วเริ่มอ่อนตัว (รูป 8.2 ข) แก้วที่ถูกเปลวไฟจะหดตัวลง แก้วบริเวณนี้จะหนากว่าแก้วที่ไม่ถูกเปลวไฟ อาจดันแก้วให้ยื่นเข้ามาหากันได้เล็กน้อย

3) เมื่อแก้วหนาพอสมควรนำแก้วออกจากไฟ หมุนเฉียงไปรอบ ๆ แนวแกนและค่อย ๆ ดึงออกจากกัน (รูป 8.2 ค) แก้วที่อ่อนตัวจะยืดยาวออกและคอดเล็กลงจนกระทั่งมีขนาดตามต้องการ จากนั้นหมุนเฉียงจนกว่าแก้วที่ยืดออกจากกันแข็งตัวและตรง

4) เมื่อแก้วที่ยืดออกจากกันเย็นตัวลง นำมาตัดด้วยมีดตัดแก้วโดยกรีดตรงกลางของแก้วที่ยืดออกจากกัน ( $1/3$  ของเส้นรอบวง) แล้วค่อยหักแก้วด้วยมือเบา ๆ แก้วก็จะหักออกจากกัน นำแก้วมาลบคมทั้งหัวและท้ายด้วยเปลวไฟ ก็จะได้หลอดหยดตามต้องการ การทำหลอดหยดแต่ละครั้งจะได้หลอดหยด 2 อัน (รูป 8.2 ง)

**หมายเหตุ** ในขณะที่แก้วถูกไฟควรพยายามทำให้แก้วหดตัวและหนาพอ การที่ให้ส่วนที่จะยืดหนานั้น เนื่องจากเมื่อนำแก้วหนาออกมายืดทำปลายของหลอดหยด ตรงปลายที่ยืดออกจะหนาและทนทาน หากไม่ทำให้แก้วหนา เมื่อนำออกมายืดแก้วส่วนที่ยืดจะบางทำให้แตกหักได้ง่ายในระหว่างการใช้งาน



รูป 8.2 แสดงขั้นตอนการทำหลอดหยด

### 8.3 การทำหลอดทดลอง

การทำหลอดทดลอง (Test tube) ต้องเริ่มจากการเลือกหลอดแก้วลงที่มีขนาดและความยาวตามต้องการ นำแก้วมาตัดเป็นท่อน ๆ แต่ละท่อนให้มีความยาวเป็น 2 เท่าของความยาวหลอดทดลองที่จะทำ และทำการลบคมแก้วทั้งสองปลายด้วยเปลวไฟ จากนั้นใช้ดินสอเขียนแก้วทำเครื่องหมายตรงกลางแท่ง การทำหลอดทดลองแต่ละครั้งจะได้หลอดทดลอง 2 หลอด วิธีการทำหลอดทดลองมีดังต่อไปนี้

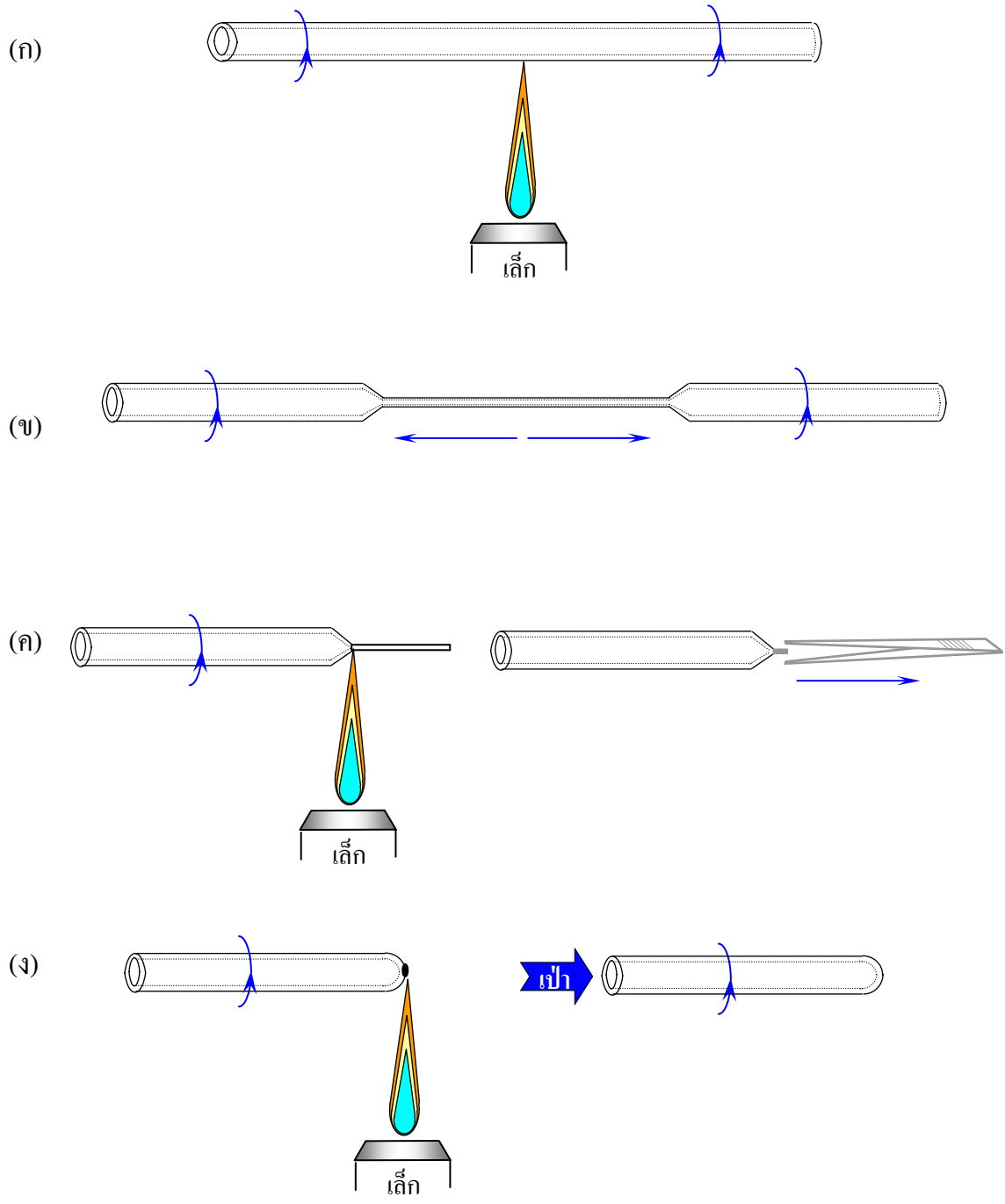
1) เป็นการยึดแก้วที่ตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้เมื่อจุดตะเกียงและปรับเปลวไฟให้มีความเหมาะสมเท่ากับเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้ว นำแก้วบริเวณที่ทำเครื่องหมายเข้าไฟ มือทั้งสองจับแก้วทั้งสองข้างของเครื่องหมาย (รูป 8.3 ก) หมุนแก้วรอบแนวแกนจนแก้วเริ่มอ่อนตัวและหดตัวลง

2) นำแก้วออกจากไฟ มายึดออกจากกัน (รูป 8.3 ข) เมื่อยึดตรงดีแล้วนำแก้วที่ยึดออกจากกันนี้มาตัดด้วยไฟตรงกลางของรอยยึด (รูป 8.3 ค) ซึ่งแก้วจะถูกแบ่งออกเป็นสองท่อน แต่ละท่อนจะมีส่วนที่เรียวเล็กลง

3) ตัดแก้วส่วนที่เรียวเล็กออก โดยนำไปลงไฟโดยลงตรงส่วนโคนที่ยึด เมื่อแก้วอ่อนตัวดีแล้วสามารถดึงเอาแก้วส่วนที่เรียวเล็กออกทิ้งไปได้ จะได้หลอดแก้วดังรูป 8.3 ค ซึ่งมีปลายหลอดที่ยังไม่ได้รูปที่ดี

4) นำแก้วเข้าไฟอีก และเผาส่วนปลายที่ยังไม่ได้รูปที่ดีนั้นให้อ่อนตัวพร้อมกับหมุนหลอดแก้วตลอดเวลาให้สม่ำเสมอ (รูป 8.3 ง)

5) นำแก้วออกจากไฟ มาเป่าเพื่อให้ส่วนที่อ่อนตัวขยายตัวออกมาทำเช่นนี้หลาย ๆ (รูป 8.3 ง) ครั้งจนกว่าก้นของหลอดแก้วจะกลมและหนาดี ขณะที่แก้วอ่อนจนหลอมตัวเมื่อนำมาเป่าให้หมุนแก้วไปด้วย หากเป่าแก้วโดยไม่ทำการหมุนแก้ว จะทำให้แก้วที่หมุนตัวจะย้อยลงด้านล่าง ทำให้แก้วไม่ตรงและความหนาบางไม่เท่ากัน ซึ่งต้องระวังในเรื่องนี้ให้มาก ก้นหลอดทดลองนี้ถ้ามีผนังบางกว่าผนังด้านข้างจะไม่ทนทานต่อการกด การกระแทก แต่หากมีผนังหนากว่าผนังด้านข้างของหลอดทดลองจะทนทานต่อการกระแทก แต่จะไม่ทนทานต่อความร้อน ดังนั้น จึงควรพยายามให้ผนังด้านข้างและที่ก้นหลอดหนาเท่ากันโดยตลอด



รูป 8.3 แสดงขั้นตอนการทำหลอดทดลอง



## 8.4 การทำแท่งแก้วคนสาร

การทำแท่งแก้วคนสาร (Stirrer) จะต้องใช้ แท่งแก้วตัน ซึ่งมีขนาดและความยาวตามต้องการและ คีม (Tweezer) สำหรับบีบให้แก้วแบน ซึ่งเป็นคีมโลหะมีลักษณะแบนเรียบตลอด ด้านนอกของคีมทั้งด้านล่างและด้านบนจะมีฉนวนกันความร้อนจากแก้วซึ่งนำมาบีบในขณะร้อน ฉนวนความร้อนทำจากไม้หรือแผ่นเซลโลกรีต หรืออื่น ๆ โดยเจาะรูไม้และคีมแล้วยึดติดกันด้วยสกรูให้แน่นทั้งด้านบนและด้านล่าง

ขั้นตอนก็คือ การเตรียมแก้ว ในการทำแท่งคนหากทำเป็นจำนวนน้อยก็ใช้มีดตัดแก้วตัดแท่งแก้วที่เตรียมออกตามความยาวที่ต้องการแล้วหักเป็นแท่ง ๆ แต่ถ้าทำเป็นจำนวนมาก ๆ ให้นำแท่งแก้วตันที่เตรียมไว้หลาย ๆ อันรัดด้วยยางยึดที่หัวและท้ายของแก้วให้แน่น คว้าแก้วที่นำมามัดเข้าด้วยกันด้านหัวและด้านท้ายตรงกันเรียบร้อยดี จากนั้นวัดความยาวตามที่ต้องการจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งเป็นระยะเท่า ๆ กัน นำแก้วที่วัดแล้วทั้งหมดมาเข้าเครื่องตัดแก้ว (ใช้วิธีนี้เมื่อมีเครื่องหมายตัดแก้วเท่านั้น) แก้วจะถูกตัดออกมารั้งละมาก ๆ ซึ่งเป็นวิธีที่ประหยัดเวลาได้มากกว่าการตัดทีละท่อน ๆ และการตัดแก้วด้วยวิธีนี้นิยมใช้กับแท่งแก้วตัน เพราะแก้วตันมีความหนา และแข็งกว่าแก้วกลวงมาก เวลาตัดแก้วจึงไม่แตก เมื่อตัดแก้วได้ตามต้องการแล้วจึงดำเนินการขั้นตอนไปดังนี้

1) ปรับเปลวไฟให้มีขนาดปานกลาง-ใหญ่ อุณหภูมิปานกลาง ถือแก้วด้วยมือซ้าย แล้วนำปลายด้านใดด้านหนึ่งของแท่งแก้วตันที่เตรียมไว้ (รูป 8.4 ก) เข้าไปพองเคียวกันก็หมุนแก้วไปรอบ ๆ แกน เมื่อแก้วถูกไฟจะเริ่มหลอมตัวและละลาย บริเวณที่ลมไฟจะย่นเข้ามาเป็นปม ให้ส่วนที่เป็นปมลนไฟอยู่และให้แท่งแก้วส่วนที่ถัดจากปมเล็กน้อยถูกเปลวไฟด้วย (รูป 8.4 ข)

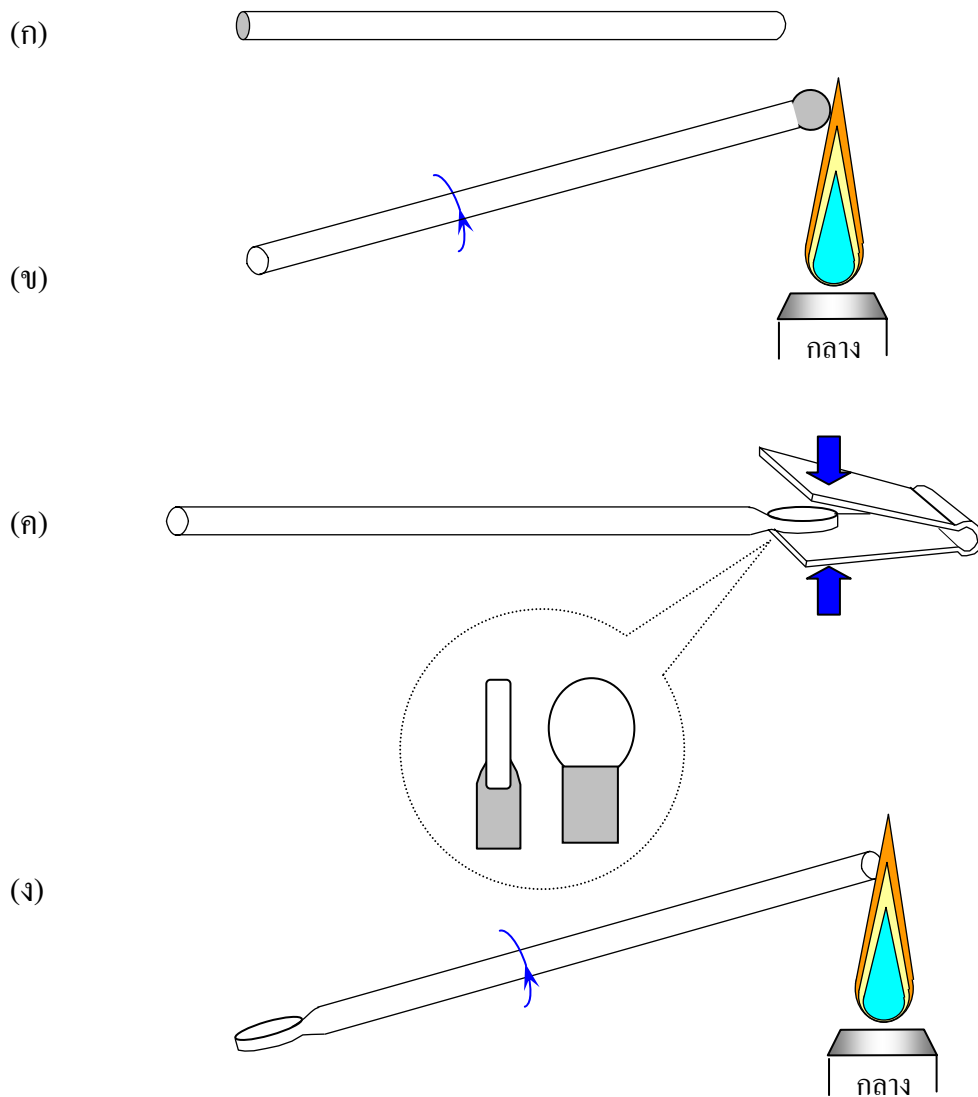
2) เมื่อปมแก้วหลอมจนโตพอที่จะนำออกมาบีบ (รูป 8.4 ค) ซึ่งแก้วจะแบนมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับที่ย่นแก้วให้เป็นปมใหญ่หรือเล็ก ปมแก้วที่อ่อนตัวเมื่อถูกบีบจะแบนตามแรงบีบ ในขณะที่ทำการบีบปมแก้วควรดูให้แก้วที่ถูกบีบตรงไม่คดไปด้านใดด้านหนึ่ง ในทางปฏิบัติควรพลิกแท่งแก้วกลับไปกลับมาในขณะที่ทำการบีบแก้ว เพราะจะทำให้ส่วนที่บีบตรงและแบนได้รูปสวยงามกว่าการบีบแบบไม่กลับแท่งแก้ว โดยการบีบควรกระทำในแนวระดับสายตา การบีบแก้วไม่ควรบีบแรงหรือค่อยจนเกินไป เพราะการบีบแรงจนเกินไปจะทำให้แก้วที่ถูกบีบ

แบนมากและจะบางเกินไป หากบีบค้อยเกินไป แก้วจะแบนไม่เต็มที่ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน ดังนั้นควรบีบแรงพอสมควรจะทำให้แก้วแบนและหนาพอดี มองดูสวยงามและคงทน

3) หากส่วนที่เป็นแท่งแก้วไม่ตรงให้นำไปเข้าไฟใหม่ เมื่อแก้วเริ่มอ่อนตัวนำออกมาตัดให้ตรง

4) เมื่อตรงดีแล้วให้ทำการแอนนิลโดยใช้เปลวไฟ จนได้ที่แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

5) ปลายแท่งแก้วอีกด้านหนึ่งลงไฟหมุนไปมาจนแก้วหายคมและกลมดี การที่ปลายแก้วด้านนี้ให้กลมเพื่อใช้ในการบดสาร (รูป 8.4 ง)



รูป 8.4 แสดงขั้นตอนการทำแท่งแก้วคนสาร

## 8.5 การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน

การนำหลอดแก้วมาต่อกัน นอกจากจะเป็นการซ่อมเครื่องแก้วที่แตกหรือหัก ให้สามารถนำมาใช้งานได้ดังเดิมแล้ว ยังเป็นการประหยัดแก้วได้โดยนำหลอดแก้วมาต่อกันเป็นหลอดแก้วที่ยาวขึ้น สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป ทำให้สิ้นเปลืองแก้วและเวลาน้อยลง

การปรับเปลวไฟเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการต่อแก้ว เปลวไฟที่ใช้ต้องปรับให้พอดีกับแก้วที่จะนำมาต่อ เช่น การต่อแก้วขนาดเล็กต้องปรับเปลวไฟให้เล็ก การต่อแก้วขนาดใหญ่ต้องปรับเปลวไฟให้ใหญ่ด้วย การปรับเปลวไฟให้อุณหภูมิพอเหมาะ จะทำให้การต่อแก้วกระทำได้รวดเร็วและสวยงาม ขั้นตอนในการต่อแก้วมีดังนี้

1) นำหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันมา 2 ท่อน อุบลายด้านหนึ่งของแก้วด้านใดด้านหนึ่งด้วยจุกคอร์คแล้วถือไว้ด้วยมือซ้าย ส่วนหลอดแก้วอีกแท่งที่เหลือถือไว้ในมือขวาด้วยลักษณะการถือแบบปกติ (รูป 8.5 ก)

2) นำปลายหลอดแก้วทั้งคู่เข้าไฟพร้อม ๆ กัน (รูป 8.5 ก) หมุนแก้วรอบแนวแกนจนกระทั่งแก้วอ่อนตัว เลื่อนแก้วทั้งคู่ให้ส่วนปลายแตะกันพอดี พื้นที่หน้าตัดของแก้วจะติดกัน จากนั้นออกแรงดึงเล็กน้อยพร้อมกับหมุนแก้วไปเรื่อย ๆ (รูป 8.5 ข) แก้วบริเวณที่ติดกันจะคอดลง (รูป 8.5 ค)

3) นำแก้วออกจากไฟแล้วเป่าลมเข้าไปทางหลอดแก้วที่ปิด (แก้วที่ถือในมือขวา) ให้แก้วที่คอดลงขยายตัวออกเท่า ๆ กับแนวหลอดแก้วเดิม หรือโตกว่าเล็กน้อย พร้อมกับหมุนแก้วไปรอบ ๆ แนวแกนและจัดให้แก้วตรงไม่คดงอหรือบิดเบี้ยว (รูป 8.5 ง) แก้วจะเย็นลงและเกิดการแข็งตัว

4) นำแก้วเข้าไฟอีก ลนตรงตำแหน่งเดิมพร้อมกับหมุนแก้วไปเรื่อย ๆ เมื่อแก้วหลอมอ่อนตัว ให้ออกแรงดันมือทั้งสองข้างเข้าหากันเบา ๆ (รูป 8.5 จ) แก้วจะย่นและไหลไปรวมกันทำให้ผนังหนากว่าเดิม

5) นำแก้วออกจากไฟ เป่าลมเข้าทางปลายเปิดให้ส่วนที่หลอมมีขนาดโตกว่าหลอดแก้วเดิมเล็กน้อย (รูป 8.5 ฉ) หมุนแก้วที่อ่อนตัวให้ตรงพร้อมทั้งดึงแก้วออกทั้งสองข้างจนแก้วที่นูนยื่นออกและเล็กเท่ากับหลอดเดิม หากจุดที่ต่อยังไม่เรียบหรือมีความหนาบางไม่เท่ากัน ให้ทำซ้ำในขั้นตอน ก-ฉ จนกว่าแก้วที่ต่อเป็นเนื้อเดียวกัน ตรง และมีขนาดเท่ากันตลอด

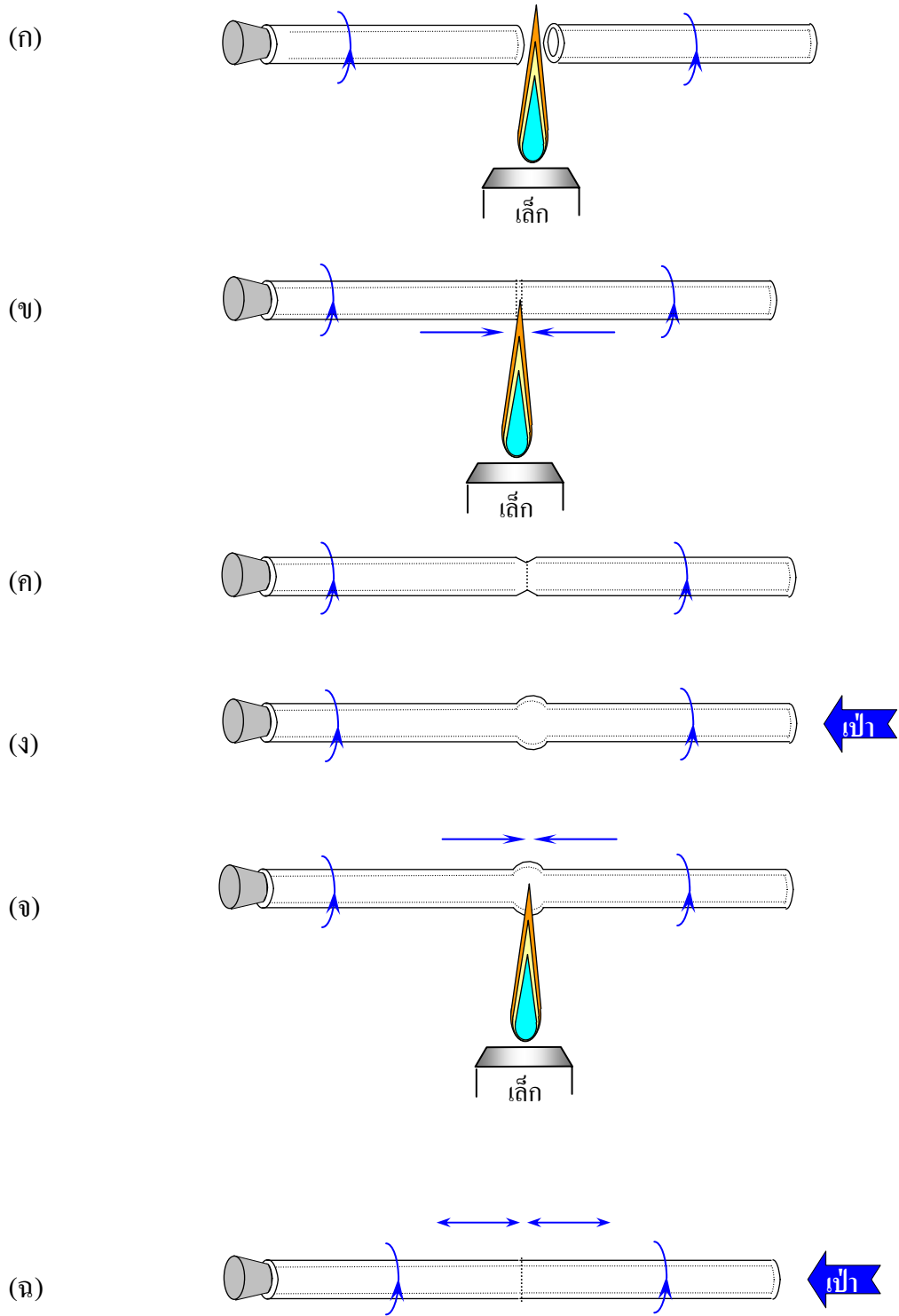
6) ทำการแอนนิลโดยใช้เปลวไฟ จนได้ที่แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

การนำแก้วออกจากไฟมาเป็นั้น เมื่อแก้วหลอมตัวเข้ากันดีแล้วจึงนำออกมาเป่าพร้อมกับหมุนแก้วไปรอบ ๆ ถ้าหากไม่หมุนแก้วไปด้วย แก้วที่อยู่ด้านล่างจะย้อยลง ทำให้บริเวณนี้โป่งออกมากกว่าส่วนอื่น ๆ หรืออีกวิธีหนึ่งของการเป่าแก้วให้มือซ้ายถือหลอดแก้วอยู่ด้านล่าง ส่วนมือขวาอยู่ด้านบนโดยให้หลอดแก้วที่เป่าตั้งฉากกับพื้น เพื่อว่าแก้วที่อ่อนตัวถูกลมเป่าดันภายในจะขยายตัวออกทุก ๆ ด้าน การเป่าไม่ควรเป่าแรงจนเกินไป ให้เป่าแรงพอควรโดยให้แก้วขยายตัวออกโตกว่าหลอดแก้วเล็กน้อยและนำแก้วมาดึงเบา ๆ จนแก้วที่โป่งออกเท่าหลอดแก้วเดิมและตรง

ในการเป่าแก้วแต่ละครั้งนั้น การฝึกหัดระยะแรก ๆ แก้วที่ต่ออาจจะไม่ตรง เนื้อแก้วหนาบางไม่เท่ากัน หรือมีการโป่งออก ทั้งนี้มีสาเหตุมาจาก

- 1) หมุนแก้วทั้งสองมือไม่พร้อมกัน
- 2) แก้วหลอมตัวไม่สม่ำเสมอ
- 2) หมุนแก้วช้าหรือเร็วเกินไป
- 4) ปรับเปลวไฟไม่ได้พอเหมาะ
- 5) การเป่าลมเข้าในหลอดแก้ว เป่าเบาหรือแรงเกินไป

ดังนั้นผู้หัดเป่าแก้วใหม่จึงต้องใช้ความพยายามอย่างมากและเมื่อทำไปนาน ๆ จะเกิดความชำนาญขึ้น ทำให้ใช้เวลาน้อยลง



รูป 8.5 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากัน

## 8.6 การต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน

การต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันเข้าด้วยกัน อาจแบ่งย่อยได้อีกสองชนิดคือ

- การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มาก
- การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันมาก

### 8.6.1 การต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มาก

1) นำหลอดแก้วต่างขนาดกันมาอย่างละหนึ่งท่อน ปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดแก้วที่มีขนาดโตแล้วถือไว้ด้วยมือซ้าย ถือหลอดแก้วที่มีขนาดเล็กกว่าไว้ด้วยมือขวา

2) ปรับเปลวไฟได้ตามที่ต้องการแล้ว นำหลอดแก้วที่มีขนาดโตเข้าไฟให้ปลายแก้วถูกไฟหมุนไปรอบ ๆ จนแก้วหดตัวลงจนมีขนาดเท่ากับท่อนเล็ก (รูป 8.6 ก) เอาออกจากไฟและปล่อยให้แข็งตัว

3) เมื่อแก้วใหญ่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับแก้วเล็กแล้ว นำแก้วทั้งสองเข้าไฟ เมื่อแก้วทั้งสองเริ่มอ่อนตัวนำแก้วทั้งสองมาแตะกัน (รูป 8.6 ข) จากนั้นยึดบริเวณที่แตะกันให้คอดลงเล็กน้อย (รูป 8.6 ค)

4) นำแก้วออกมาเป่า ให้ส่วนที่คอดมีขนาดโตเท่ากับแก้วเล็ก (รูป 8.6 ง) จากนั้นนำแก้วเข้าไฟอีก ให้เปลวไฟอยู่ก่อนมาทางด้านแก้วโตเล็กน้อย (รูป 8.6 จ) เพราะตรงปลายของแก้วโตแก้วจะหนา การที่แก้วหนานั้นเพราะครั้งแรกที่เอาแก้วตรงนี้เข้าไฟและทำให้มีขนาดเท่ากับแก้วเล็กนั้น แก้วโตหดตัวลงเป็นเหตุให้แก้วส่วนนี้หนากว่าส่วนอื่น ดังนั้นจึงต้องนำส่วนนี้เข้าไฟเพื่อทำให้ส่วนนี้บางลง หมุนหลอดแก้วพร้อมกันทั้งสองมือ

5) เมื่อแก้วอ่อนตัวลงแล้ว นำออกมาเป่าจนแก้วขยายตัวเป็นเนื้อเดียวกัน ในขณะที่แก้วยังอ่อนตัวให้นำแก้วทั้งสองออกจากเปลวไฟมาหมุนให้แก้วทั้งสองตรง จนกว่าแก้วจะแข็งตัว แก้วบริเวณที่ต่อจะดีหรือไม่ สังเกตได้ดังนี้คือ ถ้าบริเวณที่ต่อเรียบและเนื้อแก้วหนาบางเท่ากันโดยสม่ำเสมอ และบริเวณที่ต่อไม่กว้างจนเกินไปจึงจะนับว่าต่อได้ดี

6) ถ้าวรอยต่อไม่เรียบ คอดหรือโปรงไปถือว่าการต่อยังไม่ดีพอต้องนำเข้าไปใหม่ แล้วเริ่มต้นทำซ้ำตามขั้นตอนที่กล่าวแล้วข้างต้นจนกว่ารอยต่อจะดีหรือเรียบร้อยตามต้องการ (รูป 8.6 ฉ)

7) เมื่อต่อเสร็จเรียบร้อยแล้วควรทำการแอนนิลโดยเปลวไฟประมาณ 5-10 นาที เพื่อลดความเครียดของแก้ว ณ บริเวณที่ถูกไฟเผา

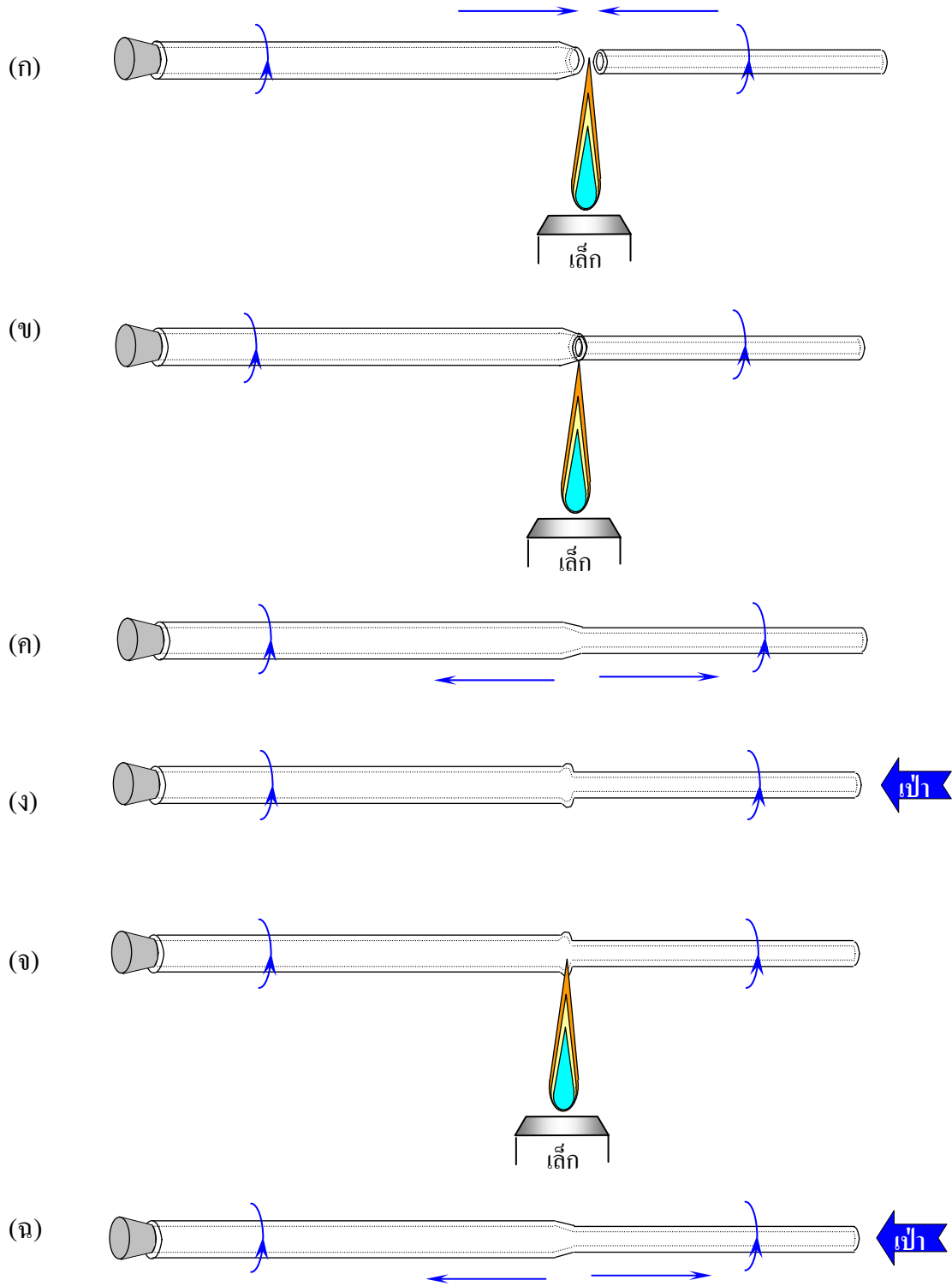
### 8.6.2 การต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันมาก

การต่อหลอดแก้วนี้จะต่างจากหัวข้อที่ผ่านมา เพราะไม่อาจจนปลายหลอดแก้วที่มีขนาดใหญ่ ให้มีขนาดรูแคบลงได้โดยเร็ว และจะมีปัญหาที่แก้วหลอมจะไหลรวมกันทำให้มีผนังหนามากเป็นเหตุให้ทำงานขึ้นไปไม่สะดวก วิธีการที่เหมาะสมจึงเป็นการยึดแก้วที่มีขนาดใหญ่เสียก่อน จากนั้นทำการปิดปลายเหมือนการทำหลอดทดลอง แล้วจึงทำปลายให้เป็นรูที่มีขนาดเท่ากับหลอดแก้วที่มีขนาดเล็กนั้นและขั้นตอนสุดท้ายจึงเป็นการต่อหลอดแก้วเข้าด้วยกัน วิธีทำโดยละเอียดมีดังต่อไปนี้

1) เตรียมหลอดแก้วที่จะต่อไว้ นำปลายด้านใดด้านหนึ่งของหลอดแก้วที่มีขนาดใหญ่เข้าไปเพื่อทำการยึดแก้วโดยใช้แก้วตันช่วย

2) เมื่อยึดแก้วได้แล้วปรับเปลวไฟให้มีขนาดเล็กลง นำแก้วขนาดใหญ่ที่ยึดแล้วไปตัดโดยใช้เปลวไฟขั้นแรกเป็นการตัดบริเวณที่ยึดออกจนเร็วเล็กเหลืออยู่ประมาณ 10 ซม. (รูป 8.7 ก)

3) การปิดหลอดแก้วขนาดใหญ่ โดยนำแก้วบริเวณที่เริ่มคอดเล็กกลงไปนั้นเข้าไปพรมไปรอบ ๆ จนแก้วอ่อนตัวดีแล้วดึงแก้วส่วนที่เร็วเล็ก (ซึ่งอยู่ในมือขวา) ออก การดึงนี้จะต้องดึงเนื้อแก้วส่วนที่หลอมเหลวออกบางส่วนในลักษณะที่จะทำให้ผนังแก้วใหญ่ที่ปิดนั้นไม่หนาหรือบางจนเกินไป นำแก้วออกจากไฟรอให้แข็งตัว ปรับเปลวไฟให้เล็กลงอีกเล็กน้อย

