บทที่ 5
การเป่าแก้ว กับอุปกรณ์ต่าง ๆ

5.1 ชนิดต่าง ๆ ของการเป่าแก้ว

การเป่าแก้ว เป็นวิธีการนำเอาแก้วมาดัดแปลงเป็นรูปร่างต่าง ๆ ตามความต้องการ การเป่าแก้วมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับวิชาทางศิลปะมาก การเป่าแก้วต้องอาศัยความสามารถเฉพาะบุคคล ซึ่งต้องทำการฝึกฝนจนเชี่ยวชาญ และต้องคลุกคลีกับงานเป่าแก้วตลอดเวลา จึงจะสามารถทำได้ดี เกณฑ์ในการจำแนกชนิดของการเป่าแก้ว อาจจำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ของการเป่าแก้ว และตามกรรมวิธีการเป่าแก้ว ดังนี้

5.1.1 การเป่าแก้วจำแนกตามวัตถุประสงค์

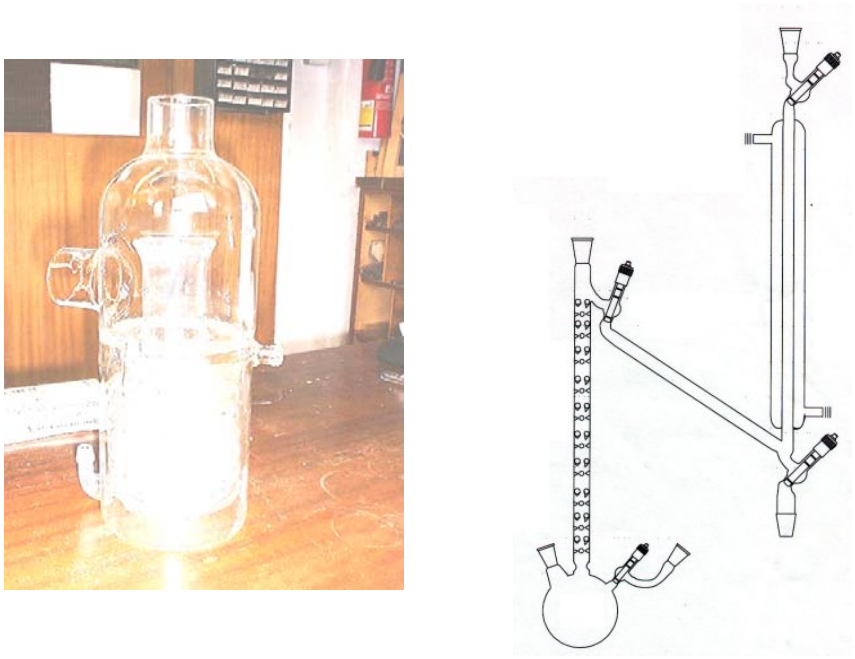
การเป่าแก้ว ถ้าจำแนกตามวัตถุประสงค์ของงาน สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การเป่าแก้วทางวิทยาศาสตร์ และการเป่าแก้วศิลป์

5.1.1.1 การเป่าแก้ววิทยาศาสตร์ (Scientific glassblowing)

