

โอโซนเพื่อชีวิตและสุขภาพ

Ozone for Life and Health

รศ. ศิริวัฒน์ โพธิเวชกุล รศ. ดร. วีระเชษฐ์ ชันเงิน นายพงษ์เทพ เกิดคอนแฝก

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Email: kpsiriwa@kmitl.ac.th

1. บทนำ

ปัญหามลภาวะสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษต่อชีวิตและสุขภาพในปัจจุบัน เป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจและพยายามแก้ไขจากหลาย ๆ หน่วยงาน แต่เนื่องจากค่าใช้จ่ายที่เสียไปกับกระบวนการบำบัดและค่าสารเคมีที่ใช้ยังสูงอยู่มาก กระทั่งต้นทุนการผลิตและการบริการ เป็นสาเหตุที่ทำให้ผู้ก่อให้เกิดมลพิษทั้งทางอากาศและน้ำแก่งละเลยในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทั้งที่ทราบดีถึงอันตรายที่เกิดขึ้นต่อชีวิตและสุขภาพของเพื่อนมนุษย์และโลกที่อาศัย อีกทั้งบางครั้งกระบวนการหรือสารเคมีที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้านหนึ่งกลับไปส่งผลกระทบต่อการก่อปัญหาด้านอื่นเพิ่มขึ้น ดังนั้นการค้นคว้าวิจัยกระบวนการบำบัดมลภาวะที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาซ้ำซ้อนและมีราคาไม่แพง จึงเป็นสิ่งที่นักวิจัยทั่วโลกให้ความสนใจ ในปัจจุบัน โอโซน คือก๊าซที่เริ่มเป็นที่รู้จักแพร่หลายในแง่คุณสมบัติทางเคมีที่สามารถทำความสะอาดและบำบัดให้กับน้ำและอากาศที่มีสิ่งเจือปนได้เป็นอย่างดี เมื่อเทียบกับสารเคมีชนิดอื่น ๆ เพราะมีค่า Oxidation potential สูงกว่าสารเคมีชนิดอื่น ๆ มาก จัดว่าเป็นสารที่มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโดยเฉพาะเชื้อไวรัส ซึ่งคลอรีนไม่สามารถทำลายได้ โดยคุณสมบัติเฉพาะตัวแล้ว โอโซนเป็นก๊าซพิษ มีค่าศักย์ออกซิเดชันสูงถึง 2.07 V (สำหรับ คลอรีน 1.36 V) โอโซนมีการทำปฏิกิริยาที่รุนแรงกว่าคลอรีน มีผลกระทบต่อการเกิดการระคายเคือง แต่มีช่วงเวลาดี้นสุดการทำปฏิกิริยา เนื่องจากโอโซนสามารถสลายตัวง่ายจึงเป็นข้อได้เปรียบในด้านของการไม่มีสารตกค้าง และเมื่อสลายตัวจะกลายเป็นก๊าซออกซิเจนที่เป็นประโยชน์ต่อชีวิตและสุขภาพ แต่โอโซนเป็นก๊าซที่ไม่เสถียร การผลิตจึงไม่สามารถเก็บก๊าซไว้เป็นระยะเวลานานได้ ต้องทำการผลิต ณ ตำแหน่งสถานที่ใช้งาน อีกทั้งเครื่องผลิตก๊าซโอโซนได้มีการนำเข้าจากต่างประเทศมาจำหน่าย ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูงและปัญหาในเรื่องชิ้นส่วนอะไหล่และการซ่อมบำรุง รวมทั้งเทคโนโลยีที่ใช้ไม่ค่อยสอดคล้องกับสภาวะแวดล้อมของประเทศไทย ดังนั้นจากการศึกษาและวิจัยโดยคณาจารย์และนักศึกษาของ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สามารถผลิตและสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซนคุณภาพสูง ราคาไม่แพง โดยใช้วัสดุส่วนใหญ่ภายในประเทศเป็นส่วนประกอบ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหามลพิษของประเทศเป็น

ที่ยอมรับ โดยได้รับการจดอนุสิทธิบัตรจากกรมทรัพย์สินทางปัญญา และนำเสนอในงานพระจอมเกล้า
ลาดกระบังนิทรรศ 49 อีกด้วย