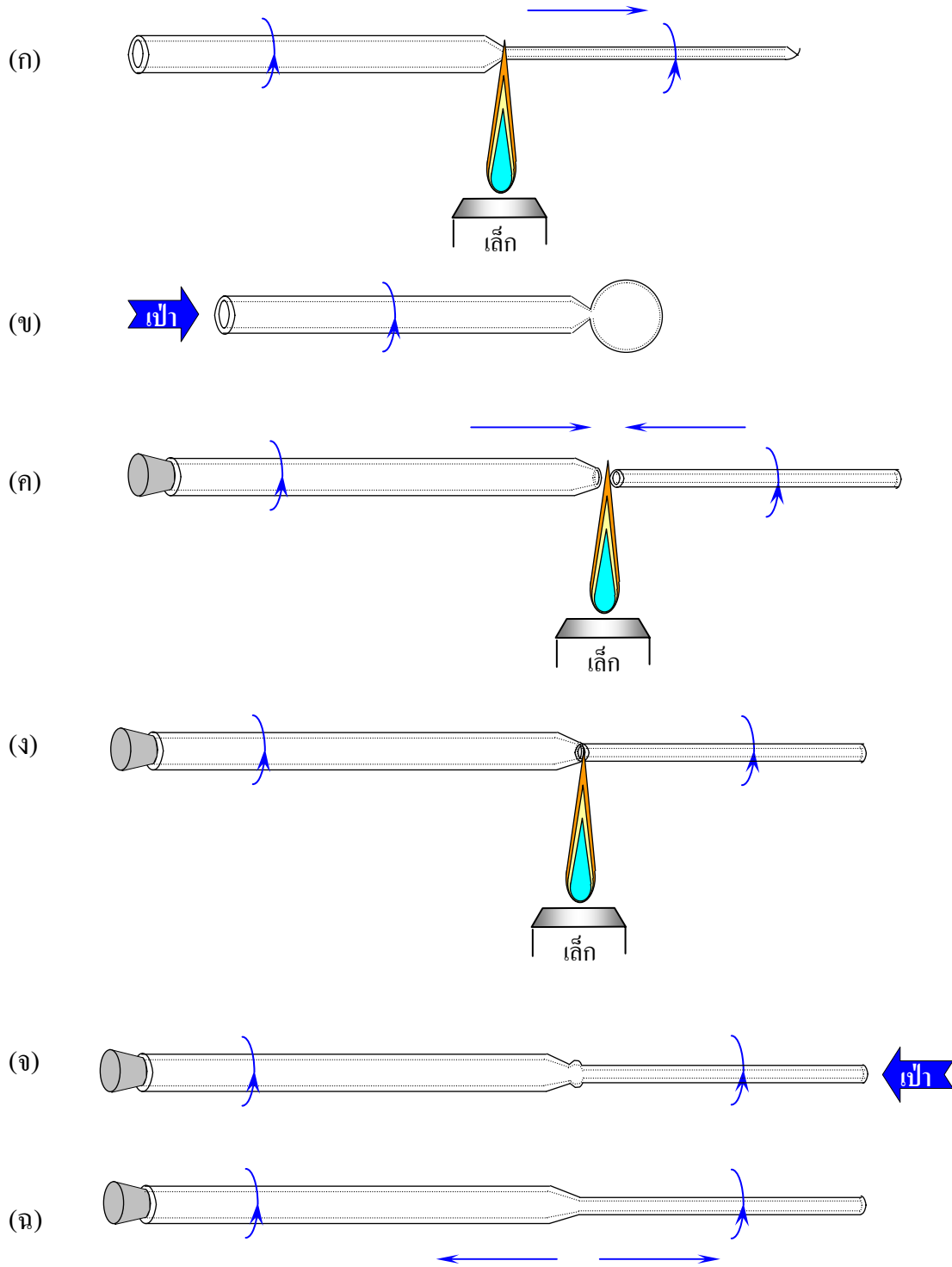


รูป 8.6 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มาก



4) นำส่วนก้นหลอดที่ปิดเข้าไฟ ลนจนแก้วอ่อนตัวดี (บริเวณแก้วที่ถูกลนไฟให้ หลอมต้องมีขนาดใกล้เคียงกับของแก้วที่จะมาต่อ) เอาหลอดแก้วออกจากไฟเป่าลมเข้าไปใน หลอดเบา ๆ ส่วนแก้วที่หลอมจะโป่งและแตกออกไป (รูป 8.7 ข) ถ้าแก้วที่โป่งนี้ไม่แตกให้ นำไปขยี้เบา ๆ กับพื้นที่แข็ง เช่น ผนังถังขยะโลหะ หรือของแข็งอื่น ๆ ก็ได้ เมื่อแก้วที่โป่ง แตกออกจะทำให้เหลือหลอดแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่และปลายด้านหนึ่งเรียวยาวเล็กลง จนมีรูเปิดเล็ก ๆ แต่งรูเล็ก ๆ นี้ให้เรียวยาวไฟ แก้วจะหลอมและไหลไปรวมกันทำให้หนาขึ้น ขณะเดียวกันต้องพยายามทำให้รูเปิดเล็ก ๆ นี้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้วเล็กที่ จะนำมาต่อ

5) หากจุกจอร์กมาปิดปลายของหลอดแก้วใหญ่ไว้ ต่อจากนั้นจะเป็นการเชื่อมต่อ แก้วขนาดใหญ่กับแก้วขนาดเล็กเข้าด้วยกัน (รูป 8.7 ค-ฉ) ซึ่งกระทำเหมือนการต่อหลอดแก้วที่มี เส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันไม่มากนัก



รูป 8.7 แสดงขั้นตอนการต่อหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกันมาก

## 8.7 การเป่าแก้วให้เป็นกระเปาะ

การเป่ากระเปาะแก้วให้กลมมีหลายวิธีด้วยกัน ขึ้นอยู่กับแก้วที่นำมาเป่าและ การใช้แก้วชนิดใด โดยต้องคำนึงถึงการนำแก้วไปใช้งานเป็นหลักใหญ่ การเป่าแก้วมีวิธีการดังนี้

### 8.7.1 การเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 1

1) นำหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ต้องการมา 1 แท่ง จุดไฟปรับอุณหภูมิพอปานกลาง คือไม่สูงหรือต่ำจนเกินไปและให้เปลวไฟโตพอเหมาะกับแก้วที่นำมาเป่า

2) นำแก้วเข้าไฟ หมุนแก้วพร้อม ๆ กันทั้งสองมือ เมื่อเห็นว่าแก้วเริ่มอ่อนตัว ย่นแก้วเข้าหากันทีละน้อย ๆ จนกว่าบริเวณแก้วที่ถูกไฟย่นเข้าหากันมีความหนาตามต้องการ (รูป 8.8 ก)

3) ปรับเปลวไฟให้เล็กลง นำแก้วเข้าไฟให้แก้วด้านปลายทางขวามือของรอยย่นถูกเปลวไฟและหมุนแก้วรอบ ๆ พร้อมกันทั้งสองมือ

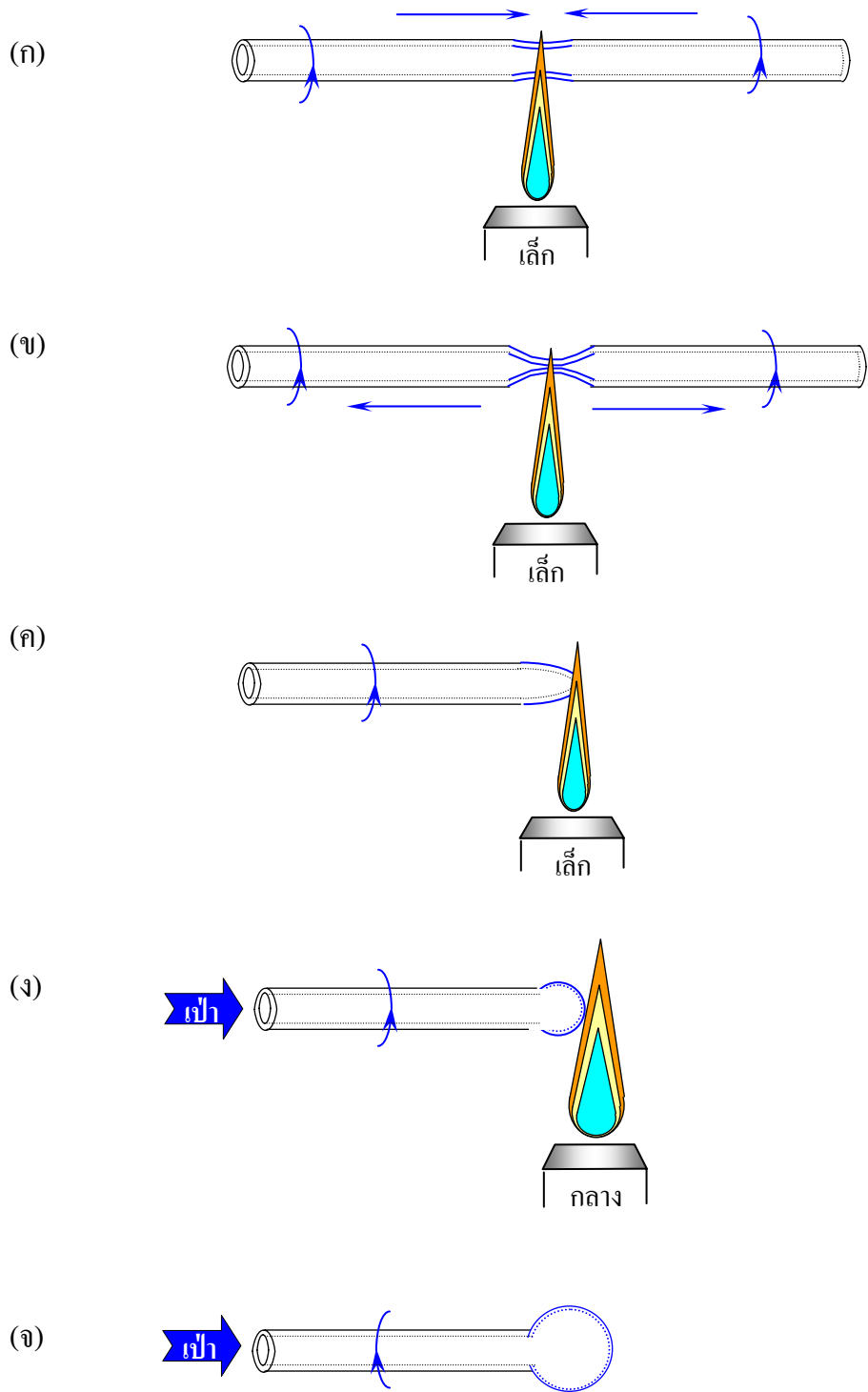
4) เมื่อแก้วหลอมตัวค่อย ๆ ดึงแก้วออกจากกัน (รูป 8.8 ข) แล้วนำแก้วที่ยืดออกเข้าไฟให้ชิดกับส่วนที่คอดทางซ้ายมือ (ชิดกับแก้วหนา) จนแก้วขาดออกจากกัน (รูป 8.8 ค)

5) ปรับเปลวไฟให้ใหญ่พอกับแก้วที่ย่นไว้ นำแก้วส่วนตรงปลายที่ย่นไว้เข้าไปให้ไฟถูกรอยย่นโดยทิ้งถึงทำการหมุนแก้วไปรอบ ๆ จนกว่าแก้วที่ถูกไฟจะเริ่มอ่อนตัว

6) นำแก้วออกจากไฟมาทำการหมุนเฉียงให้ตรง และทำการเป่าพร้อมกันไปด้วย (รูป 8.8 ง-จ) ทำเช่นนี้ จนกว่าจะได้ขนาดของกระเปาะตามที่ต้องการ

จากวิธีการที่กล่าวข้างต้นจะเห็นว่า การย่นแก้ว เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งในการเป่ากระเปาะแก้ว เพราะว่าการย่นแก้วจะทำให้แก้วหนากว่าปกติแก้วที่มีความหนาเมื่อทำการเป่าเป็นกระเปาะ กระเปาะที่ได้ออกมาย่อมมีความหนา เมื่อนำมาใช้งานย่อมมีความแข็งแรง ลักษณะของกระเปาะแก้วที่ได้นั้นคือ เมื่อเป่าเป็นกระเปาะออกมา เนื้อของแก้วเรียบหนาบางเท่ากันตลอดมองดูไม่เป็นคลื่น

บทที่ 8 ปฏิบัติการเป่าแก้วเบื้องต้น



รูป 8.8 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเป่าแก้ว แบบที่ 1

## 8.7.2 การเป่ากระเปาะแก้ว แบบที่ 2

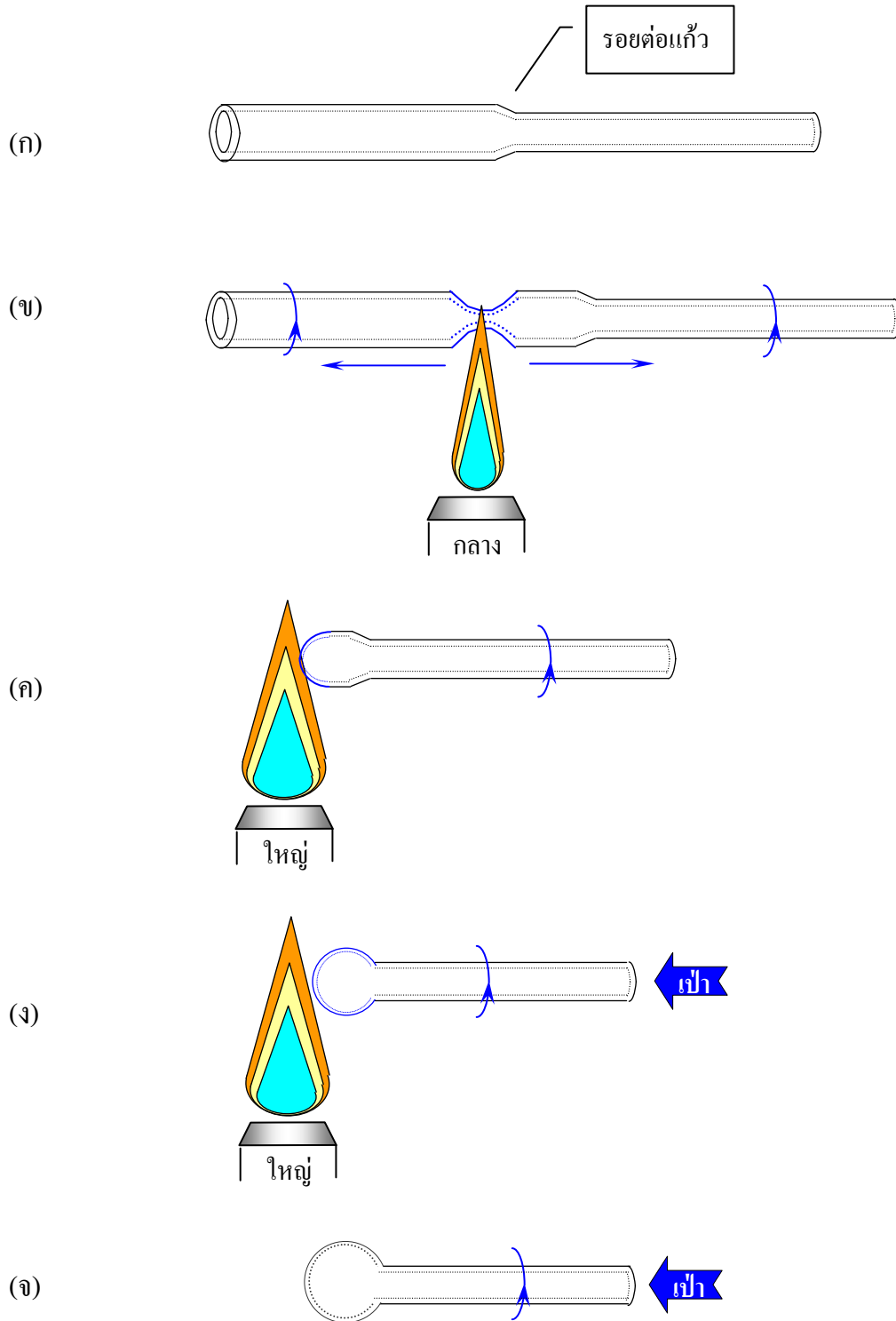
1) นำหลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กและใหญ่มาอย่างละแท่ง นำมาต่อกันตามวิธีการต่อหลอดแก้วที่มีขนาดต่างกันไม่มาก (รูป 8.9 ก)

2) เมื่อทำการต่อเรียบร้อยแล้ว นำหลอดแก้วทางด้านที่มีขนาดใหญ่เข้าไฟ โดยตำแหน่งที่นำเข้าไฟจะอยู่ห่างมากน้อยเพียงใดจากรอยต่อระหว่างแก้วขนาดใหญ่กับแก้วขนาดเล็กนั้น ขึ้นอยู่รูปร่างและขนาดของกระเปาะที่ต้องการ ยิ่งกระเปาะมีขนาดใหญ่เท่าใดตำแหน่งที่เข้าไฟจะอยู่ห่างจากรอยต่อมากขึ้นเท่านั้น หมุนแก้วพร้อมกันทั้งสองมือ หมุนไฟจนแก้วอ่อนตัวค่อยดึงแก้วออกจากกัน (รูป 8.9 ข)

3) นำแก้วที่ยืดออกไปตัดด้วยไฟให้ชิดกับด้านที่ต่อกับแก้วเล็ก (รูป 8.9 ค) เมื่อตัดออกจากกันแล้ว แก้วใหญ่จะเหลือติดกับแก้วเล็กพอที่จะนำมาเป่าเป็นกระเปาะได้

4) นำแก้วด้านใหญ่เข้าไฟ พร้อมกับหมุนไปรอบ ๆ จนเห็นว่าแก้วเริ่มอ่อนตัวจึงนำออกมาเป่าพร้อมกับหมุนแก้วไปด้วย (รูป 8.9 ง) เมื่อเห็นว่ากระเปาะแก้วกลมดีผนังมีความหนาเท่ากันตลอดตามต้องการ จึงทำการแอนนิลโดยใช้เปลวไฟ