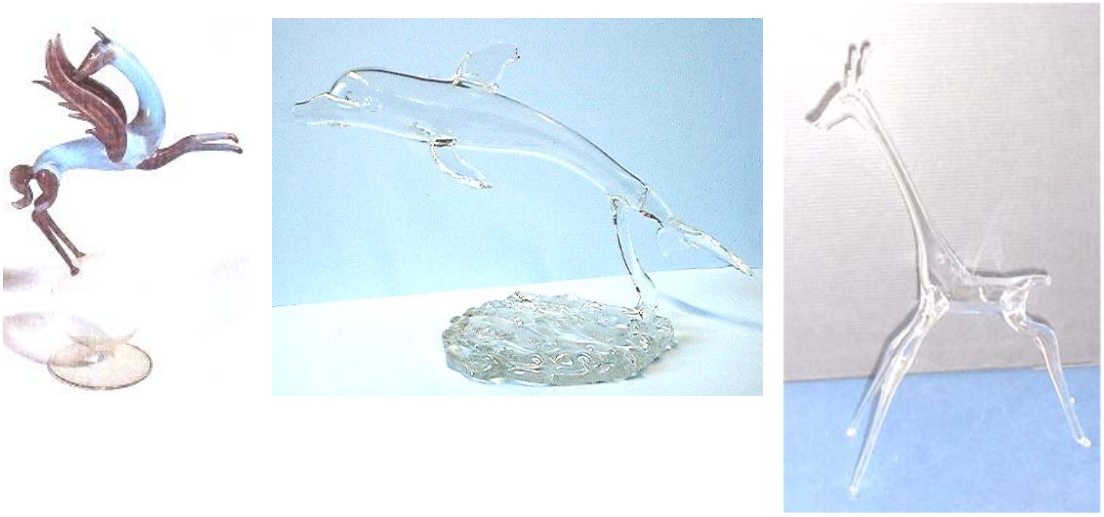
หมายถึงการเป่าแก้วเพื่อการสร้าง หรือซ่อมอุปกรณ์เครื่องแก้ววิทยาศาสตร์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ สำหรับใช้ประกอบการทำการทดลองและวิจัยทางเคมีหรือสาขาอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผลงานที่ออกมามักมีรูปแบบ ลักษณะ และขนาดที่ค่อนข้างแน่นอนเป็นมาตรฐานเดียวกัน เช่น ท่อนำก๊าซ, หยอดหยด, คอนเดนเซอร์ หรือชุดกลั่น เป็นต้น ดังรูป 5.1

5.1.1.2 การเป่าแก้วศิลป์ (Artistic glassblowing)

หมายถึง การเป่าแก้วเพื่อให้ได้ผลงานที่สวยงาม สำหรับทำเป็นเครื่องประดับ เครื่องตกแต่ง ทำของชำร่วยต่าง ๆ โดยผลงานที่ออกมามักมีรูปแบบไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับจินตนาการ, ความถนัดและการออกแบบของช่างเป่าแก้วแต่ละบุคคล เช่น เป่าแก้วเป็นรูปสัตว์, ดอกไม้, เรือ เป็นต้น ดังรูป 5.2



รูป 5.1 ผลงานการเป่าแก้วทางวิทยาศาสตร์



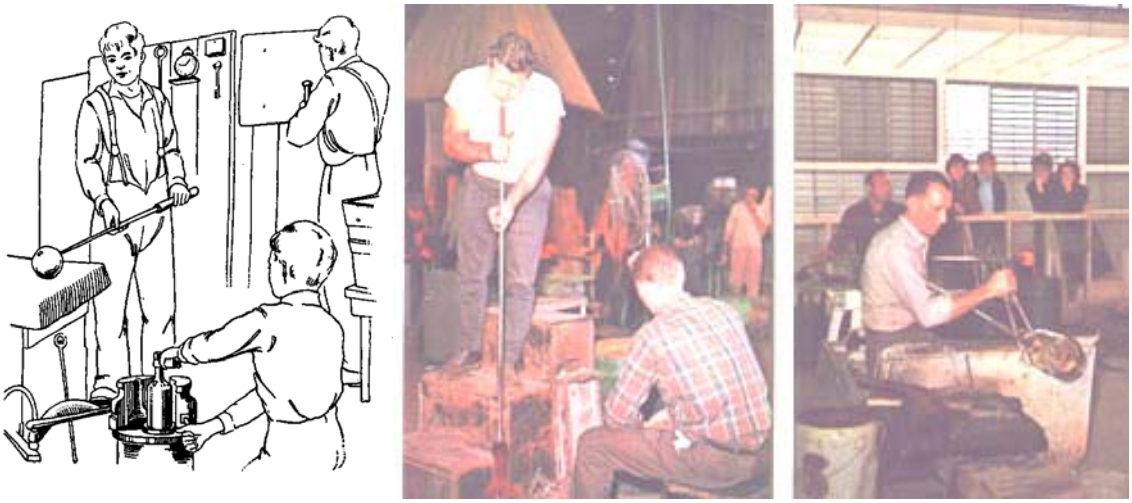
รูป 5.2 ผลงานการเป่าแก้วทางศิลปะ

5.1.2 การเป่าแก้วจำแนกตามกรรมวิธี คือ

การเป่าแก้ว เมื่อจำแนกตามกรรมวิธีในการเป่าแก้ว สามารถจำแนกได้ 2 ชนิดคือ การเป่าแก้วโดยไม่ใช้ตะเกียงหรือหัวเป่าแก้ว และ การเป่าแก้วโดยใช้ตะเกียงหรือหัวเป่าแก้ว