เทคโนโลยีบำบัดมลพิษด้วยก๊าซโอโซน ในการรักษาสีสิ่งแวดล้อมเพื่อชีวิตและสุขภาพที่ดีขึ้น
แล้ว ยังช่วยในเรื่องการอนุรักษ์และประหยัดพลังงานอีกด้วย ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์นำเอาก๊าซ
โอโซนไปใช้ในอุตสาหกรรมและชีวิตประจำวันหลากหลาย อาทิเช่น การบำบัดและอนุรักษ์พลังงานใน
ระบบหอผึ่งเย็น(Cooling Tower)ของระบบทำความเย็น หม้อเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ น้ำเสียอาคาร
สำนักงานและอุตสาหกรรม หม้อเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำดื่ม บำบัดอากาศและกลิ่น บำบัดสีในขบวนการ
ฟอกย้อม ลดพลังงานในระบบซักผ้า บำบัดอากาศและน้ำในสปา หม้อเชื้อโรคในผักและผลไม้ เป็นต้น

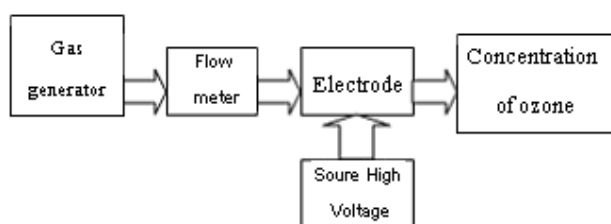


2. เครื่องผลิตก๊าซโอโซนคุณภาพสูง

การผลิตและสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซนที่มีคุณภาพสูง ราคาไม่แพง โดยใช้วัสดุส่วนใหญ่
ภายในประเทศเป็นส่วนประกอบ คิดตั้งใช้งานสะดวกมีเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาวะแวดล้อมของ
ประเทศไทยเป็นวัตถุประสงค์ที่สำคัญยิ่งของงานวิจัย โดยใช้หลักการสนามไฟฟ้าแรงสูงความถี่สูงใน
การเปลี่ยนอากาศเป็นก๊าซโอโซน (O_3) ซึ่งเป็นก๊าซที่ประกอบด้วยออกซิเจน 3 อะตอมจับตัวกัน

อยู่ในสถานะไม่เสถียร(Meta-stable state) สลายตัวได้ง่ายขึ้นอยู่กับเงื่อนไขแวดล้อมและความหนาแน่นของปริมาณที่ผลิต ขั้นตอนการผลิตประกอบด้วยกระบวนการสร้างอะตอมอิสระของออกซิเจนจากโมเลกุลก๊าซออกซิเจนในอากาศ หลังจากนั้นอะตอมอิสระเหล่านี้จะรวมตัวเข้ากับโมเลกุลก๊าซออกซิเจนเกิดเป็นโอโซน O_3

การออกแบบสร้างเครื่องผลิตก๊าซโอโซน โดยใช้หลักการโคโรนาดีสชาร์จแบบความถี่สูงแรงดันสูง ทำให้อากาศที่ไหลผ่านแท่งอิเล็กโทรดทรงกระบอกซ้อนกันร่วมเกิดการเปลี่ยนเป็นก๊าซโอโซน ซึ่งเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบความถี่สูง มีขนาดเล็กและใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตน้อยกว่าเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบความถี่ต่ำในกำลังผลิตก๊าซโอโซนที่เท่ากัน ในงานวิจัยนี้พบว่าการใช้ความถี่สูงในการสร้างโคโรนาดีสชาร์จให้อากาศที่ไหลผ่านแท่งอิเล็กโทรดส่งผลให้ได้ปริมาณก๊าซโอโซนที่เข้มข้นขึ้นและใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง ทำให้สามารถออกแบบแท่งอิเล็กโทรดให้มีขนาดเล็กลง ลดต้นทุนในการผลิตและสามารถสร้างเครื่องที่มีขนาดเล็กแต่ประสิทธิภาพสูงขึ้น

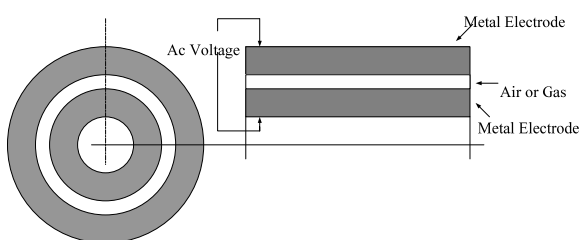


รูปที่ 1 โคอะแกมเครื่องผลิตก๊าซโอโซน

รูปที่ 2 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูงความถี่สูง

โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง 12 กิโลโวลต์ และความถี่สูง 20 กิโลเฮิร์ต ทำให้อากาศที่ไหลผ่านแท่งอิเล็กโทรดเกิดโคโรนาดีสชาร์จความถี่สูงเปลี่ยนสภาพทางเคมีเป็นก๊าซโอโซนความเข้มข้นสูง โดยมีการใช้กำลังไฟฟ้าในการผลิตที่ต่ำ