5) หากแก้วยังไม่กลมหรือเรียบดีให้นำเข้าหลอดไฟใหม่อีก (รูป 8.9 จ) ทำเช่นนี้จนกว่าจะได้กระเปาะแก้วตามขนาดที่ต้องการ สิ่งที่ต้องระวังก็คือในขณะที่แก้วอยู่ในไฟพยายามอย่าให้ไฟถูกแก้วเล็กที่ถืออยู่มากเกินไป เพราะจะทำให้แก้วคดซึ่งยากในการตกแต่งภายหลัง



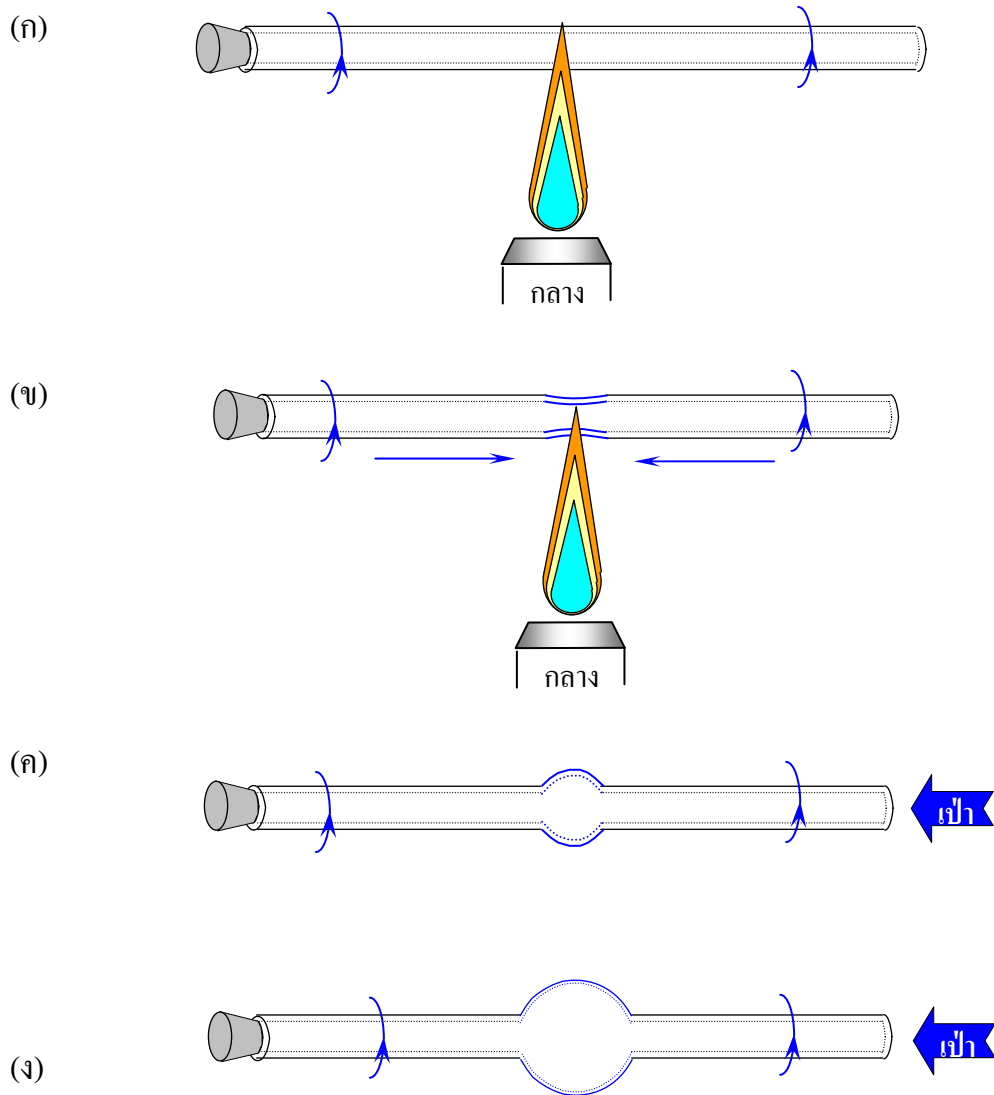
รูป 8.9 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเป่าแก้ว แบบที่ 2

## 8.8 การเป่ากระเปาะแก้วสองแขน

กระเปาะที่อยู่กลางหลอดแก้วนั้นมีไว้เพื่อให้กักเก็บปริมาตรของของเหลวหรือสารละลายได้มากขึ้น (หากไม่มีกระเปาะอาจต้องใช้หลอดแก้วที่มีขนาดยาวจนใช้การได้ไม่สะดวก) หรือเพื่อช่วยลดความเร็วของเหลวที่ไหลในหลอดแก้วนั้น กระเปาะนี้ ได้แก่ กระเปาะที่อยู่ตรงกลางของปิเปต กระเปาะกลางหลอดหยดซึ่งใช้ประโยชน์ในการปิดปากขวดและกระเปาะกักเก็บของเหลวในเครื่องแก้วที่ใช้หาค่าความหนืดของของเหลวหรือสารละลาย เป็นต้น วิธีการทำกระเปาะสองแขนมีดังต่อไปนี้

- 1) นำหลอดแก้วที่มีขนาดและความยาวตามต้องการมาปิดปลายด้านหนึ่งด้วยจุกคอร์ก (รูป 8.10 ก)
  - 2) จากนั้นปรับเปลวไฟให้มีขนาดเท่ากับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระเปาะที่ต้องการ เอาหลอดแก้วบริเวณที่จะทำกระเปาะเข้าไป หมุนแก้วรอบ ๆ แนวแกนจนกระทั่งแก้วเริ่มหลอม พยายามย่นแก้วช้า ๆ โดยใช้มือดันแก้วเข้าหากันในขณะที่ทำการหมุนแก้วด้วยดังรูปที่ (รูป 8.1 ข)
  - 3) เมื่อผนังแก้วที่หลอมมีความหนาพอ จึงนำออกมาเป่าพร้อมกับหมุนไปรอบ ๆ ปกติการเป่าครั้งเดียวมักจะไม่ได้กระเปาะที่มีขนาดและลักษณะตามต้องการ (รูป 8.10 ค) ดังนั้น
  - 4) เมื่อแก้วเริ่มแข็งตัวจึงต้องนำเข้าไปใหม่ แก้วส่วนที่เป่าได้นั้นจะหดตัวลงและหลอมใหม่ จากนั้นจึงนำออกมาเป่าอีก (รูป 8.10 ง) ทำเช่นนี้จนกว่าจะได้กระเปาะที่มีผนังหนาสม่ำเสมอเท่ากับหรือใกล้เคียงกับผนังของหลอดแก้วและมีขนาดและรูปร่างกลมตามที่ต้องการ
- การย่นแก้วนั้นเพื่อให้แก้วมีความหนาขึ้นกว่าปกติ เมื่อเป่าออกไปเป็นกระเปาะ กระเปาะจะได้มีความหนาทำให้ทนทานต่อการกระแทกและแรงกดจึงไม่แตกง่าย หากไม่มีการย่นแก้วเลย เมื่อเอาออกมาเป่าจะได้กระเปาะที่มีผนังบาง ทำให้แตกหักเสียหายง่าย ยิ่งกระเปาะที่ต้องการมีขนาดโตเท่าใด การย่นแก้วจะต้องย่นให้ผนังหนามากขึ้นเท่านั้น สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งได้แก่ ขั้นตอนการเป่าให้เป็นกระเปาะ แก้วที่หลอมอยู่ตรงกลางระหว่างแก้วที่แข็งตัว ดังนั้นในระหว่างการเป่าลมด้วยปากจึงต้องพยายามหมุนแก้วทั้งสองมือพร้อม ๆ กันไป เพื่อให้กระเปาะที่ได้กลมและเนื้อแก้วไม่บิดเป็นเกลียว ปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่องานที่ทำ ได้แก่ เปลวไฟ การเป่ากระเปาะสองแขนนี้จะต้องปรับเปลวไฟให้มีอุณหภูมิปานกลางและมีขนาดของเปลวไฟเท่ากับขนาดของกระเปาะที่ต้องการ หากเปลวไฟเล็กเกินไป แก้วจะไม่ถูก

ไฟอย่างทั่วถึงทำให้กระเปาะที่เป่าได้มีลักษณะเป็นคลื่นไม่เรียบเสมอกัน และมักจะก่อให้เกิดความยุ่งยากในการตกแต่งในภายหลัง



รูป 8.10 แสดงขั้นตอนการเป่ากระเปาะแก้วสองแขน



## 8.9 การงอแก้ว

การงอแก้ว เป็นการนำแท่งแก้วตรงซึ่งอาจเป็นแท่งแก้วกลมหรือตัน ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนด มาทำการดัดงอให้มีมุมงอตามต้องการ และมีรัศมีการโค้งงอที่กำหนด ทั้งนี้เพื่อการใช้งานตามความต้องการ แก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กจะทำการโค้งได้ง่ายกว่าแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ และการงอแก้วที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีความยากลำบากเพิ่มขึ้นตามลำดับ แก้วที่งอได้จะมีมุมงอที่ดีและมีความสวยงามเพียงใดนั้น จะขึ้นอยู่กับความชำนาญของช่างเป่าแก้วเอง

การงอแก้วนั้น จะเป็นการดัดแปลงให้แก้วโค้งงอโดยที่แก้วทั้งสองข้างของส่วนที่งอนั้นทำมุมกันตามต้องการ โดยอาจให้เป็นมุมแหลม มุมฉาก มุมป้าน หรืองอกลับ ซึ่งเรียกกันว่ารูปตัว U แก้วที่จะงอต้องนำมาทำให้ร้อนตัวในเปลวไฟ และส่วนที่จะทำให้ร้อนตัวนั้นจะมีขนาดเพียงใดขึ้นอยู่กับมุมงอที่ต้องการ ในกรณีที่ทำเป็นรูปตัว U นั้นจะต้องพิจารณารัศมีของส่วนโค้งที่ต้องการเป็นเกณฑ์ ถ้าต้องทำให้ส่วนของแก้วที่ร้อนมีขนาดยาวขึ้นจะต้องใช้เปลวไฟที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ในบางกรณีที่ต้องการให้มีขนาดยาวมากอาจแก้ไขโดยวิธีฉนวนไฟแบบเฉียง ๆ ไม่ตั้งฉากกับเปลวไฟ ทั้งนี้เพื่อให้ส่วนของแก้วที่ถูกไฟมีขนาดยาวออกไปตามต้องการ สำหรับการงอเป็นมุมแหลมหรือมุมฉากนั้นส่วนของแก้วที่ถูกไฟจะมีความยาวประมาณสองเท่าของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้ว

อุณหภูมิของเปลวไฟเป็นสิ่งสำคัญมาก ปกติอุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิปานกลาง ถ้าอุณหภูมิต่ำเกินไปแก้วจะได้รับความร้อนไม่เพียงพออาจจะไม่หลอมเป็นพลาสติก แต่หากใช้อุณหภูมิสูงเกินไปแก้วจะหลอมเป็นพลาสติกที่มีความหนืดต่ำ ทำให้ไหลง่ายและยากต่อการดัดให้โค้งงอได้รูป ขนาดของเปลวไฟจะขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้ว มุมงอที่ต้องการ และ/หรือ รัศมีของการโค้งงอ

แท่งแก้วตันหรือกลมเมื่อนำมางอให้เป็นมุมนั้น เนื้อแก้วบริเวณด้านในของมุมจะเบียดกันส่วนด้านนอกของมุมจะถูกยืดห่างจากกัน เป็นเหตุให้แก้วบริเวณมุมมีลักษณะแบน การงอแก้วที่ดีจะต้องทำให้มุมโค้งงอสวยงาม และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแก้วไม่เปลี่ยนแปลง และในกรณีที่เป่าแก้วกลมของแก้วจะต้องไม่ตีบตรงมุมที่งอได้นั้น การงอแท่งแก้วตันจะใช้เทคนิคการปฏิบัติเข้าช่วยเพื่อไม่ให้แก้วแบนตรงมุม ส่วนการงอแท่งแก้วกลมจะใช้วิธีเป่าลม

ด้วยปากเข้าไปในหลอดแก้วเพื่อไม่ให้หลอดแก้วตีบตรงมุมงอ ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะการงอแท่งแก้วกลวง ซึ่งมีวิธีการทำดังต่อไปนี้

1) เตรียมหลอดแก้วที่จะทำการงอ วัดระยะและทำเครื่องหมายโดยใช้ดินสอเขียนแก้ว (การใช้ดินสอเขียนแก้วนั้นอาจมีสีตกค้างเมื่อทำการงอเสร็จแล้ว ดังนั้นจึงทำการจืดให้เป็นรอยจาง ๆ เท่านั้น) ปิดปลายด้านหนึ่งของหลอดแก้วด้วยจุกคออร์ก

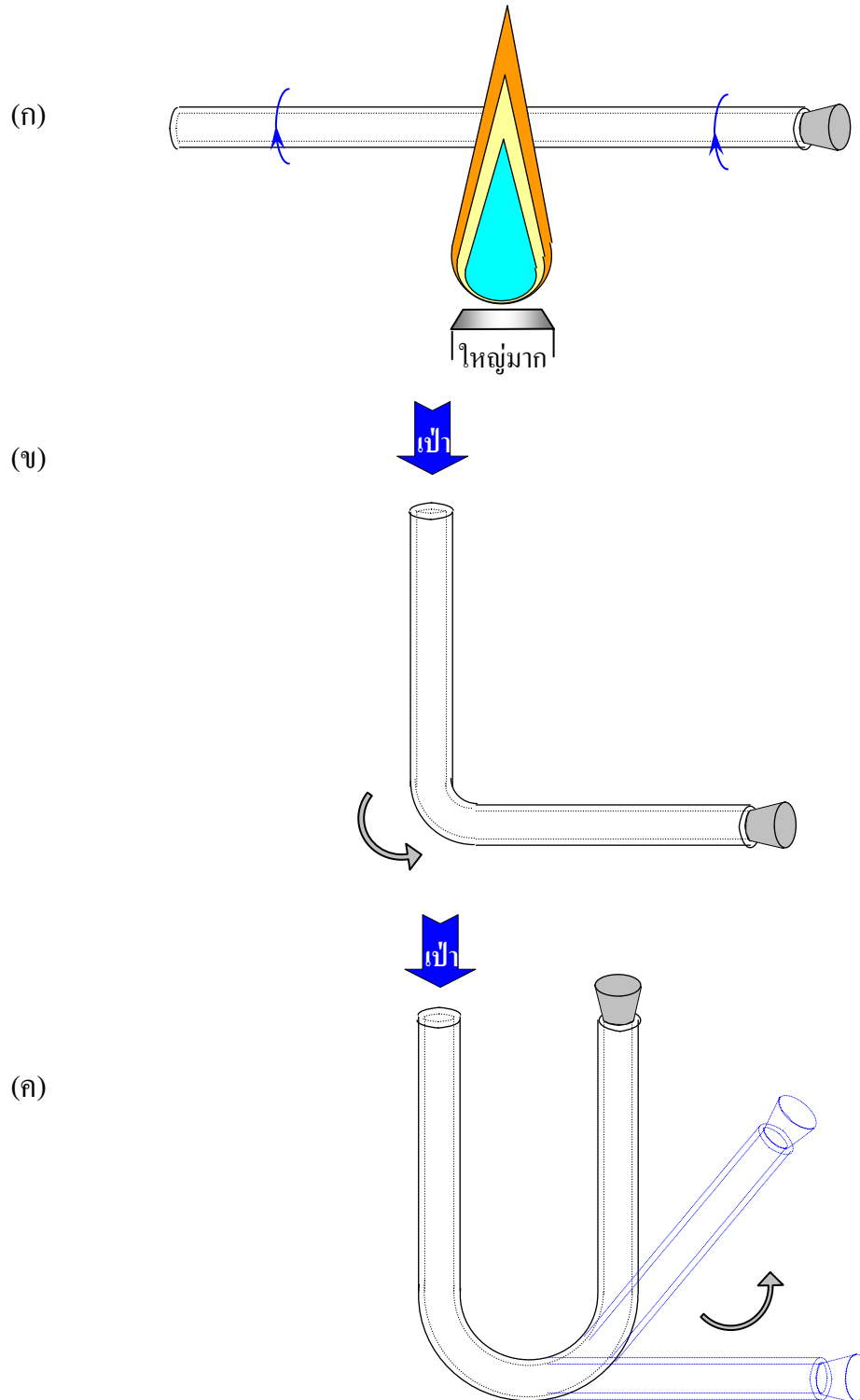
2) ถือแก้วโดยให้ปลายที่ปิดจุกคออร์กอยู่ในมือขวา (ปลายด้านเปิดอยู่ทางมือซ้าย) ทั้งนี้มือขวาจะจับแก้วแบบคว่ำมือ ส่วนมือซ้ายจับแบบหงายมือ (กลับกันกับการจับแก้วปกติ) (รูป 8.11 ก)

3) นำแก้วบริเวณที่มีเครื่องหมายเข้าไฟที่มีอุณหภูมิปานกลางและขนาดพอเหมาะ ความยาวของแท่งแก้วที่ถูกไฟจะขึ้นอยู่กับมุมที่จะงอได้กล่าวแล้ว คือ ประมาณสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางแก้วในกรณีที่ต้องการงอให้เป็นมุมต่าง ๆ ที่ไม่ใช่  $180^\circ$  ส่วนในกรณีที่ทำเป็นรูปตัวยูนั้นจะขึ้นอยู่กับรัศมีความโค้งของก้นตัว U (ส่วนที่โค้งงอเป็นครึ่งวงกลม)

4) หมุนแก้วในไฟจนกระทั่งแก้วเริ่มจะหลอมเป็นพลาสติก นำแก้วออกจากไฟแล้วทำการงอและเป่าลมพร้อม ๆ กัน

การงอและเป่าลมนั้นจะถือแก้วให้ตั้งฉากกับพื้น ให้ปลายที่มีจุกคออร์ก (หรือมือขวา) อยู่ล่าง ส่วนปลายเปิดจ่อเข้ากับริมฝีปาก มือซ้ายที่จับแก้วจะออกแรงงอแก้วพร้อมกับเป่าลมเข้าไปในหลอดแก้วเบา ๆ เพียงแค่ให้แก้วที่ตีบขยายตัวออกจนมีขนาดของรูสมำเสมอตลอดท่อแก้วเท่านั้น

5) เมื่อแก้วแข็งตัวให้ตรวจสอบดูว่ามุมที่งอได้เป็นไปตามที่ต้องการหรือไม่ และแก้วบริเวณที่งอนั้นมีลักษณะตีบหรือไม่ หากยังไม่ได้งานที่ดีตามประสงค์จะต้องนำเข้าไปใหม่ โดยใช้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าเดิม เมื่อแก้วเริ่มเหลวจึงนำออกมาตัดและ/หรือเป่าใหม่ให้ได้ตามต้องการ (รูป 8.11 ค)