5.1.2.1 การเป่าแก้วโดยไม่ใช้ตะเกียงเป่าแก้ว

เป็นวิธีการเป่าแก้วที่เก่าแก่ โดยเริ่มจากแก้วที่หลอมเหลว (แก้วที่หลอมอาจมาจากการผสมสารต่าง ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของแก้วหรือมาจากเศษแก้วแตก) นำเอามารวมกันไว้ที่ปลายของท่อเหล็กที่จะเป่า (Iron blowpipe) และ มีการตกแต่งรูปร่างโดยใช้แผ่นไม้ จากนั้นทำการเป่าลมเข้าไปในท่อเหล็ก เพื่อให้แก้วที่หลอมเหลวพองตัวออกมีรูปร่างและขนาดตามต้องการ การเป่าโดยวิธีนี้ต้องอาศัยช่างเป่าแก้วที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ข้อเสียของวิธีนี้คือต้องใช้เวลามาก, ต้องมีเตาหลอมแก้ว, เสียค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูง นอกจากนั้นบางครั้งช่างเป่าแก้วไม่สามารถทำงานโดยลำพังตนเอง ต้องมีผู้ช่วยร่วมทำงานด้วย (รูป 5.3)



รูป 5.3 แสดงการเป่าแก้วโดยใช้ท่อเหล็ก (Iron blowpipe)

5.1.2.2 การเป่าแก้วโดยใช้ตะเกียงเป่าแก้ว

เป็นวิธีการเป่าแก้วที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมา เพื่อให้มีความสะดวกและง่ายในการเป่าแก้ว ง่ายในการฝึกฝนเรียนรู้ถึงหลักการเบื้องต้น สามารถปฏิบัติการเพียงคนเดียวโดยไม่ต้องมีผู้ช่วย จะทำเมื่อใดและนานเท่าใดก็ได้ วิธีการเป่าแก้วโดยวิธีนี้เริ่มจากการใช้ตะเกียงเป่าแก้วเผาแท่งแก้วหรือหลอมแก้วให้เปลี่ยนเป็นรูปต่าง ๆ ที่มีความสวยงามในแง่ศิลปะหรือทำเป็นเครื่องแก้ววิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้ ศิลปะการเป่าแก้วของช่างแต่ละคนจะมีขอบเขตจำกัดทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจินตนาการและความชำนาญ อย่างไรก็ดีความชำนาญจะเกิดขึ้นได้หากมีการปฏิบัติการบ่อย ๆ (รูป 5.4)

รูป 5.4 แสดงการเป่าแก้วโดยใช้ตะเกียงเป่าแก้ว

5.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเป่าแก้ว

สิ่งที่ขาดไม่ได้ในการเป่าแก้วคือ อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการเป่าแก้ว ซึ่งมีจำนวนมากมาย สำหรับผู้เริ่มต้นใหม่อาจต้องการอุปกรณ์ที่จำเป็นเพียง 2-3 อย่างเท่านั้น แต่ที่สำคัญต้องมีตะเกียงเป่าแก้ว

5.2.1 ตะเกียงเป่าแก้ว

ตะเกียงเป่าแก้ว มีหลายชนิดแตกต่างกันไปตามบริษัทที่ผลิต ดังรูป 5.5 แต่หลักการจะคล้ายคลึงกัน คือ การผ่านเชื้อเพลิง (อาจใช้ก๊าซบิวเทน, ก๊าซถ่านหิน, ก๊าซไฮโดรเจน, ก๊าซธรรมชาติ) เข้าไปในท่อหนึ่งและก๊าซออกซิเจนอีกท่อหนึ่ง ก๊าซทั้งสองจะพบกันที่หัวเตาหรือผสมกันก่อนถึงหัวเตาก็ได้ เมื่อจุดไฟจะได้เปลวไฟที่ร้อนมาก ตะเกียงเป่าแก้วสามารถจำแนกได้ 3 ระดับตามชนิดของเชื้อเพลิงที่ใช้ ดังนี้