ส่วนแท่ง อิเล็กโทรดที่ใช้ในการสร้างสนามไฟฟ้าความถี่สูงสำหรับผลิตก๊าซโอโซนจะเป็นแบบทรงกระบอกซ้อนกันร่วม ทำจากสแตนเลสโดยอิเล็กโทรดด้านในมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตรและอิเล็กโทรดด้านนอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 53 มิลลิเมตร มีช่องว่างให้อากาศไหลผ่าน 3 มิลลิเมตร ความยาว 500 มิลลิเมตร โดยมีท่อสำหรับลมเข้าและลมออกสามารถแสดงลักษณะแท่งอิเล็กโทรดตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะโครงสร้างของแท่ง อิเล็กโตรด ทรงกระบอกซ้อนกันร่วม



รูปที่ 4 เครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบความถี่สูง แบบและขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 1.1 ผลการทดสอบกำลังผลิตโอโซนกับพลังงานไฟฟ้า

กำลังผลิต(g/hr)	กำลังไฟฟ้า (Watt)
10	150
50	660
100	820
200	900
500	3600
800	7200
1000	9000

ผลการทดสอบเครื่องผลิตก๊าซโอโซนแบบความถี่สูงที่จัดสร้าง พบว่ามีตัวแปรหลายตัวที่มีผลกระทบต่อการผลิต อาทิเช่น อัตราการไหลของก๊าซ ความหนาแน่นของอากาศ อุณหภูมิ ความยาวแท่งอิเล็กโตรด ระดับแรงดันและความถี่ไฟฟ้า เป็นต้น ประสิทธิภาพในการเกิดก๊าซโอโซนจะดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับความควบคุมการแตกตัวของก๊าซให้สมบูรณ์ได้มากน้อยแค่ไหน รวมไปถึงเทคนิคในการลดและประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ เครื่องผลิตก๊าซโอโซนที่มีคุณภาพสูงดังกล่าวนี้ใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ย **10 Watt ต่อกำลังการผลิตก๊าซโอโซน 1 g/hr**

3. การประยุกต์ใช้โอโซนสำหรับอนุรักษ์พลังงาน ในระบบหอผึ่งเย็น (Cooling Tower)

การทำความเย็นในด้านอุตสาหกรรมและสาธารณูปโภค หลายประเภท เช่น โรงงานทำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์, โรงงานประกอบรถจักรยานยนต์และรถยนต์, โรงงานทำบรรจุภัณฑ์พลาสติก, โรงงานทำน้ำแข็ง, โรงงานชำแหละและแช่แข็งอาหารสด หรือแม้กระทั่งการใช้ความเย็นในอาคารสูงทั่วไป

อย่างเช่น ธนาคาร โรงแรม โรงพยาบาลและอาคารสำนักงานขนาดใหญ่ทั่วไป ระบบทำความเย็นขนาดใหญ่ต้องใช้อุปกรณ์ ตู้ลิ่งทาวเวอร์ หรือ หอผึ่งเย็น เป็นอุปกรณ์ที่ใช้อย่างแพร่หลายเพื่อระบายความร้อนของน้ำสู่อากาศ

เนื่องจากการระเหยของน้ำในระบบตู้ลิ่งทาวเวอร์ จะทำให้เกิดการสะสมของแร่ธาตุในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดตะกอนเกาะที่ท่อและเกิดการกัดกร่อนขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง สิ้นเปลืองพลังงาน ผลจากการใช้ระบบโอโซนเข้ามาบำบัดน้ำในตู้ลิ่งทาวเวอร์จะช่วยให้ แก้ปัญหาตั้งแต่เริ่มรวมทั้งลดการสิ้นเปลืองพลังงานลงได้ ลดปัญหาการหยุดระบบเพื่อล้างทำความสะอาดหรือซ่อมแซมและการติดตั้ง ระบบโอโซน ไม่จำเป็นต้องหยุดระบบตู้ลิ่งทาวเวอร์ สามารถติดตั้งได้ในขณะที่ระบบกำลังทำงานอยู่ได้