รูป 8.11 แสดงขั้นตอนการงอแก้วแบบตัว L และตัว U

## 8.10 การทำข้อเพื่อยึดสายยาง

อุปกรณ์แก้วบางอย่างนั้นปลายของหลอดแก้วหรือท่อแก้ว จะสวมต่อกับสายยางหรือท่อพลาสติก การที่ผิวภายนอกของปลายหลอดแก้วหรือท่อแก้วเรียบลื่นทำให้ยึดติดกับสายยางได้ไม่ดี เป็นผลให้เกิดการรั่วซึมหรือส่วนที่ต่อหลุดออกจากกันได้ เพื่อป้องกันปัญหานี้ จึงใช้วิธีทำให้ภายนอกของท่อแก้วหรือหลอดแก้วนูนขึ้นเป็นแบบข้ออ้อย ซึ่งจะช่วยให้ยึดติดสายยางหรือท่อพลาสติกดีขึ้น นอกจากนี้อาจใช้สายรัดหรือลวดเหล็ก คัดทับสายยางหรือท่อพลาสติกเพื่อให้รอยต่อแน่นยิ่งขึ้นจนไม่เกิดการรั่วซึมหรือหลุดออกจากกัน การทำผิวแก้วให้เป็นข้ออ้อยนี้อาจทำเพียงข้อเดียวหรือมากกว่าก็ได้ กรณีที่ทำมากกว่าข้อเดียวนั้น ข้ออ้อยแรกที่อยู่ไกลที่สุดจากรูเปิดของท่อแก้วจะทำให้มีลักษณะเป็นข้อนูนสูงที่สุด และลดหลั่นลงมาตามลำดับจนถึงข้อที่อยู่ใกล้ปลายเปิดจะนูนน้อยที่สุด นอกจากนี้ตรงปลายเปิดของท่อแก้วจะทำให้เรียวลงเล็กน้อยเพื่อความสะดวกในการสอดใส่เข้าไปในสายยางหรือท่อพลาสติก การทำผิวแก้วให้เป็นข้อนั้นมีวิธีการทำดังนี้

1) เตรียมหลอดแก้วขนาดที่ต้องการ ปรับเปลวไฟให้มีขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดแก้ว ทำการยึดปลายด้านหนึ่งของแก้วออก ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะทำคล้ายกัน (โดยให้ยาวของแก้วระหว่างปลายทั้งสอง เกินกว่าความยาวของข้อต่อที่ต้องการเล็กน้อย)

2) ยึดแก้วออก และตัดส่วนที่ไม่ต้องการออก (รูป 8.13 ก)

3) ปรับเปลวไฟให้มีขนาดเล็กลงนำแก้วเข้าไฟโดยให้ผนังด้านที่อยู่ไกลตัวถูกไฟหมุนแก้วไปรอบ ถ้าต้องการทำข้ออ้อยเพียงข้อเดียว ตำแหน่งที่เข้าไฟจะอยู่ห่างจากส่วนที่เรียวเล็กเนื่องจากการยึดแก้ว ประมาณ 2 ซม. (รูป 8.13 ข) แต่ถ้าต้องการทำหลายข้อจะต้องให้ส่วนที่ถูกไฟห่างออกไปอีก (3-4 ซม.)

4) เมื่อแก้วอ่อนตัวดีแล้วจึงนำออกจากไฟหมุนแก้วรอบแนวแกนพร้อมกับการออกแรงดันที่มือ ให้แก้วยุบเข้าหากัน ผนังแก้วนูนออกจนมีขนาดตามต้องการ

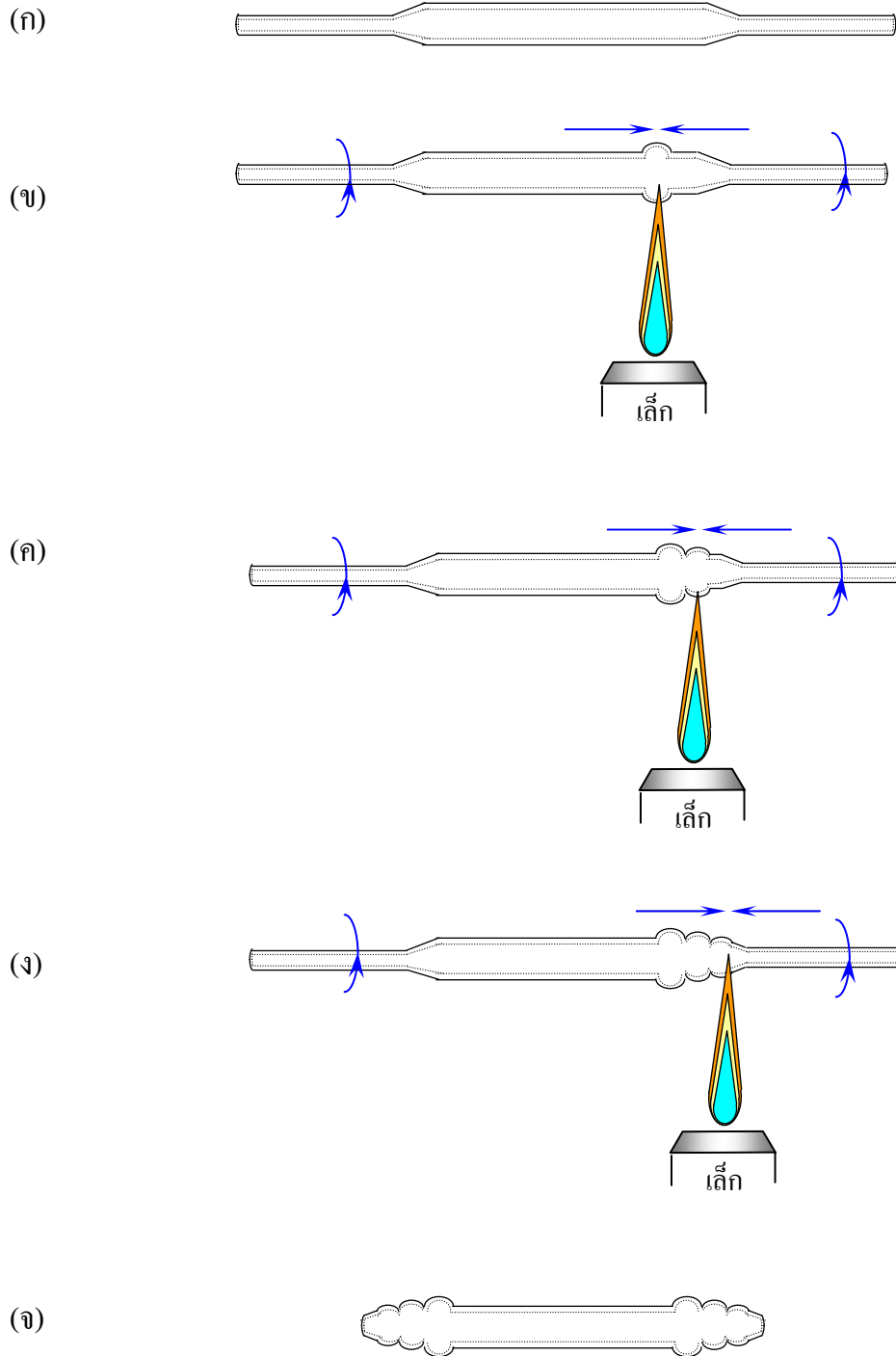
5) ทำข้อที่สอง สาม และต่อ ๆ ไป จะทำแบบเดียวกัน แต่รอยนูนจะมีความสูงน้อยลงตามลำดับ และจะอยู่ถัดออกมาทางแก้วที่ยึดนั้น (รูป 8.13 ค, ง) โดยระยะที่ห่างระหว่างข้อจะเป็นเท่าใดขึ้นอยู่กับการใช้งานหรือความประสงค์ของผู้ใช้

6) เมื่อย่นแก้วให้เป็นข้อจนครบตามต้องการแล้วจึงตัดส่วนปลายของแก้ว(ที่เรียวเล็กลงเนื่องจากการยึดแก้วออก) และแต่งให้รูเปิดโตพอเหมาะ (รูป 8.13 จ)

หากต้องการให้ได้รอยย่นที่สวยงาม ควรจะมีแผ่นทำขอบ กระทำโดยเอาแก้วที่ย่นดีแล้วมากลึงเบาๆ กับแผ่นทำขอบ ส่วนขอบแก้วที่ถูกกลึงเป็นส่วนที่อยู่สุดของรอยย่น และแก้วที่จะมากลึงต้องอยู่ในลักษณะที่ยังอ่อนตัว การกลึงให้หมุนแก้วไปรอบ ๆ ทำไปจนกระทั่งบริเวณที่ถูกแผ่นขอบเป็นรอยโคจรรอบและหดตัวลงเล็กน้อยทำให้ได้รอยลึกลึกเล็กน้อยรอบหลอดแก้ว สำหรับส่วนที่ไม่ถูกแผ่นทำขอบจะอยู่ในลักษณะนูนเป็นข้ออ้อยที่สวยงามตามต้องการ สำหรับข้ออ้อยอื่น ๆ ถัดลงมาก็ทำในทำนองเดียวกัน



รูป 8.12 แผ่นทำขอบสำหรับทำข้อต่อสายยาง



รูป 8.13 แสดงขั้นตอนการทำส่วนปลายหลอดแก้วให้เป็นข้ออ้อย

## 8.11 การต่อแก้วสามทาง

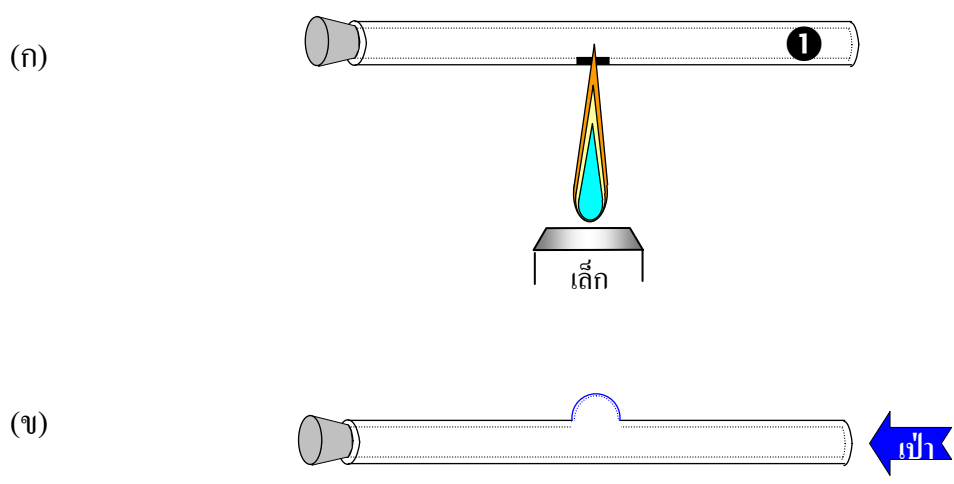
ข้อต่อแก้ว 3 ทางมี 2 แบบคือ รูปตัวที (T) และรูปตัววาย (Y) ซึ่งใช้ต่อในระบบท่อเพื่อแยกกระแสของไหลทั้งของเหลวและก๊าซ นอกจากนี้การต่ออุปกรณ์เครื่องแก้วเป็นแขนแยกออกไป เช่น ขวดคลั่น ก็จัดอยู่ในพวกการต่อแก้วสามทางเช่นกัน วิธีการต่อแก้วสามทางรูปตัวทีทำได้ดังนี้

- 1) นำแก้วขนาดที่ต้องการมา 2 ท่อน วัดความยาวและตัดให้มีความยาวตามต้องการ (แก้วแท่งที่ 1 และ 2 รูป 8.14 ก)
- 2) เอาจุกคอร์กมาปิดปลายด้านใดด้านหนึ่งของแก้วทั้ง 2 ท่อน จากนั้นนำแท่งแก้วยาว(1) มาวัดระยะและทำเครื่องหมายที่กึ่งกลางแท่งด้วยดินสอเขียนแก้ว ซึ่งเป็นตำแหน่งที่จะต้องทำให้เป็นรูเปิดเพื่อต่อเข้ากับแท่งแก้วสั้น(2)
- 3) ปรับเปลวไฟให้มีขนาดเล็กแล้วนำแก้วยาว(1) เข้าไฟให้ปลายของเปลวไฟจ่อที่ผิวแก้วที่ตำแหน่งเดียวเท่านั้น (รูป 8.14 ก)
- 4) เมื่อแก้วที่จุดนั้นอ่อนตัวนำออกจากไฟแล้วเป่าลมเข้าในหลอดแก้วเบา ๆ ให้แก้วโป่งออกเล็กน้อย (รูป 8.14 ข)
- 5) นำแก้วที่โป่งเข้าไฟ ส่วนที่โป่งออกจะยุบลงและอ่อนตัว (รูป 8.14 ค)
- 6) นำออกมาเป่าซ้ำให้แก้วโป่งออกมาก ๆ (รูป 8.14 ง) จากนั้นเคาะแก้วส่วนที่โป่งทิ้งไป จะได้แท่งแก้วยาวที่มีรูเปิดบนผนังตามต้องการ (รูป 8.14 จ)
- 7) ทำการแต่งขอบที่แตกให้เรียบและให้มีขนาดรูเปิดเท่า ๆ กันกับขนาดของแท่งแก้วสั้น(2)
- 8) นำปลายเปิดของแท่งแก้วสั้นและรูเปิดบนผนังของแท่งแก้วยาวนี้เข้าไฟ (รูป 8.14 ฉ) พร้อม ๆ กัน หมุนแก้วสั้นไปรอบ ๆ (แก้วที่ยาวมีจุกคอร์กปิดหัวและท้าย) เมื่อแก้วทั้งสองอ่อนตัวดีแล้วจึงนำไปแตะให้ติดกัน จากนั้นดึงออกจากกันเบา ๆ
- 9) นำออกจากไฟเป่าลมเข้าทางรูเปิดของแก้วแท่งสั้นให้ส่วนที่ยุบพองตัวออก (รูป 8.14 ช)
- 10) ทำการปรับเปลวไฟให้มีขนาดเล็กลงไปอีกแล้วนำแก้วบริเวณรอยต่อเข้าไฟ หมุนแก้วเพื่อให้รอยต่อถูกไฟอย่างสม่ำเสมอ วิธีการที่จะให้ได้รอยต่อที่เชื่อมกับทุกด้านให้ใช้เปลวไฟขนาดเล็กจี้ตรงหมายเลข 1 ก่อน (รูป 8.14 ซ)

11) เมื่อแก้วอ่อนตัวนำออกมาเป่าเบา ๆ จากนั้นย้ายตำแหน่งไปหมายเลข 2, 3, 4 ตามลำดับ แต่ละหมายเลขทำเช่นเดียวกับหมายเลข 1 คือ เมื่อแก้วอ่อนตัวนำออกมาเป่าจนกระทั่งสังเกตเห็นว่าเนื้อแก้วบริเวณรอยต่อเป็นเนื้อเดียวกันและสังเกตเห็นรอยต่อว่าผิวเรียบเสมอกันดีหรือไม่

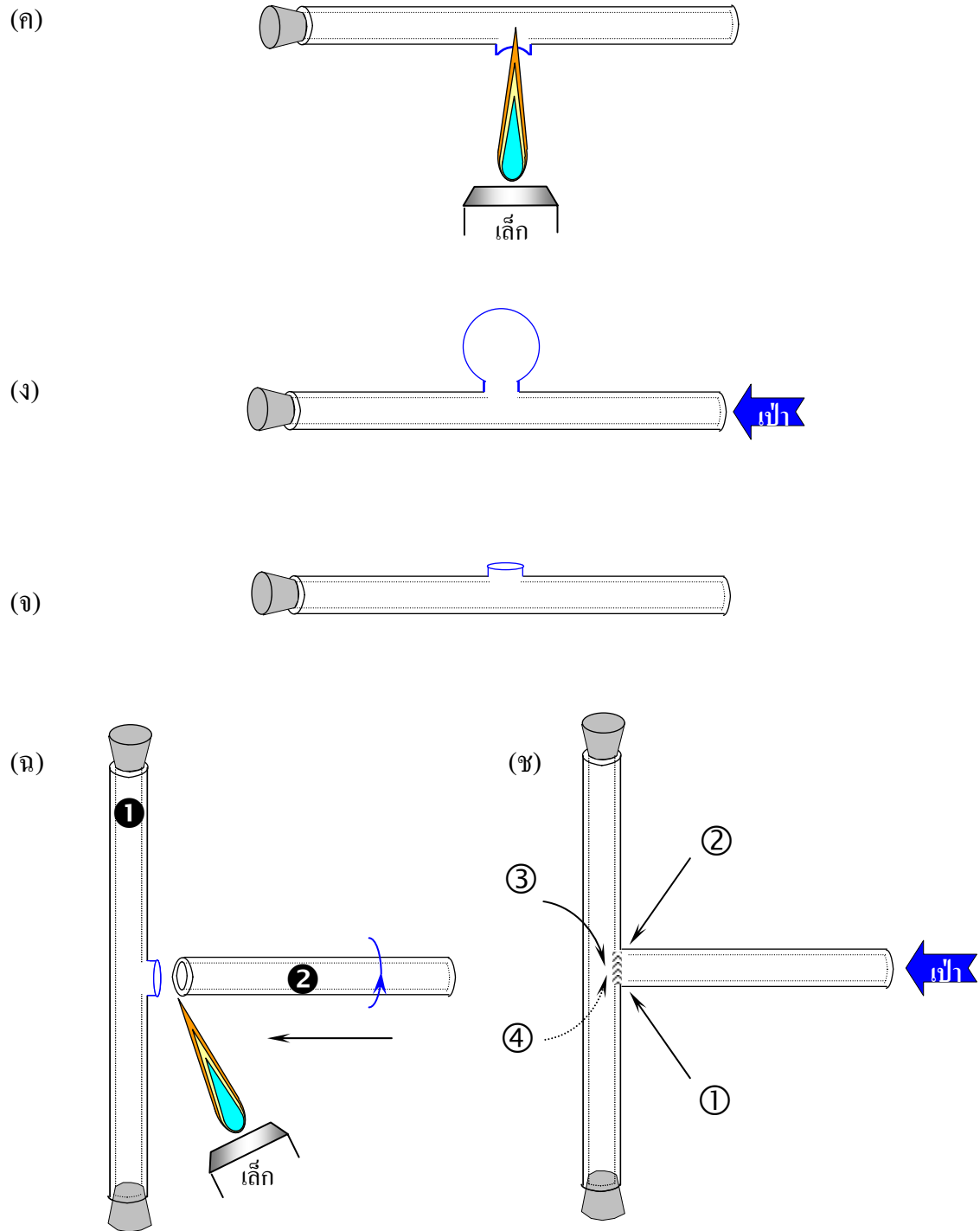
12) หากมีส่วนโคนนโป่งออกมาหรือคอดเว้าเข้าไป จะทำให้หลอดแก้วมีลักษณะไม่เรียบ ซึ่งอาจมีผลต่อการไหลของของไหลโดยเฉพาะของเหลวในระหว่างการใช้งานได้ ดังนั้นจึงต้องทำให้รอยต่อเรียบและโค้งได้รูป ฉะนั้นหากมีส่วนที่นูนหรือคอดเว้าจะต้องนำส่วนนั้นเข้าไปพองอ่อนตัวและนำออกมาเป่าตกแต่งให้ได้รูป อนึ่งการต่อแก้วรูปตัวที (T) นี้ แก้วทั้ง 2 ชิ้นจะต้องตั้งฉากกัน ฉะนั้นในขณะที่ทำการเป่าตกแต่งจึงควรตัดให้แขนที่แยกออกไปตรงและตั้งฉากกับแท่งแก้วที่ยาวด้วย