1) ตะเกียงเป่าแก้วความร้อนสูง โดยออกแบบมาเพื่อใช้ก๊าซบิวเทนผสมกับออกซิเจนเป็นเชื้อเพลิง อุณหภูมิของเปลวไฟ ประมาณ 1,800-2,200^{0}C ตะเกียงเป่าแก้วชนิดนี้ใช้สำหรับดัดแปลงรูปร่างแก้วที่เป็นแก้วแข็ง เช่น แก้วโบโรซิลิเกต เป็นต้น การจุดไฟนั้นต้องจุดตอนที่ผ่านก๊าซบิวเทนเพียงเล็กน้อยไปยังหัวเตาก่อน แล้วค่อย ๆ เพิ่มปริมาณก๊าซบิวเทน ในขณะเดียวกันค่อย ๆ เพิ่มก๊าซออกซิเจน เปลวไฟที่เกิดจากปฏิกิริยาของก๊าซทั้งสองนี้จะมีความร้อนสูงมาก

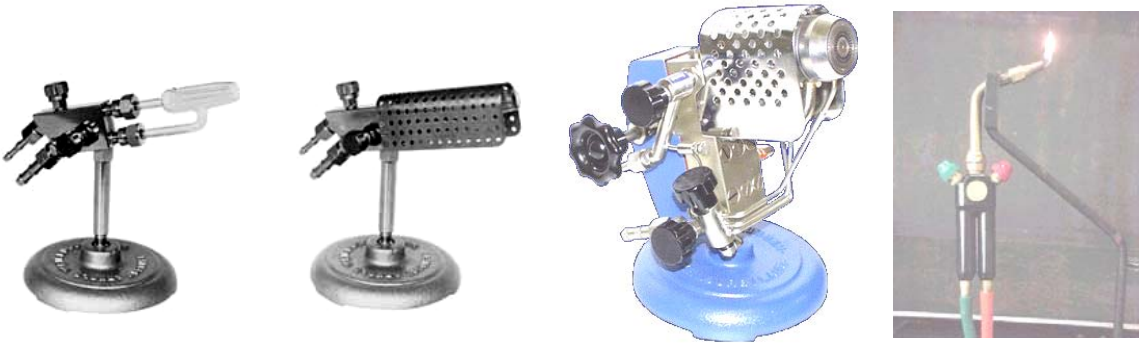
2) ตะเกียงเป่าแก้วความร้อนต่ำ ออกแบบเพื่อใช้ก๊าซบิวเทนกับอากาศผสมกันเป็นเชื้อเพลิง เปลวไฟที่ได้จะมีอุณหภูมิประมาณ 800^{0}C ตะเกียงเป่าแก้วชนิดนี้ใช้สำหรับเป่าแก้วอ่อน เช่น แก้วโซดา

3) ตะเกียงเป่าแก้วความร้อนปานกลาง ตะเกียงเป่าแก้วชนิดนี้ใช้ก๊าซบิวเทน, ก๊าซออกซิเจนและอากาศผสมกัน ความร้อนของเปลวไฟที่ได้จะมีอุณหภูมิไม่สูงและไม่ต่ำจนเกินไป คือประมาณ 1,600^{0}C นิยมใช้กันมากในประเทศเยอรมัน คือข้อดีของตะเกียงเป่าแก้วแบบนี้คือสามารถใช้กับแก้วแข็งและแก้วอ่อนได้ โดยการปรับอัตราการไหลของก๊าซทั้งสามตามต้องการ

ดังนั้นการเลือกใช้ตะเกียงเป่าแก้ว ต้องคำนึงถึงงานที่จะทำเป็นสำคัญ โดยจะต้องพิจารณาเชื้อเพลิงที่ใช้, ความร้อนที่ต้องการ, ความทนทานต่อความร้อนของหัวเป่าแก้ว และขนาดของหัวเป่าแก้วด้วย ซึ่งในปัจจุบันมีตะเกียงเป่าแก้วถูกผลิตออกมามากมายหลายลักษณะ

