การกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนในน้ำใต้ดินโดยกระบวนการดูดติดด้วยถ่านกัมมันต์

Removal of Trichloroethylene in Groundwater by Activated Carbon Adsorption Process

ทินกร เห็นสุข (Thinnakorn Hensuk)* ดร.จิตเทพ ประสิทธิ์อยู่ศีล (Dr.Jitthep Prasityousin)**

บทคัดย่อ

การทดลองครั้งนี้ทำโดยการนำน้ำใต้ดินมาเติมด้วยสารไตรคลอโรเอทิลีนจนปริมาณไตรคลอโรเอทิลีน 50, 100, 200 มก./ล. จากนั้นจึงนำมาผ่านกระบวนการบำบัดโดยถังปฏิกริยาดูดติดแบบต่อเนื่องด้วยถ่านกัมมันต์ซึ่งมีจุดยุติของกระบวนการบำบัดอยู่ที่ 5 มก./ล. การทดลองครั้งนี้ทำเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดติดระหว่างถ่านกัมมันต์ชนิดกะลามะพร้าวรุ่น CGC และถ่านกัมมันต์ชนิดถ่านหินบิทูมินัสรุ่น F 400 ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าถ่านหินชนิด F 400 มีประสิทธิภาพในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนดีกว่าชนิด CGC โดยถ่าน 1 กรัมสามารถบำบัดน้ำตัวอย่างได้สูงสุดอยู่ที่ 1598, 980, 597 มล. ตามลำดับ ส่วนถ่านกัมมันต์ชนิด CGC สามารถบำบัดน้ำตัวอย่างสูงสุดได้ 708, 424, 250 มล. ตามลำดับ

ABSTRACT

This study used the underground water which contain Trichloroethylene 50, 100, 200 mg./L respectively. That flew though Activated Carbon Column. The end of point was 5 mg./L. This experiment was compare the adsorption efficiency between coconut shell activated carbon trade name “CGC” and bituminous charcoal activated carbon trade name “F 400”. The result shown F 400 is the best removal of Trichloroethylene. The efficiency of 1 gram could treat sample 1598, 980, 597 ml. respectively. While CGC can treat the sample up to 708, 424, 250 ml. respectively.

คำสำคัญ: ไตรคลอโรเอทิลีน ถ่านกัมมันต์ ถังปฏิกริยาดูดติดแบบต่อเนื่อง

Key Words: CGC, F 400, Shell activated carbon

---

* *นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

** *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*

บทนำ

การทดลองครั้งนี้จัดทำเพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำจัดสารไตรคลอโรเอทิลีนในน้ำใต้ดินซึ่งเป็นสารเคมีที่นิยมใช้ในโรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กโทรนิกและโลหะซึ่งมีคุณสมบัติในการชำระล้างชิ้นส่วนอิเล็กโทรนิกและโลหะเพื่อให้สะอาดปราศจากไขมัน จากการเก็บตัวอย่างพบว่าโรงงานบางส่วนมีการทิ้งของเสียไตรคลอโรเอทิลีนภายในและนอกพื้นที่โรงงานซึ่งทำให้ไตรคลอโรเอทิลีนปนเปื้อนเข้าสู่ดินและน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการทิ้งของเสีย จากการขุดเจาะบ่อสำรวจและนำเอาน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์แล้วพบว่าน้ำใต้ดินบางจุดมีปริมาณไตรคลอโรเอทิลีนสูงถึง 968.15 มก./ล.(มีศักดิ์ และคณะ, 2544) ซึ่งเกินกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดินซึ่งกำหนดไว้ที่ 5 มคก./ล.(คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2543) อันจะส่งผลโดยตรงต่อผู้ที่สัมผัสไม่ว่าจะทางสูดดม อุปโภคและบริโภค