13) เมื่อเสร็จแล้วต้องทำการแอนนิลโดยใช้เปลวไฟรอให้แก้วเย็น หากต้องการทำผนังบริเวณปลายท่อให้เป็นข้ออ้อยเพื่อยึดสายยางก็สามารถทำได้ตามขั้นตอนที่กล่าวแล้ว



รูป 8.14 แสดงขั้นตอนการต่อแก้วสามทางรูปตัว T





รูป 8.14 แสดงขั้นตอนการต่อแก้วสามทางรูปตัว T (ต่อ)

## 8.12 การทำข้อต่อแก้ว (Joint)

การใช้จุกยางและท่อสำหรับต่อเครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ ค่อย ๆ ถูกทดแทนโดยอุปกรณ์มาตรฐาน ที่เรียกว่า ข้อต่อ (Joint) “Quickfit” ซึ่งทำจากแก้ว ข้อต่อนี้ประกอบด้วย Cone และ Socket ผิวภายนอกของ Cone มาตรฐานเฉพาะบริเวณที่จะต่อเข้ากับ Socket จะถูกขัดและจะสวมพอดีกับ Socket มาตรฐานเดียวกันซึ่งผิวภายในจะขัดเช่นกัน เมื่อสวมเข้าด้วยกันจะเป็นข้อต่อ (Joint) ที่แข็งแรงและไม่มีรอยร้าว

British Standard Specification ได้กำหนดสัดส่วนของข้อต่อ (Joint) มาตรฐานของรูปกรวยไว้คือ องศาความเอียงของข้างกรวยจะเป็น  $2^{\circ} 51' 45''$  ข้อต่อที่มีขายในปัจจุบันจะมีอยู่สามชุด ซึ่งใช้สัญลักษณ์ B, C และ D โดยที่สัญลักษณ์เหล่านี้จะแทนความยาวของผิวขัดที่สวมต่อกันระหว่าง Cone กับ Socket โดยแบบ B จะมีส่วนที่สวมกันยาวที่สุด แบบ D จะสั้นที่สุด

International Organization for Standardization ได้เสนอแนะว่าบนข้อต่อควรจะมีระบุเครื่องหมายต่างๆ ซึ่งแสดงถึง

- สัญลักษณ์แสดงชุดของข้อต่อ
- เส้นผ่าศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของส่วนที่ถูกขัด
- ความยาวเป็นมิลลิเมตรของส่วนที่ถูกขัดที่สวมต่อกัน

ด้วยเหตุนี้ข้อต่อที่มีเครื่องหมาย B24/29 แสดงว่า เป็นข้อต่อของชุด B มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่ปลายที่ใหญ่ที่สุดเป็น 24 มิลลิเมตร และความยาวของส่วนที่สวมถึงก้านเป็น 29 มิลลิเมตร ข้อต่อที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 มิลลิเมตรนี้ ในชุดทั้ง 3 ของข้อต่อจะมีเครื่องหมายดังนี้ B24/29, C24/20 และ D24/10 แต่ในปัจจุบันสัญลักษณ์ B, C และ D ได้เลิกใช้แล้ว ฉะนั้นจะมีเพียงเครื่องหมาย 24/29, 24/20, 24/10 เท่านั้น

Cone และ Socket ที่ใช้ในปัจจุบันทำจากแก้วแข็ง (Borosilicate glass) และมีขนาดต่าง ๆ กันจากชนิด 5/13 ถึง 55/44

Cone และ Socket นี้มีราคาแพงจึงควรใช้ด้วยความระมัดระวังตรงส่วนที่สัมผัสกันบางครั้งอาจต้องทาด้วยกรีส (Grease) บาง ๆ ก่อนสวมต่อกันและนำไปใช้งาน เช่น การนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ในการทำรีฟลักซ์ (Reflux) ความร้อนที่ใช้จะทำให้เกิดสูญญากาศที่ข้อต่อ

ได้ ฉะนั้นหากไม่ทำด้วยกรีสแล้ว จะถอดออกจากกันได้ยาก ในกรณีที่เกิดปัญหานี้ขึ้น อาจแก้ไขได้โดยการแช่ในน้ำยาล้าง หรือสารละลายล้างทำความสะอาดเครื่องแก้วสักพักหนึ่งหรือแช่ข้างคืน หากยังไม่สามารถแยกออกจากกันได้ก็ควรทำให้แห้งก่อนแล้วลนส่วนต่อด้วยเปลวไฟอ่อน ๆ นอกจากนี้ ตรงส่วนผิวที่ถูกขัดไว้ ไม่ควรใช้ของมีคมหรือของแข็งไปขูดผิวหน้านั้น เพราะจะทำให้สวมต่อกันได้ไม่สนิทเท่าที่ควรและจะเป็นข้อเสียโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากต้องการทำการทดลองในบรรยากาศที่ขาดออกซิเจน

ในปี ค.ศ. 1967 Quickfit ได้ปรับปรุงข้อต่อมาตรฐานใหม่ ซึ่งเรียกว่า “Clearfit” โดยที่ Cone และ Socket จะเป็นแก้วใสหมดคือส่วนที่จะสวมต่อกันไม่เป็นแก้วขัดเหมือนกับพวกข้อต่อ “Quickfit” ข้อดีของ “Clearfit” มีดังนี้

- ส่วนมากมักจะไม่จำเป็นต้องทำด้วยกรีส (Grease) ก่อนการสวมเข้าด้วยกัน
- อันตรายจากการยึดแน่นของ Cone และ Socket น้อยลง
- ผิวที่เรียบของแก้วใสของข้อต่อนี้ทำให้ทำความสะอาดได้ง่ายและปราศจาก

สิ่งเจือปนมากกว่าแบบผิวขัด

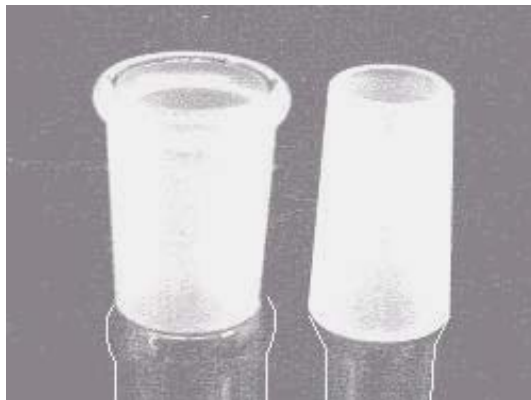
- “Clearfit joint” สวมกันได้สนิทกว่า
- แนวโน้มที่ไอจะซึมผ่านระหว่างผิวสัมผัสของ Cone กับ Socket มีน้อยกว่า
- การขัดแก้วทำให้แก้วเปราะ ซึ่งปกติมักจะหลีกเลี่ยงอยู่แล้ว ฉะนั้นข้อต่อแบบ

clearfit นี้จะแข็งแรงกว่าและแตกยากกว่า

- ความใสของข้อต่อแบบนี้มีข้อดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์

เพราะสามารถมองเห็นสเกลของเทอร์โมมิเตอร์ได้โดยตลอด

ด้วยเหตุดังกล่าวนี้ข้อต่อแบบนี้จึงมีราคาแพงกว่าแบบอื่น ๆ การที่ข้อต่อทั้งแบบ Quickfit และ Clearfit มีราคาแพงนี้ทำให้อุปกรณ์เครื่องแก้วที่ใช้ข้อต่อแก้วเหล่านี้มีราคาสูงไปด้วย ดังนั้นจะเป็นการประหยัดมากหากช่างเป่าแก้วสามารถทำการสร้างข้อต่อแก้วเหล่านี้ได้ในห้องเป่าแก้วที่รับผิดชอบอยู่ การสร้างข้อต่อแก้วแบบ Clearfit จะยุ่งยากมากเนื่องจาก Cone และ Socket จะต้องสวมกันสนิทอย่างไรก็ตามการสร้าง Cone และ Socket แบบผิวขัดจะทำได้ง่ายกว่า ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการทำข้อต่อแก้วแบบผิวขัด (Ground glass joint) เท่านั้น



รูป 8.15 Socket และ Cone แบบ Ground joint

### 8.12.1 การทำ Socket

Socket ของแต่ละบริษัทที่ผลิตออกจำหน่ายในท้องตลาดจะมีเบอร์และขนาดเท่ากันและสามารถนำไปใช้ร่วมกันได้ ดังนั้นการทำ Socket จึงต้องทำตามแบบสากลที่ผลิตออกจำหน่าย Socket มีเบอร์และขนาดต่างกันออกไป ตั้งแต่ขนาดเล็กสุดไปจนถึงใหญ่สุด เช่น 7/16, 10/19, 14/23, 24/32, เป็นต้น แก้วที่จะนำมาทำต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางแตกต่างกันไปแล้วแต่ความเหมาะสมของเบอร์ หรือขนาดนั้นๆ วิธีทำ Socket มีดังนี้

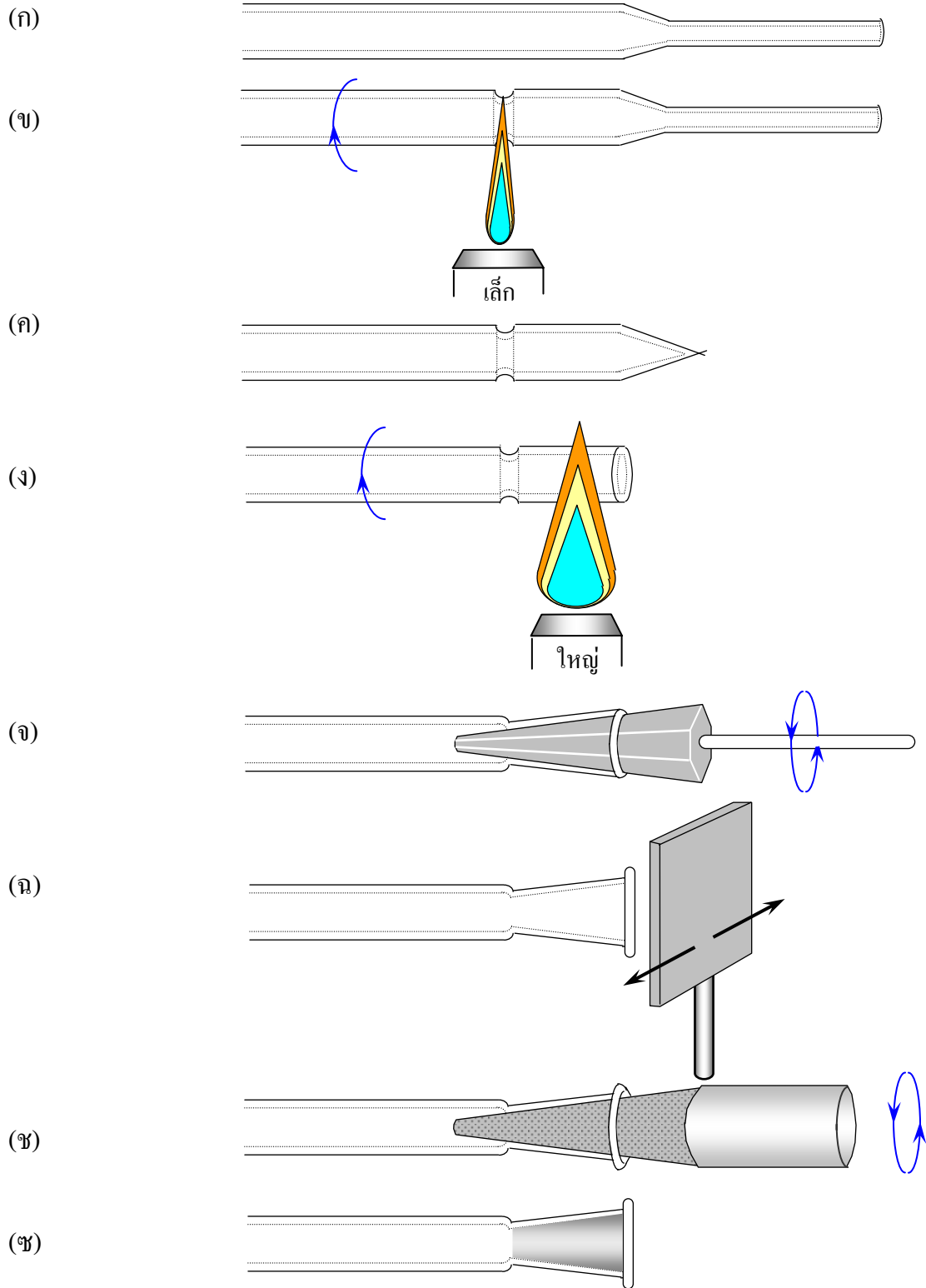
- 1) เตรียมแก้วที่ต้องการทำ และเครื่องมือที่จะใช้ได้แก่ แบบพิมพ์คาร์บอน แทนทำขอบ แผ่นคาร์บอนแบบมือถือ
- 2) ทำการขีดแก้วที่ปลายด้านที่ต้องการทำ Socket รอให้แก้วเย็น (รูป 8.16 ก)
- 3) วัดระยะความยาวของ Socket ที่ต้องการ ใช้ดินสอเขียนแก้วทำเครื่องหมายไว้ โดยวัดระยะบนหลอดแก้วเฉพาะส่วนที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันโดยวัดทางด้านปลายปิดนั้น
- 4) นำแก้วเข้าไฟตรงที่ทำเครื่องหมายไว้ นั้น เมื่อแก้วเริ่มอ่อนตัวนำออกจากไฟและหมุนกลิ้งบนแผ่นทำขอบ จนแก้วถูกกดให้เป็นร่องโดยรอบ (รูป 8.16 ข) ทำการกลิ้งต่อไปโดยจนร่องมีความลึกตามที่ต้องการ ซึ่งร่องนี้ก็คือปากของหลอดแก้วที่ต่อกับ Socket นั้นเอง
- 5) ขั้นต่อไปทำการตัดแก้วส่วนที่เรียวเล็กด้วยเปลวไฟจะทำให้ได้หลอดแก้วปลายปิดคล้ายกับกันหลอดทดลอง (รูป 8.16 ค) นำส่วนที่ปิดเข้าไฟ เมื่อแก้วอ่อนตัวนำไปเป่าให้โป่งออกเคาะแก้วส่วนที่โป่งออกนี้ทิ้งไป จะได้หลอดแก้วมีลักษณะปลายเปิด (รูป 8.16 ง)

6) ปรับให้ไฟมีขนาดโตพอสมควร นำแก้วตั้งแต่บริเวณที่คอดจนถึงปลายเปิด  
เข้าไฟ หมุนไปรอบ ๆ จนแก้วอ่อนตัวโดยทั่วถึง

7) นำหลอดคาร์บอนสอดเข้าไปในหลอดแก้วที่อ่อนตัวพร้อมกับหมุนแก้วไป  
รอบ ๆ (รูป 8.16 จ) แก้วที่อ่อนตัวเมื่อถูกแบบคาร์บอนจะบานและจะขยายตัวเป็นรูป Socket

8) แก้วเข้าไฟเพื่อแต่งตรงปากให้นูน โดยใช้แผ่นคาร์บอนแบบมือถือ (รูป 8.16  
ฉ)

9) Socket ที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเล็กกว่าขนาดที่แท้จริง  
ประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ซึ่งเมื่อนำไปขัดผิวภายในด้วยผงขัดซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide)  
โดยใช้เหล็กรูปกรวยคังรูป (รูป 8.16 ช) จะทำให้เนื้อแก้วหลุดออกไปจนกระทั่งได้ Socket ที่  
ต้องการ (รูป 8.16 ซ)