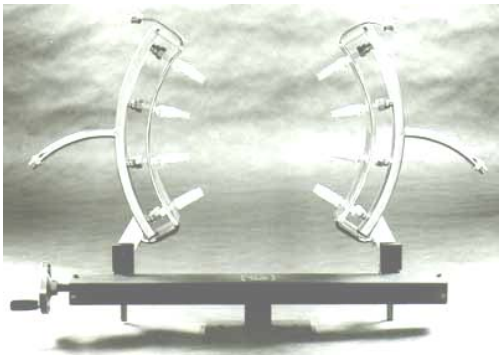
ก) หัวเป่าแก้วที่ทำจากคอวทซ์

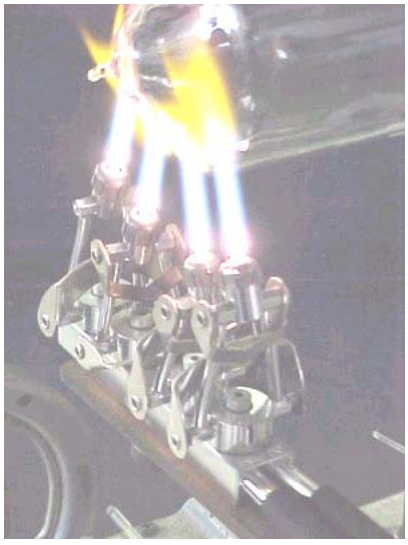
ข) หัวเป่าแก้วแบบมือถือ



ค) หัวเป่าแก้วแบบตั้งโต๊ะ

รูป 5.5 ตะเกียงเป่าแก้วแบบต่าง ๆ





ง) หัวเป่าแก้วแบบ Radial

รูป 5.5 ตะเกียงเป่าแก้วแบบต่าง ๆ

5.2.2 ก๊าซเชื้อเพลิง (Fuel gases)

ก๊าซเชื้อเพลิงที่สามารถใช้กับตะเกียงเป่าแก้ว สำหรับงานเป่าแก้วมีหลายชนิดคือ

5.2.2.1 ก๊าซถ่านหิน (Coal gas)

ก๊าซถ่านหินเป็นก๊าซที่ได้จากการเผาถ่านหินให้ร้อนประมาณ 1,000^{0}C ในที่ที่มีอากาศจำกัด ส่วนประกอบของก๊าซถ่านหินขึ้นอยู่กับแหล่งของถ่านหินที่ได้มา โดยทั่วไปค่าเฉลี่ยของส่วนประกอบต่าง ๆ ของก๊าซถ่านหินมีไฮโดรเจน 50%, มีเทน 32%, คาร์บอนมอนนอกไซด์ 8%, ไนโตรเจน 6% และเอธิลีน 4% (โดยปริมาตร) ก๊าซถ่านหินเหมาะสำหรับใช้กับการเป่าแก้วอ่อนเช่น แก้วตะกั่ว หรือ แก้วโซดา แต่ไม่ค่อยดีนักเมื่อใช้กับการเป่าแก้วแข็ง เช่น แก้วโบโรซิลิเกต

5.2.2.2 ก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen gases)

ก๊าซไฮโดรเจน สามารถนำมาใช้เป็นก๊าซเชื้อเพลิงในการเป่าแก้วได้ โดยก๊าซไฮโดรเจนจะถูกบรรจุในถังเหล็ก เมื่อเต็มถังจะมีความดันประมาณ 140kg/cm^2 (2,000 lb/in^2) ถ้าไม่มีก๊าซถ่านหินก็สามารถใช้ก๊าซไฮโดรเจนแทนได้ แต่ก๊าซไฮโดรเจนราคาค่อนข้างแพง แพงกว่าก๊าซถ่านหินมาก เปลวไฟที่ได้จาก**ก๊าซไฮโดรเจน กับอากาศ** จะมีอุณหภูมิประมาณ 2045^{0}C ไม่เหมาะสามารถใช้กับแก้วโซดาเพราะแก้วจะหลอมเร็วมาก เปลวไฟชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้กับแก้วโบโรซิลิเกต แต่เปลวไฟที่ได้จาก**ก๊าซไฮโดรเจน กับออกซิเจน** นั้นเหมาะสำหรับแก้วซิลิเกต เพราะอุณหภูมิสูงมาก ประมาณ 2,660^{0}C ซึ่งไม่เหมาะสำหรับใช้กับแก้วโบโรซิลิเกตเช่นกัน เพราะแก้วชนิดนี้จะหลอมเร็วเกินไป ทำการควบคุมได้ยาก

ความดันของก๊าซในถังก๊าซเชื้อเพลิง ไม่ควรปล่อยให้เป็นศูนย์บนเครื่องชี้ความดันของก๊าซในถัง ควรจะนำออกไปอัดก๊าซใหม่เมื่อความดันภายในถังมีมากพอ (ประมาณ 25 lb/in^2) ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศและออกซิเจนเข้าไปตกค้างภายในถังซึ่งจะเกิดการผสมกับก๊าซเชื้อเพลิงที่อัดใหม่