4. การประยุกต์ใช้โอโซนสำหรับฆ่าเชื้อโรคในสระว่ายน้ำ

สระว่ายน้ำอาจมีเชื้อโรคต่างๆติดมากับผู้ที่มาใช้บริการสระน้ำ เช่น โรคผิวหนัง โรคตาแดง ฯลฯ สระว่ายน้ำส่วนใหญ่จะใช้คลอรีนในการบำบัด อาจทำให้เกิดอาการระคายเคืองต่อดวงตาและผิวหนัง ทั้งยังเป็นสาเหตุของการก่อเกิดโรคมะเร็งได้อีกด้วย จากปัญหาดังกล่าวก๊าซโอโซนจึงถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำในสระว่ายน้ำมาเป็นเวลานานมาแล้ว และอัตราการใช้อัตราการใช้โอโซนในสระว่ายน้ำก็เพิ่มมากขึ้นตามลำดับ เนื่องจากเป็นก๊าซธรรมชาติไม่เป็นพิษต่อผู้ใช้งานและสิ่งแวดล้อม จะเห็นได้จากในทวีปยุโรปมีการใช้อัตราการใช้โอโซนบำบัดน้ำในสระว่ายน้ำแล้วถึงกว่า 300,000 สระ

สำหรับในประเทศไทย เริ่มมีการใช้อัตราการใช้โอโซนในการบำบัดน้ำในสระว่ายน้ำกันมากขึ้นมาโดยตลอด การนำโอโซนมาใช้ในสระว่ายน้ำทำให้ไม่มีสารเคมีตกค้างที่เป็นอันตราย, ลดปริมาณการใช้คลอรีนกว่า 80%, คุณภาพน้ำในสระมีความใสขึ้น

5. การประยุกต์ใช้โอโซนสำหรับการบำบัดน้ำเสียจากอาคารและสำนักงานหรืออุตสาหกรรม

ในอุตสาหกรรม เมื่อน้ำผ่านการใช้งานแล้วจะมีกลิ่นเหม็นและสีที่เปลี่ยนไปตามลักษณะของอุตสาหกรรม ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งก๊าซโอโซนมีคุณสมบัติทำปฏิกิริยาออกซิเดชันได้กับสารเคมีและเชื้อโรคต่างๆ ดังนั้นก๊าซโอโซนจึงมีประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ใช้เป็นสารฟอกสี กำจัดสารไซยาไนด์ ฆ่าเชื้อโรคแทนสารละลายหรือก๊าซคลอรีน กำจัดกลิ่นเน่าเหม็นของน้ำ

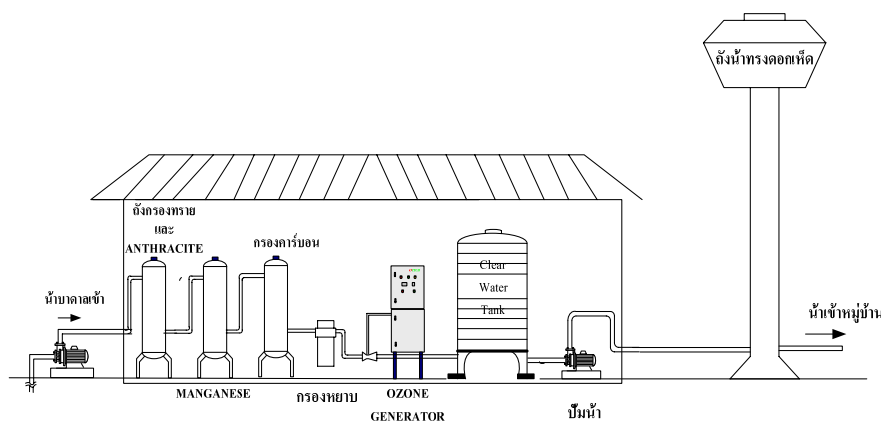
โดยปกติแล้วน้ำตามธรรมชาติก่อนการกรองจะมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ได้แก่ ไวรัส อะมีบา เชื้อรา และแบคทีเรีย เชื้อโรคเหล่านี้สามารถกำจัดได้ด้วยโอโซน โดยโอโซนจะไปทำลายผิวเนื้อเยื่อของเชื้อโรคให้สลายตัวและไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ นอกจากนี้ยังมีเชื้อโรคอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เช่น *Entamoeba Histolytica*, *Giardia Lamblia*, *E.Coli* และไข่ของพยาธิต่างๆ เชื้อโรคพวกนี้จะสร้างเกราะป้องกันตัว ซึ่งจะไม่สามารถกำจัดให้หมดไปด้วยคลอรีนและโบรมีน แต่ก๊าซโอโซนเป็นวิธีเดียวที่สามารถกำจัดได้นอกจากนี้ โอโซนยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่า