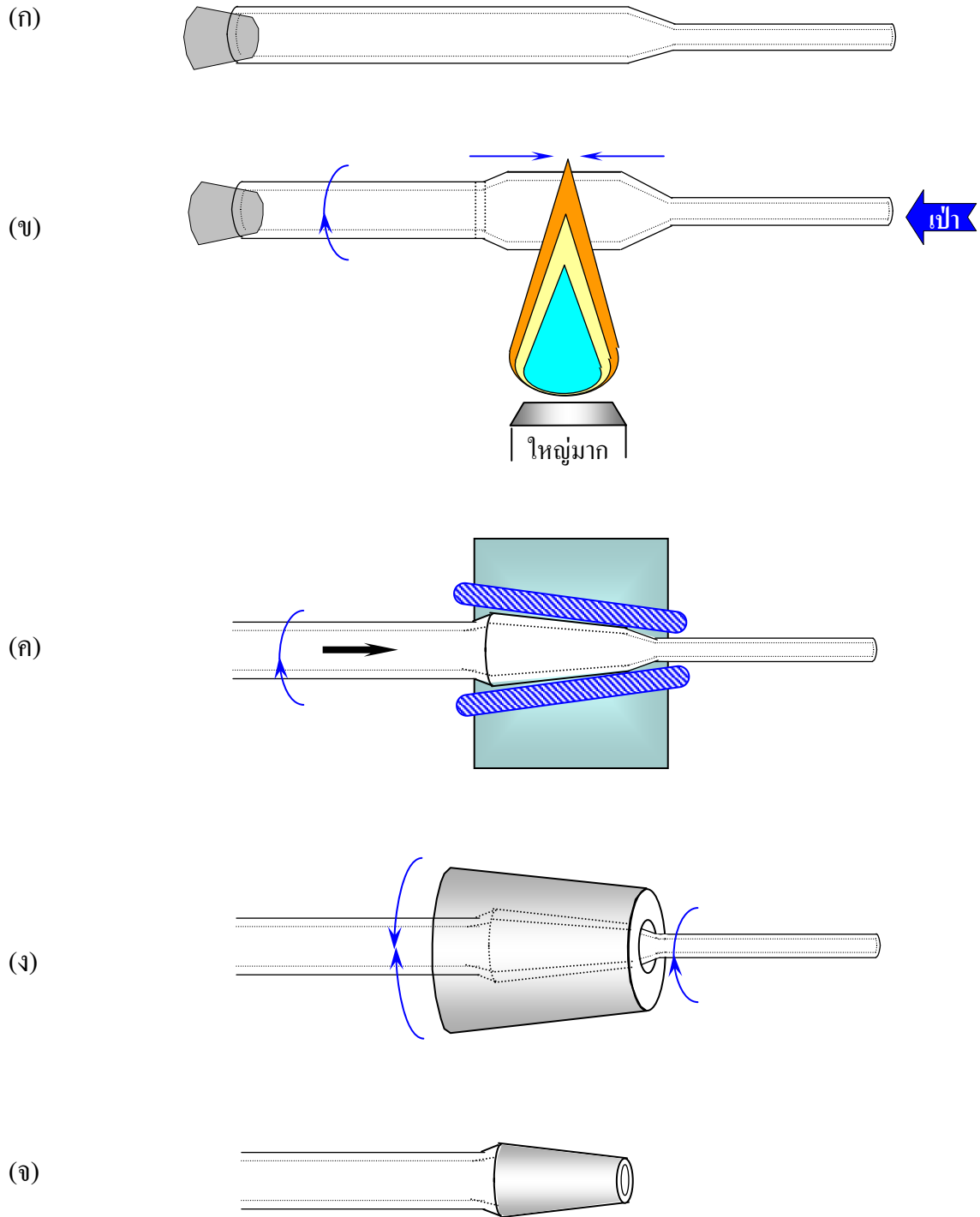


รูป 8.16 แสดงขั้นตอนการทำ Socket

### 8.12.2 การทำ Cone

ในการทำ Cone จะทำนองเดียวกันกับการทำ Socket การทำ Cone ต้องทำให้ได้ขนาดมาตรฐานสากล Cone ที่ทำได้ต้องสามารถนำไปใช้ร่วมกับของบริษัทอื่น ๆ ได้ด้วย การทำจะต้องเตรียมเครื่องมือ และแก้วที่จะทำ Cone ให้พร้อม โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) เริ่มด้วยการนำแก้วที่ทำมายึดด้านใดด้านหนึ่งออก (รูป 8.17 ก)
- 2) วัดระยะความยาวของ Cone ตามที่ต้องการ กาด้วยดินสอเขียนแก้ว แล้วนำแก้วไปเข้าไฟใช้อุณหภูมิพอสมควร หมุนแก้วทั้งสองมือพร้อม ๆ กันจนแก้วอ่อนตัว
- 3) นำออกจากไฟมาลึงกับแผ่นทำขอบ จนแก้วเป็นร่องโดยรอบแต่งแก้ว แล้วจึงนำแก้วที่จิดกับร่องที่ทำขอบด้านนอกไปเข้าไฟแล้วหมุนไปรอบ ๆ
- 4) เมื่อแก้วเริ่มอ่อนตัวให้ยื่นแก้วเข้าหากันทีละน้อย (รูป 8.17 ข) จนได้ความหนาตามที่ต้องการ
- 5) นำแก้วออกมาเป่าให้โป่งออกเล็กน้อย จากนั้นรีบนำแก้วเข้าแบบ (รูป 8.17 ค) พร้อมกับหมุนไปรอบ ๆ ทำเช่นนี้หลายครั้งจนกว่าจะได้ความยาวตามที่ต้องการ ในขณะที่หมุนนั้นควรพยายามให้แก้วตรงทุกครั้ง อย่าหมุนเร็วและกดแก้วแรงเกินไป Cone ที่ได้จะใหญ่และยาวกว่า Cone ที่สำเร็จแล้ว ประมาณ 1-2 มิลลิเมตร
- 6) เนื่องจากเราต้องนำมาขัดผิววนอกที่ขรุขระออก ซึ่งผงขัดจะขัดแก้วให้เล็กลงได้ขนาดตามมาตรฐานที่ใช้กันโดยทั่วไป (รูป 8.17 ง)
- 7) นำ Cone ที่ขัดมาวัดความยาวและทำการตัดส่วนที่เกินตัดออกแล้วทิ้งลบคมแก้วที่เป็นรอยตัดโดยนำไปเข้าไฟ ก็จะได้ Cone ตามต้องการ (รูป 8.17 จ)



รูป 8.17 แสดงขั้นตอนการทำ Cone



### 8.13 การเป่าแก้วศิลป์

จากที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่า การเป่าแก้ว แบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ ๆ คือ การเป่าแก้ววิทยาศาสตร์ และ การเป่าแก้วศิลป์ สำหรับการเป่าแก้วศิลป์ เป็นการนำแก้วซึ่งอาจเป็นแท่งแก้วกลวงหรือแก้วตัน มาดัดแปลงให้เป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามต้องการโดยอาจทำเป็นภาชนะเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เชิงเทียน ถ้วยใส่ของ เป็นต้น ทำเป็นเครื่องตกแต่งต่าง ๆ เช่น ทำเป็นรูปสัตว์ต่าง ๆ ในลักษณะอาการต่าง ๆ กัน ทำเป็นรูปผลไม้ หรือดัดแปลงให้เป็นรูปสิ่งก่อสร้างต่าง ๆ เช่น ตัวอาคาร เรือหงส์ และอื่น ๆ อีกมากมาย สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้มีคุณค่าทางศิลปะและสามารถใช้เป็นวิถีทางในการพัฒนาสมาธิและจินตนาการของช่างเป่าแก้วได้เป็นอย่างดี ดังนั้น ช่างเป่าแก้วอาจทดลองประดิษฐ์แก้วศิลป์ จะเป็นการเพิ่มพูนประสบการณ์ในการทำงาน ทำให้มีสมาธิที่ดีและทำให้เกิดจินตนาการใหม่ ๆ จากสิ่งที่เห็นในชีวิตประจำวันอีกด้วย ตัวอย่างของการเป่าแก้วศิลป์ ได้แก่ การทำหงส์ด้วยแท่งแก้วกลวง และการทำปลาโดยการทำปลาด้วยแท่งแก้วตัน เป็นต้น

การทำแก้วศิลป์ เป็นงานที่ละเอียดอ่อน ความสวยงามจะมีมากหรือน้อยความชำนาญและประสบการณ์ การทำแก้วศิลป์มีสิ่งที่จะต้องคำนึงถึงและควรทราบ ดังนี้

1. วัสดุที่ใช้ คือ แก้ว ทั้งแก้วอ่อนหรือแก้วแข็ง ชนิดตันหรือกลวงขนาดต่าง ๆ และ นอกจากนี้ยังมีแก้ว แก้วสี ที่เป็นแก้วอ่อนและแก้วแข็ง ได้เลือกได้มากมายตามจินตนาการ
2. เครื่องมือในการทำ ได้แก่ ตะเกียงเป่าแก้ว, คีมแบน, คีมปลายแหลม, แผ่นคาร์บอน, แท่งคาร์บอน เป็นต้น ซึ่งจะช่วยอำนวยความสะดวก และใช้เป็นอุปกรณ์ในการตกแต่งความสวยงาม
3. ต้องทราบจุดอ่อนของแก้ว รู้ว่าจุดใดควรจะทำในขณะที่แก้วอ่อนตัวเต็มที่หรือจุดใดจะทำเมื่อแก้วอ่อนตัวพอสมควร ซึ่งจะช่วยให้ทำงานได้รวดเร็ว สวยงาม
4. อัตราส่วนของการย่อส่วน ระหว่างของจริงกับของที่จะทำ ให้ย่ออัตราส่วนลงให้ได้รูปร่างและขนาดพองาม เช่น ลำตัว แขนขา หรือส่วนต่าง ๆ เมื่อย่ออัตราส่วนได้ดีแล้ว แก้วศิลป์ที่ออกมาจะสวยงามและเป็นธรรมชาติ
5. ลำดับขั้นตอนในการทำ เช่น การทำรูปสัตว์สี่เท้าจากแก้วตัน ขั้นตอนของการทำจะเหมือนกันหรือมีลักษณะแบบเดียวกันเกือบทั้งหมด แต่ที่จะแตกต่างกันที่อิริยาบถ เช่น รูปสัตว์ยืน เดินและวิ่ง ฯลฯ

### 8.13.1 การทำรูปปลา

แก้วที่ใช้เป็นแก้วตันและแก้วสี ขนาดของแก้วที่จะใช้ทำขึ้นอยู่กับขนาดปลาที่จะทำว่าตัวเล็กหรือตัวใหญ่ หรือถ้ามีแก้วขนาดเดียว เช่น มีแก้วตันขนาดปานกลาง ประมาณ 8 มิลลิเมตร หากจะทำตัวเล็กกระทำโดย ทำการขีดแก้วให้มีขนาดเล็กลง หรือต้องการทำตัวใหญ่ให้ทำการย่นแก้วให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมก็จะได้ตามขนาดตามที่ต้องการ การทำแบบนี้ดีสำหรับผู้ที่มีแก้วเพียงขนาดเดียว ทั้งนี้ทำให้แก้วเล็กลงหรือใหญ่ขึ้นกว่าเดิม ข้อเสียในการทำแบบนี้คือเสียเวลาในการทำมาก การทำรูปปลาด้วยแก้วตัน มีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

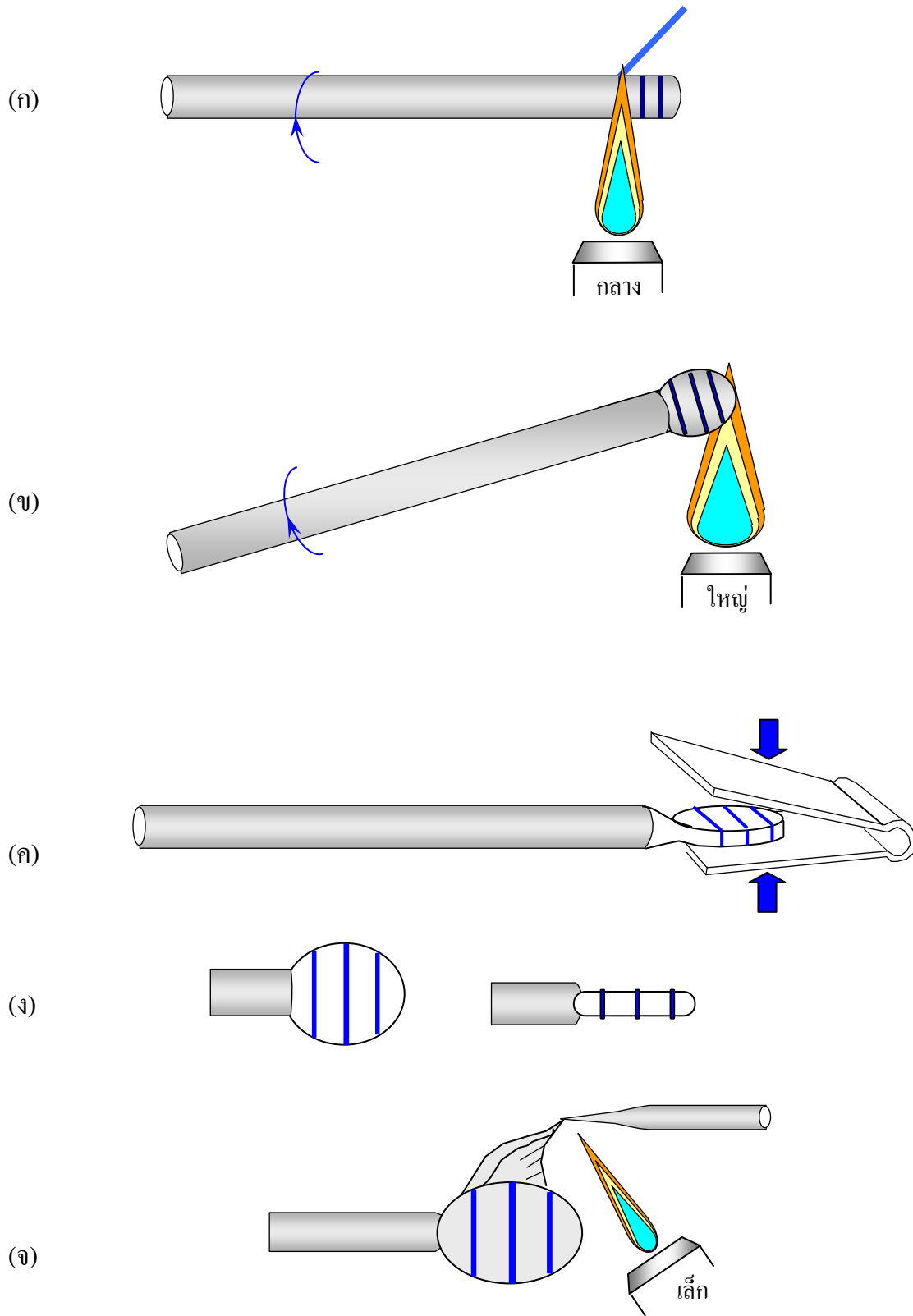
- 1) ขีดแก้วสีเป็นแท่งเล็ก ๆ เตรียมไว้ประมาณ 2-3 เส้น
- 2) นำแก้วสีที่เตรียมไว้และแก้วตันมาเข้าไฟ เมื่อแก้วอ่อนตัวนำมาแตะแท่งแก้วตันในแนวขนานกันทั้งสองด้าน แล้วขีดแก้วพร้อม จนได้ความยาวตามที่ต้องการ แก้วส่วนนี้ใช้สำหรับทำครีปลา
- 3) นำแก้วตันที่จะทำเป็นรูปปลาและแก้วสีที่ขีดไว้เข้าไฟ หมุนไปรอบ ๆ จนแก้วเริ่มอ่อนตัวแตะแท่งแก้วตันตรงด้านปลาย พร้อมกับหมุนแท่งแก้วให้แก้วสีที่อ่อนตัวพันรอบแท่งแก้ว เมื่อแก้วสีมาบรรจบกัน ก็ทำการตัดแก้วสีออกด้วยเปลวไฟ จากนั้นทำการพันแก้วสีลงบนแก้วตันเหมือนกับการทำครั้งแรก แต่ให้ห่างจากจุดเดิมประมาณ 0.5 ซม. ทำเช่นนี้จนได้แก้วสีพันแท่งแก้วตันประมาณ 3 รอบ (รูป 8.18 ก) หลังจากนั้นนำแก้วตันที่พันด้วยแก้วสีทั้งสามรอบเข้าไฟ หมุนไปรอบ ๆ จน แก้วสีที่พันอยู่หลอมเป็นเนื้อเดียวกันกับแท่งแก้ว เมื่อหลอมตัวต้องหมุนในลักษณะเงด้านปลายตั้งเฉียงเล็กน้อย ที่ทำเช่นนี้เพราะต้องการจะให้แก้วที่อ่อนตัวย่นลงมารวมตัวกันเป็นก้อนกลม (รูป 8.18 ข) เมื่อเห็นว่าแก้วที่ผายนกลมดีแล้วรีบนำออกมาบีบด้วยคีมแบน แก้วที่อ่อนตัวจะแบนตามแรงบีบเหมือนการทำแท่งคน จะได้ตัวปลาตามต้องการ (รูป 8.18 ค, ง)
- 4) การทำครีปลหลังของปลา นำแก้วที่เตรียมไว้สำหรับทำครีปลา (จากข้อ 2) และที่ทำเป็นตัวปลา (จากข้อ 3) เข้าไฟ เมื่อแก้วอ่อนตัว นำแก้วที่จะทำครีปลาแตะขอบตรงกลางด้านบนของตัวปลาเพื่อทำครี แล้วรีบดึงแก้วออกจากกัน แก้วก็จะขีดออกตัดแก้วด้านปลายที่ขีดออกด้วยไฟจะได้ครีปลหลังปลา (รูป 8.18 จ)
- 5) การทำครีปลล่าง ลักษณะการทำก็เหมือนการทำครีปลหลัง แต่ครีปลล่างจะมีสองครีปล ลักษณะของครีปลจะเอียงไปทางด้านข้างเล็กน้อย การแตะแก้วดึงครีปลล่างนี้ต้องให้เอียง

เล็กน้อย ตรงขอบของตัวปลา การทำจะต่างกับการทำครีบล้าง เพราะครีบล้างตะแคงเข้าตรงกลาง ส่วนครีบล้างตะแคงเข้าตรงริมขอบเพื่อทำครีบบางข้างในแนวเดียวกัน (รูป 8.18 ฉ)