5.2.2.3 ก๊าซธรรมชาติ (Natural gas)

ก๊าซธรรมชาติส่วนใหญ่ประกอบด้วย ก๊าซมีเทน (CH_4) และมีก๊าซอื่น ๆ อยู่ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน ก๊าซที่สำคัญได้แก่ อีเทน โปรเปน และบิวเทน เป็นต้น ก๊าซธรรมชาตินี้ใช้กันมากในงานเป่าแก้วในประเทศสหรัฐอเมริกา เพราะราคาค่อนข้างถูกและมีประสิทธิภาพดีพอควร เปลวไฟระหว่างก๊าซธรรมชาติกับอากาศ จะมีอุณหภูมิประมาณ 1,875^{0}C และเปลวไฟระหว่างก๊าซธรรมชาติกับออกซิเจน จะมีอุณหภูมิประมาณ 2,930^{0}C

5.2.2.4 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (Liquified petrolium gas, LPG)

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว ประกอบด้วยก๊าซโพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) บรรจุอยู่ในถังโลหะที่ความดัน 7-10 kg/cm^3 (100-140 lb/in^2) เป็นของเหลว แต่ที่ความดันบรรยากาศ โพรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) จะมีสถานะเป็นก๊าซ ปิโตรเลียม (LPG) สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการเป่าแก้วได้ แต่ต้องใช้ตะเกียงเป่าแก้วที่ออกแบบพิเศษ เชื้อเพลิงนี้ประกอบด้วยโพรเพนเหลวและบิวเทนเหลวในอัตราส่วนต่างกัน และยังมีไฮโดรคาร์บอนอื่นอยู่เป็นจำนวนเล็กน้อย เชื้อเพลิงนี้จะกลายเป็นไอเมื่อนำมาใช้ที่ความดันบรรยากาศ ปิโตรเลียมเหลวไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่เป็นพิษ ติดไฟได้ง่าย จึงต้องระมัดระวัง อย่างก็ตามผู้ผลิตจะเติมกลิ่นที่มีกลิ่นฉุนลงไปด้วยเพื่อใช้เป็นสัญญาณเตือนผู้ใช้เมื่อมีการรั่วของก๊าซเกิดขึ้น

ดังนั้น เมื่อนำเอาก๊าซเชื้อเพลิงไปใช้ในตะเกียงเป่าแก้ว ตะเกียงเป่าแก้วต้องออกแบบให้เหมาะสมกับก๊าซเชื้อเพลิงชนิดนั้นด้วย ส่วนอุณหภูมิของเปลวไฟที่เกิดขึ้นขึ้นอยู่กับว่าผสมอากาศหรือออกซิเจนกับก๊าซเชื้อเพลิงชนิดใด อุณหภูมิสูงสุดของเปลวไฟที่ได้จากก๊าซเชื้อเพลิงกับอากาศและ/หรือออกซิเจนสามารถสรุปได้ดังตาราง 5.1

ตาราง 5.1 ก๊าซเชื้อเพลิงที่ใช้ในตะเกียงเป่าแก้ว

ก๊าซเชื้อเพลิง	ตัวช่วยการสันดาป	อุณหภูมิสูงสุด (^{0}C)
ไฮโดรเจน	อากาศ	2,045
ไฮโดรเจน	ออกซิเจน	2,660
ก๊าซถ่านหิน	อากาศ	1,950
ก๊าซถ่านหิน	ออกซิเจน	2,730
ก๊าซธรรมชาติ	อากาศ	1,875
ก๊าซธรรมชาติ	ออกซิเจน	2,930
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	อากาศ	1,930
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	ออกซิเจน	2,760

5.2.3 แว่นตาเป่าแก้ว

ในการเป่าแก้วจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสวมแว่นตาเป่าแก้วด้วยทุกครั้ง เลนส์ของแว่นตาเป่าแก้วแตกต่างจากเลนส์ของแว่นสายตาหรือแว่นกันแดดทั่วไป เลนส์ของแว่นตาเป่าแก้วส่วนใหญ่ใช้เลนส์ที่เรียกว่า **Didymium** ซึ่งเป็นแก้วพิเศษที่ประกอบด้วย Neodymium oxide และ Praseodymium oxide เลนส์นี้สามารถดูดกลืนแสงสีเหลืองได้ถึง 90% (แสงสีเหลืองเกิดจากการเผาแก้วในเปลวไฟที่ใช้ก๊าซเชื้อเพลิงต่าง ๆ กับออกซิเจน)