คลอรีน คือ สามารถฆ่าเชื้อ *E.Coli* ได้โดยตรงและรวดเร็วกว่าคลอรีนถึง 3,125 เท่า และไม่มีสารพิษตกค้างเหมือนคลอรีน

6. การประยุกต์ใช้โอโซนสำหรับการการฆ่าเชื้อโรคในระบบผลิตน้ำดื่ม และประปาหมู่บ้าน

น้ำดิบที่ได้จากน้ำบาดาลหรือน้ำบาดาลส่วนมากจะมีสารเคมีที่เป็นพิษปนเปื้อนอยู่ เช่น ยากำจัดศัตรูพืช สารไนโตรเจน ไชยาไนต์ ไฮโดรเจนซัลไฟด์ โอโซนในน้ำจะทำการออกซิเดชั่นและรีดักชัน สารประกอบที่เป็นพิษให้แตกตัวและรวมตัวกันใหม่ ทำให้สลายโครงสร้างของสารเคมีที่เป็นพิษเป็นองค์ประกอบทางเคมีรูปอื่นที่ไม่เป็นอันตราย อีกทั้งสามารถขจัดโลหะหนัก เช่น ธาตุเหล็ก แมงกานีสและสารโลหะหนักบางชนิด ให้เกิดการออกซิไดซ์ รวมตัวเป็นตะกอนและถูกกรองออกได้โดยง่ายโดยปกติแล้วน้ำตามธรรมชาติก่อนการกรองจะมีเชื้อโรคปนเปื้อนอยู่ได้แก่ ไวรัส อะมีบา เชื้อรา และแบคทีเรีย เชื้อโรคเหล่านี้สามารถกำจัดได้ด้วยโอโซน โดยโอโซนจะไปทำลายผิวเนื้อเยื่อของเชื้อโรคให้สลายตัวและไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ นอกจากนี้ยังมีเชื้อโรคอื่นๆ ที่ก่อให้เกิดปัญหาในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ เช่น *Entamoeba Histolytica*, *Giardia Lamblia*, *E.Coli* และไข่ของพยาธิต่างๆ เชื้อโรคพวกนี้จะสร้างเกราะป้องกันตัว ซึ่งจะไม่สามารถกำจัดให้หมดไปด้วยคลอรีนและโบรมีน แต่ก๊าซโอโซนเป็นวิธีเดียวที่สามารถกำจัดได้นอกจากนี้ โอโซนยังมีคุณสมบัติที่ดีกว่าคลอรีน คือ สามารถฆ่าเชื้อ *E.Coli* ได้โดยตรงและรวดเร็วกว่าคลอรีนถึง 3,125 เท่า และไม่มีสารพิษตกค้างเหมือนคลอรีน

ระบบประปาหมู่บ้านฆ่าเชื้อด้วยระบบโอโซน



การบำรุงรักษาเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซน

เครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนโดยการใช้ปกติจะไม่มีปัญหาในการบำรุงรักษามากนัก การใช้ที่ถูกต้องจากคำแนะนำของผู้ผลิต การถูกออกแบบให้เหมาะสมกับงาน และที่สำคัญเครื่องกำเนิดก๊าซโอโซนที่ดีจะต้องมีระบบป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นกับเครื่อง เช่น ปัญหาจากไฟฟ้าเกิน ปัญหาจากระบบภายในตัวเอง หรือแม้แต่ปัญหาที่สำคัญคือ ไฟฟ้าลัดวงจรภายในเครื่อง หรือเครื่องอาจถูกตั้งให้ทำงานมากเกินไปมีความร้อนสะสมภายในเครื่องมากและอาจทำให้ไฟไหม้ได้ เมื่อมีระบบป้องกัน

เครื่องจะสามารถหยุดการทำงานได้โดยอัตโนมัติ และมีสัญญาณบ่งชี้ได้ว่ามีปัญหาอะไรเกิดกับส่วนใดของระบบ ซึ่งจะทำให้ระบบภายในถูกป้องกันความเสียหายไว้ ซึ่งจะสามารถแก้ไขได้ทันอย่างรวดเร็วก่อนที่จะลุกลามและไม่ทำความเสียหายให้กับผู้ใช้งาน ทำให้ยืดอายุการใช้งานของเครื่องและคุ้มกับการลงทุน