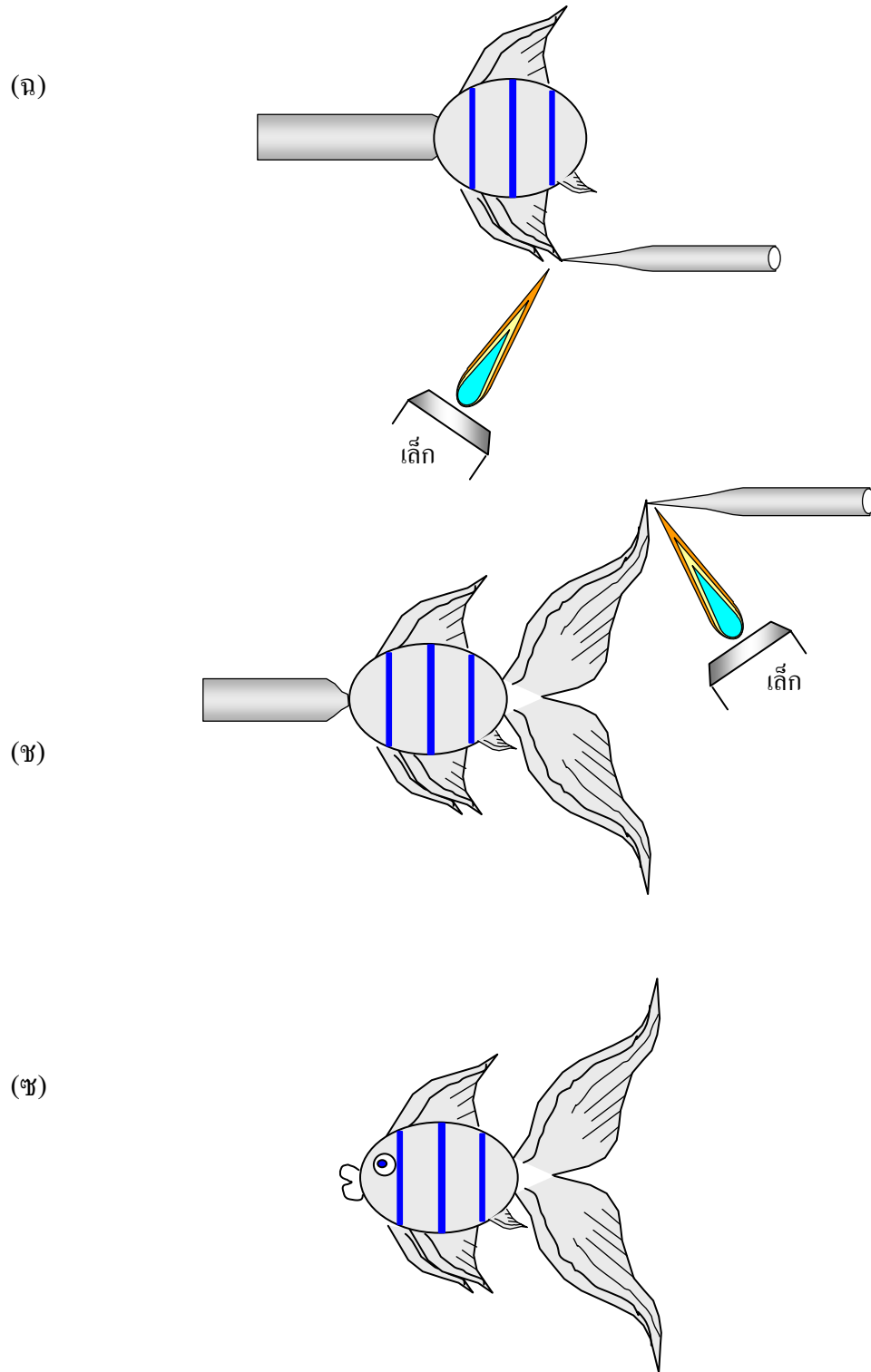
6) ส่วนการทำครีบลึกและหางปลา ครีบลึกนี้จะอยู่ระหว่างโคนหางและครีบน้ํา ครีบลึกนี้จะเล็กกว่าครีบน้ํา ซึ่งการทำก็กระทำคล้ายกันกับการทำครีบน้ํา จากนั้นเป็นการทำหางปลา (รูป 8.18 ช) หางที่จะทำนี้เป็นแบบหาง 2 แฉก การทำจะทำแฉกข้างล่างหรือแฉกข้างบนก่อนก็ได้ วิธีการคือ นำแก้วที่จะต่อทำหางและตัวปลา (ครีบลึก) เข้าไฟระหว่างครีบล้างและครีบบน เมื่ออ่อนตัวก็จะนำมาตะแคงเข้าด้วยกันพร้อมกับดึงเหมือนกับการทำครีบล้างที่ดึงยังเล็กไปให้ทำซ้ำหลาย ๆ ครั้งจนกว่าจะได้ขนาดเป็นที่พอใจและตัดด้วยไฟ จากนั้นทำแฉกที่สองโดยทำในลักษณะเดียวกันกับการทำแฉกแรก เมื่อหางเรียบร้อยแล้ว ไม่ต้องตัดแก้วที่ตะแคงกับหางออก เพราะต้องใช้เป็นด้ามถือสำหรับทำหัวปลาอีก

7) การทำหัวปลา เอาด้านหัวปลาเข้าไฟหมุนพร้อมกันทั้งสองมือ จนแก้วอ่อนตัวดีแล้วดึงออกจากกันและตัดด้วยไฟให้ชิด ๆ หัวปลา เมื่อแก้วขาดออกจากกันตรงที่ตัดออกจะแหลม นำส่วนที่แหลมเข้าไฟ จนแก้วหดตัวก็จะแยกออกนิด ๆ เป็นปากของปลา จากนั้นใช้แก้วสีที่ขีดไว้เข้าไฟ เมื่อแก้วสีอ่อนตัวนำมาตะแคงทำลูกตาให้พองาม จากนั้นรอให้เย็นแล้วจึงค่อยตัดตรงปลายหางออก จะได้รูปปลาตามที่ต้องการ (รูป 8.18 ซ)

บทที่ 8 ปฏิบัติการเป่าแก้วเบื้องต้น



รูป 8.18 การทำรูปปลา



รูป 8.18 การทำรูปปลา (ต่อ)

### 8.13.2 การทำหงส์

แก้วสำหรับการทำหงส์นั้นใช้แก้วกลางเป็นหลัก ส่วนแก้วตันใช้บ้างเล็กน้อย ตรงบริเวณปาก ตา และปีกของหงส์

การทำมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) การทำส่วนลำคอ เริ่มจากการยึดแก้ว เมื่อยึดแก้วตรงและหนาตามความต้องการแล้ว ปล่อยให้แก้วที่ยึดเย็นตัวลง แล้วตัดปลายแก้วที่ยึดออกทิ้ง (รูป 8.19 ก) จากนั้นนำแก้วตรงบริเวณที่ตัดจากการยึดครั้งแรกเข้าไฟ ห่างจากจุดแรกประมาณ 3 มม. เมื่อแก้วอ่อนตัวแล้ว ทำการยึดให้ยาวพอสมควร ส่วนที่ยึดครั้งนี้ ก็คือส่วนที่จะทำคอหงส์ (รูป 8.19 ข) เมื่อแก้วเย็นตัวลงนำแก้วเข้าไฟ ให้ตำแหน่งเปลวไฟอยู่ห่างจากจุดที่ 2 ประมาณ 3-5 ซม. เมื่อแก้วเข้าไฟจนอ่อนตัว นำออกมายึดจนแก้วแข็งตัวและตรงดี ตัดแก้วที่ยึดครั้งหลังออกจากกัน (รูป 8.19 ค)

2) การทำลำตัว ทำต่อจากขั้นตอนที่ 1 นำแก้วส่วนที่ยังไม่ยึดซึ่งยาวประมาณ 4-5 ซม. เข้าไฟ ไฟที่ใช้ตอนนี้ควรใช้เปลวใหญ่ เพราะส่วนของแก้วที่จะเข้าไฟกว้าง 4-5 ซม. เมื่อแก้วถูกไฟจนอ่อนตัวและหนาตามต้องการ นำแก้วออกมาเป่าพร้อมดึงเล็กน้อย แก้วจะขยายตัวออกรอบ ๆ โตขึ้นจนได้ขนาดลำตัวของหงส์ตามที่ต้องการ ทำการหมุนแก้วไปรอบ ๆ จนกว่าแก้วจะแข็งตัว (รูป 8.19 ง)

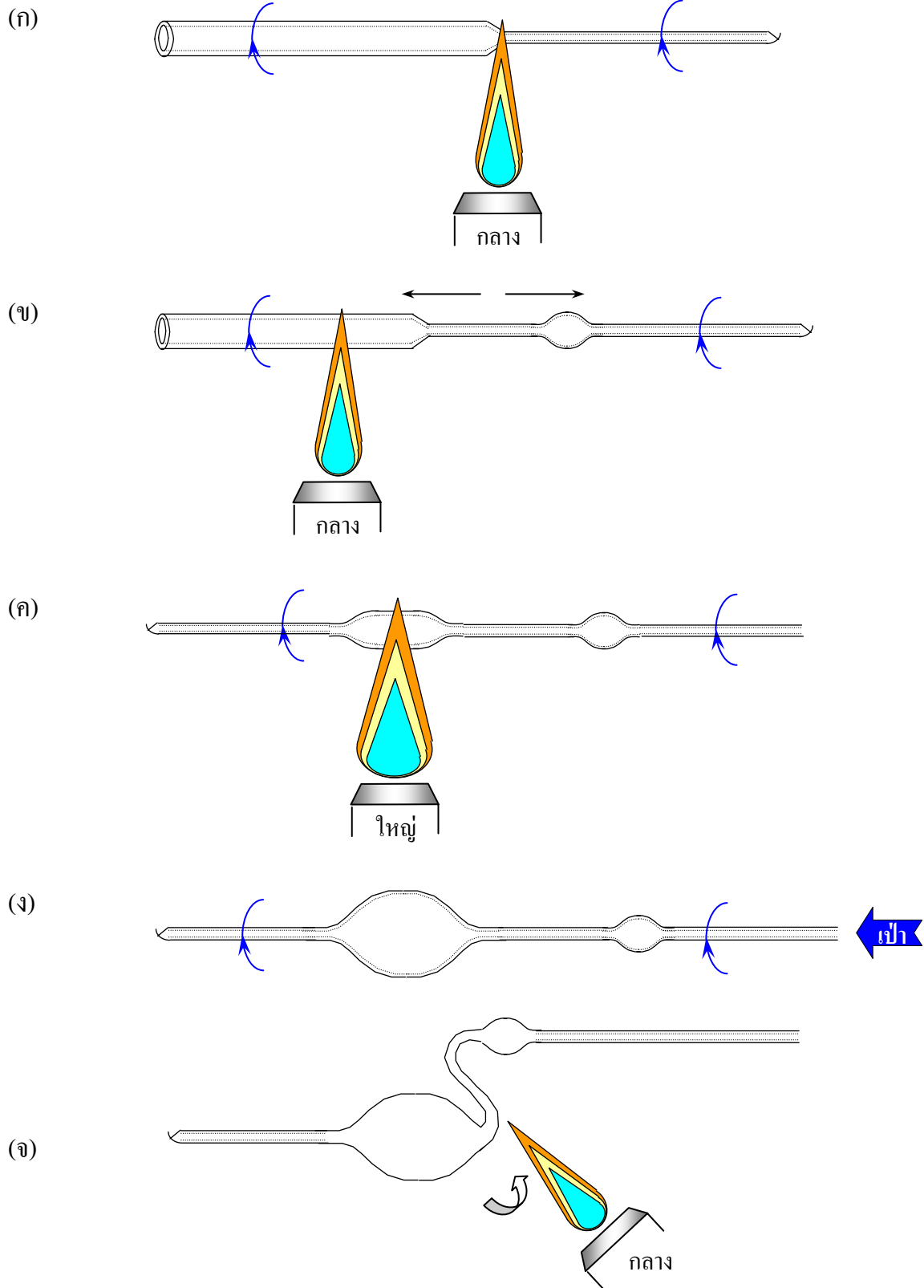
3) การ โคงส่วนตัวและหัว เมื่อเป่าได้ตัวหงส์ตามต้องการแล้ว ปรับไฟให้อุณหภูมิต่ำลงกว่าเดิม จากนั้นนำแก้วส่วนที่ยึดเป็นส่วนของคอหงส์เข้าไฟ เมื่อแก้วเริ่มจะอ่อนตัว ทำการตัดจุ่มให้ได้ส่วนงอตามต้องการ จากนั้นตัดแก้วด้านปลายออกให้เหลือแก้วในลักษณะเป็นก้อนหรือปมสำหรับทำส่วนหัว (รูป 8.19 จ, ฉ)

4) ปากและหงอน นำแก้วส่วนที่เหลือเป็นปมเข้าไฟ พอแก้วเริ่มอ่อนตัวทำการเป่าให้แก้วเป็นปมหนาบางเท่า ๆ กัน จากนั้นนำแก้วตันเข้าไฟจนให้จนให้ส่วนปลายอ่อนตัวและรวมตัวกันเป็นก้อน แล้วเอาส่วนหัวของหงส์เข้าไฟด้วย เมื่อแก้วอ่อนตัวนำแก้วทั้งสองตะเข้าด้วยกัน ให้ปมแก้วตันอยู่ด้านบนเพื่อเป็นหงอน จากนั้นค่อย ๆ ดึงออกจากกันให้ได้รูปปากของหงส์แล้วตัดด้วยไฟให้ขาดออกจากกัน เมื่อได้หงอนและปากแล้ว นำแก้วสีมาเติมทำเป็นตาทั้งสองข้าง (รูป 8.19 ช)

5) การทำปีกของหงส์ ปรับไฟให้ร้อนพอสมควร นำลำตัวหงส์ด้านข้างก่อนมาทางด้านหลังเล็กน้อยเข้าไฟ พอแก้วอ่อนตัวยุบตัวลงรีบนำออกมาเป่าเบา ๆ แก้วที่ถูกไฟยุบลงก็จะนูนออกมาเล็กน้อย การเป่าตอนนี้ห้ามเป่าแรงเพราะบริเวณเนื้อกษแก้วจะบาง หากเป่าแรงแก้วที่ขยายออกอาจแตกได้ เมื่อได้แก้วนูนตัวออกมาตามที่ต้องการนำเข้าไปพร้อมกับแก้วตันเมื่อแก้วอ่อนตัวนำแก้วตันแตะแก้วที่เป่านูนออกมาพร้อมกับดึง แก้วตันที่อ่อนตัวก็จะยืดออกและเล็กลง ทำการตัดด้วยไฟ อีกด้านหนึ่งก็ทำในลักษณะเดียวกัน จะได้ปีกทั้งสองข้าง (รูป 8.19 ซ)

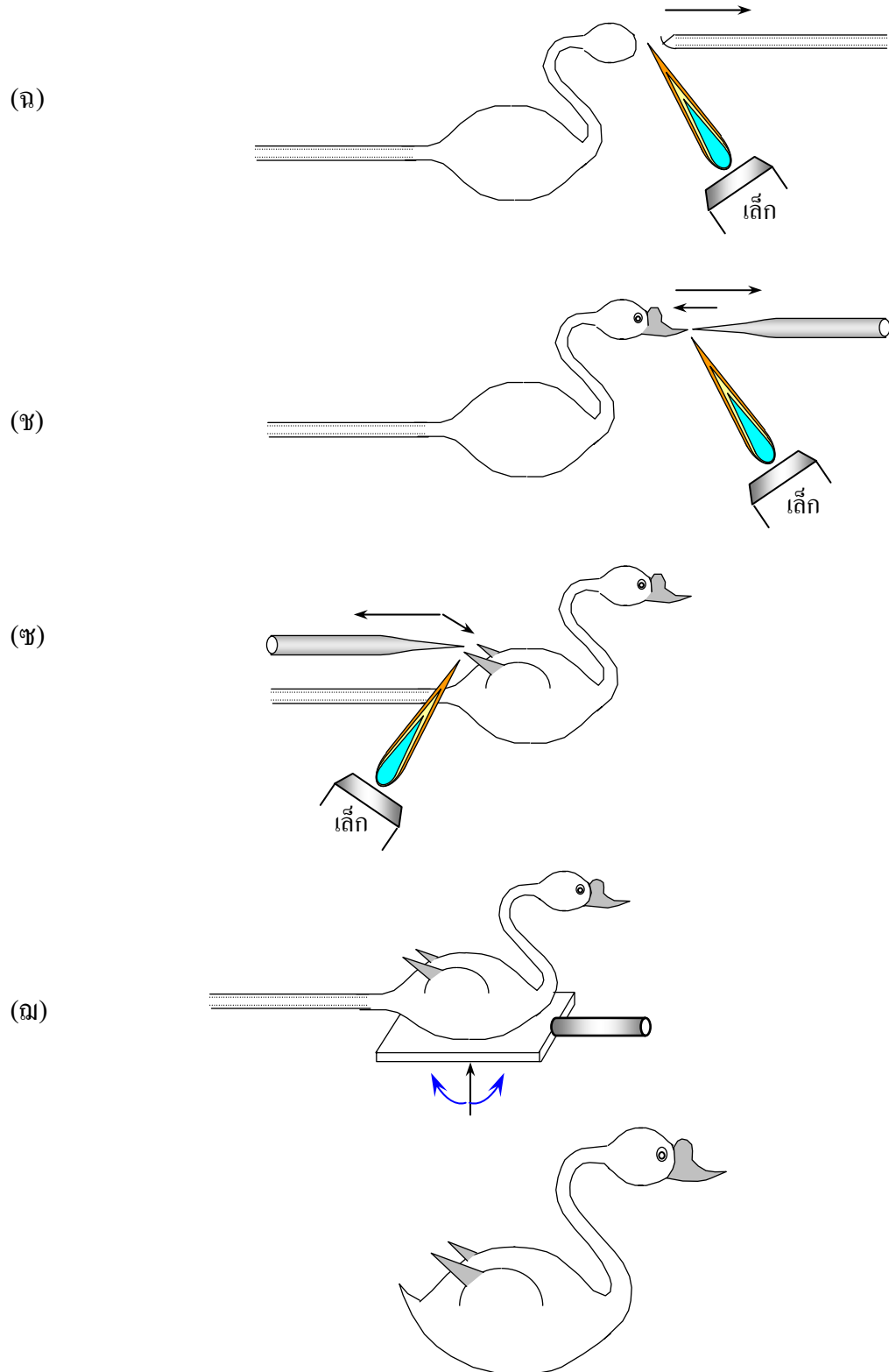
6) การทำฐานตั้งและการบรรจุน้ำสี (รูป 8.19 ฉ) จากการเป่าลำตัวหงส์ขั้นตอนที่ 2 ลำตัวหงส์มีลักษณะกลมรี เมื่อเป็นเช่นนี้หากบรรจุน้ำสีเข้าข้างในหงส์ จะวางตั้งไม่ได้ ดังนั้นก่อนการบรรจุน้ำสีควรทำท้องด้านล่างให้แบนเรียบเสียก่อน ซึ่งกระทำโดยนำบริเวณด้านล่างของลำตัวหงส์เข้าไปอ่อน ๆ พอแก้วเริ่มอ่อนตัวนำไปแตะกับแผ่นคาร์บอน ก็จะได้ส่วนท้องของหงส์แบนราบ จนสามารถที่ตั้งกับพื้นได้ เมื่อทำฐานเสร็จแล้วก็ทำการบรรจุน้ำสี จากนั้นตัดส่วนของหางออกให้สั้นและดึงให้ร้อนขึ้นข้างบน เมื่อเห็นว่าสวยงามดีแล้วปิดปลายตรงด้านหางออกโดยใช้ไฟลนให้สนิทกันเพื่อกันมิให้น้ำสีไหลออกมาได้ จะได้รูปหงส์ตามที่ต้องการ

บทที่ 8 ปฏิบัติการเป่าแก้วเบื้องต้น





รูป 8.19 การทำหงส์



### รูป 8.19 การทำหงส์ (ต่อ)