สาเหตุที่ต้องจำกัดแสงสีเหลืองของเปลวไฟ ก็เนื่องจากแสงสีเหลืองนั้นเป็นแสงที่เกิดจากธาตุโซเดียมในเนื้อแก้วถูกเผาด้วยความร้อน แล้วคายพลังงานหรือเปล่งในช่วงแสงสีเหลืองออกมา ซึ่งมีความสว่างจ้ามาก ฉะนั้นจะบดบังการทำงานของผู้เป่าแก้วและแสงนี้ยังประกอบด้วยแสงอัลตร้าไวโอเลต (UV) ซึ่งเป็นอันตรายต่อตามาก (รูป 5.6)

รูป 5.6 แว่นตาเป่าแก้วแบบต่าง ๆ

5.2.4 อุปกรณ์อื่น ๆ

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในงานเป่าแก้วที่นอกเหนือจากที่กล่าวมาแล้ว ยังมีอุปกรณ์อื่น ๆ อีกหลายอย่างที่จำเป็นในการเป่าแก้ว โดยจะขอแนะนำเฉพาะอุปกรณ์ที่จำเป็นเท่านั้น เช่น

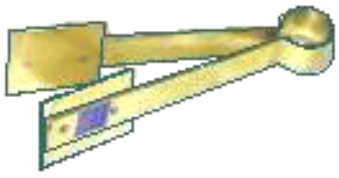
1) มีดตัดแก้ว (Glass-cutting knife) ทำด้วย Tungsten carbide ใช้สำหรับตัดแก้ว โดยกรีดแก้วให้เป็นรอยแล้วหักแก้วโดยใช้มือ

2) แผ่นคาร์บอน (Carbon plate) ใช้สำหรับกดแก้ว หรือตบแต่งแก้วให้แบนราบในขณะที่แก้วร้อน

3) แบบคว้านแก้ว (Reamers) ใช้สำหรับคว้านภายในหลอดแก้วกลวง ให้ขยายออก

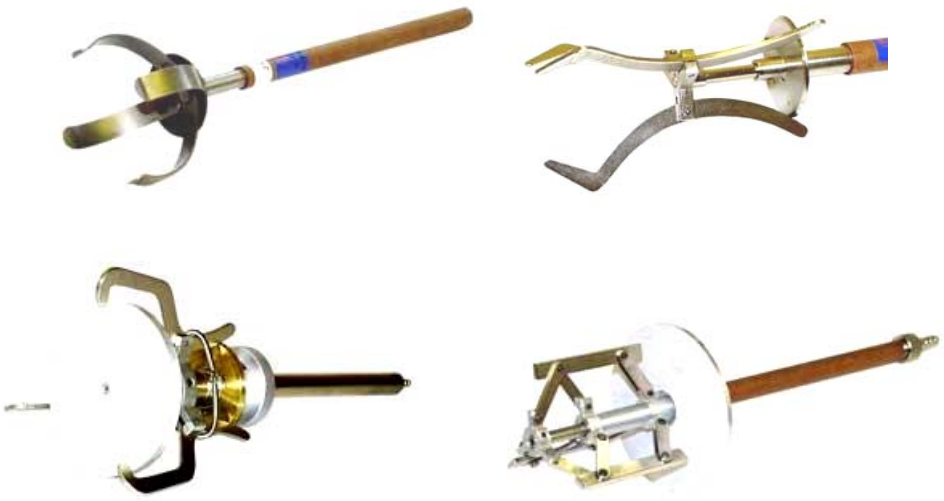
4) แท่งคาร์บอน (Carbon reamers) สำหรับคว้านหลอดแก้วที่มีขนาดใหญ่ เช่น ใช้ในการทำ socket และ cone

5) ปากคีม (Tweezers) และ**คีม** (Forceps) ใช้สำหรับบีบหรือคีบแก้ว เช่น ใช้ปากคีบบีบแก้วให้แบน ในการทำแท่งแก้วคนสาร หรือใช้คีมปากแหลม ใช้ดึงแก้วในการทำหลอดทดลอง



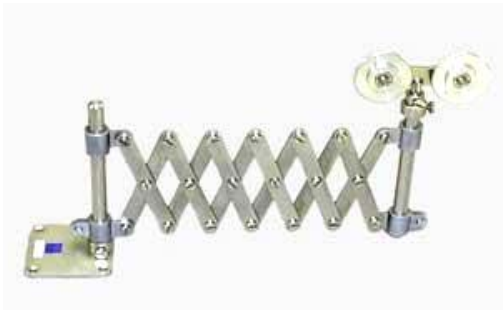
6) แบบม้วนแก้ว (Winder) ใช้สำหรับม้วนขดแก้ว (Condenser coils) ในเครื่องควบแน่น (Condenser)

7) มือจับแก้ว (Holders) ใช้สำหรับจับหรือยึดภาชนะแก้ว เช่น ขวดก้นกลม ในขณะทำการเป่าแก้ว

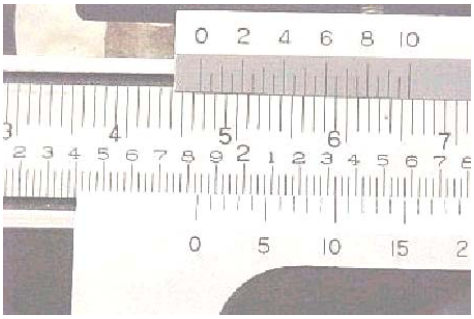


8) แป้นทำขอบแก้ว (Constriction tool) ใช้สำหรับทำขอบแก้ว หรือทำให้แก้วเป็นร่อง

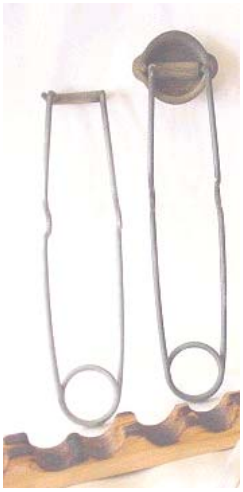
9) แท่นลูกกลิ้งหมุนท่อแก้ว (Roller) ใช้สำหรับเป็นที่รองปลายแท่งแก้ว ช่วยให้หมุนแท่งแก้วได้สะดวก



10) เครื่องวัด เช่น เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier caliper)



11) อุปกรณ์สำหรับจุดไฟ (Two strikers or flint lighters)



12) อุปกรณ์ที่ช่วยในการเป่าลม (Blowhose)

13) จุกยางแบบต่าง ๆ (Stoppers)

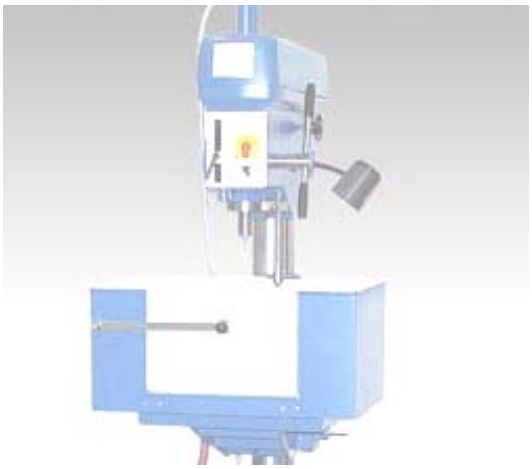
5.3 เครื่องมือพิเศษที่ใช้ในการเป่าแก้ว

เครื่องมือเหล่านี้ช่วยทำให้การทำงานสะดวกรวดเร็วขึ้นและเพิ่มขีดความสามารถของห้องเป่าแก้วให้มากขึ้นไป เครื่องมือพิเศษที่มีใช้กันได้แก่ เครื่องตรวจสอบความเครียดในเนื้อแก้ว (Polariscope) อันเนื่องจากแก้วมีอุณหภูมิต่างกัน (ขณะทำงานและ/หรือเย็นตัวลง) แท่งกลึงแก้วหรือเครื่องจับแก้ว, เครื่องตัดแก้ว เป็นต้น

รูป 5.7 เครื่องโพลาริสโคป

รูป 5.8 แท่นกลึงแก้วหรือเครื่องจับแก้ว

รูป 5.9 เครื่องเจียร์แก้วหรือเครื่องขัดแก้ว



รูป 5.10 เครื่องเจาะแก้ว

รูป 5.11 เครื่องตัดแก้วแบบต่าง ๆ

รูป 5.12 ตู้อบแก้ว