จากปัญหาที่กล่าวมาในข้างต้นจึงทำให้มีการจัดหาวิธีการที่สามารถกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนในน้ำใต้ดิน หนึ่งในนั้นก็คือกระบวนกระบวนการดูดติดด้วยถ่านกัมมันต์ซึ่งมีข้อดีคือมีประสิทธิภาพในการแยกสิ่งแปลกปลอมออกจากน้ำได้สูง ทำได้ง่ายมีขั้นตอนไม่ยุ่งยากและค่าใช้จ่ายไม่มากนัก สามารถนำไปใช้ในการบำบัดไตรคลอโรเอทิลีนได้จริงหรือจะต่อยอดเพื่อไปบำบัดน้ำที่มีการปนเปื้อนด้วยสารมีพิษอื่นๆ ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสมรรถนะในการกำจัดไตรคลอโรเอทีลีนในน้ำใต้ดิน ณ นิคมอุตสาหกรรมลำพูน โดยใช้กระบวนการดูดติดด้วยถ่านกัมมันต์ในถังปฏิกริยาดูดติดแบบต่อเนื่อง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

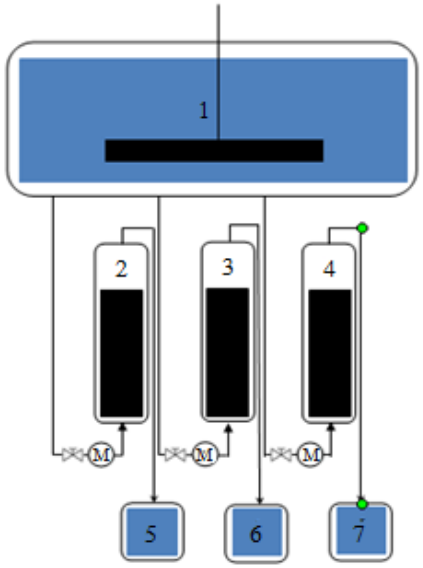
การทดลองครั้งนี้ทำโดยนำตัวอย่างน้ำใต้ดินระดับตื้นจำนวน 20 ลิตร มาบรรจุลงในถังตัวอย่างที่มีการกวนผสมอย่างต่อเนื่อง จากนั้นจึงเติมด้วยสารไตรคลอโรเอทิลีน ทำการกวนทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมงจนได้น้ำใต้ดินที่มีไตรคลอโรเอทิลีนผสมอย่างทั่วถึงที่ความเข้มข้น 50, 100, 200 มก./ล. ตามลำดับ จากนั้นจึงส่งผ่านน้ำตัวอย่างที่ได้ไปยังถังปฏิกริยา 3 ถังที่มีชั้นถ่านบรรจุไว้ด้วยอัตราการไหลที่ต่างกันเพื่อให้ได้ค่า Empty Bed Contact Time (EBCT) เท่ากับ 10, 20, 30 นาทีตามลำดับ โดยค่า EBCT คือเวลาสัมผัสในถังปฏิกริยาซึ่งหาได้จากปริมาตรของถังปฏิกิริยาต่ออัตราการไหล (Faust, 1998) การไหลของน้ำตัวอย่างในการทดลองครั้งนี้เป็นแบบไหลขึ้น (upflow) โดยไหลจากทางด้านล่างของถังปฏิกริยาผ่านชั้นถ่านกัมมันต์และไหลล้นออกมาผ่านท่อส่งน้ำออกไปยังภาชนะรับน้ำตัวอย่าง ทำการเก็บน้ำตัวอย่างที่ได้ทุกๆ ชั่วโมง จากนั้นจึงนำน้ำตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์หาไตรคลอโรเอทิลีนที่หลงเหลืออยู่ การทดลองจะสิ้นสุดเมื่อน้ำตัวอย่างที่ได้มีปริมาณไตรคลอโรเอทิลีนมากกว่าหรือเท่ากับ 5 มก./ล. ซึ่งเป็นจุดที่ได้กำหนดให้เป็นจุดสิ้นสุดของการทดลอง

ตารางที่ 1 คุณสมบัติที่สำคัญของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดที่นำมาศึกษา

คุณสมบัติ	รุ่นของถ่านกัมมันต์	
	CGC – 11A*	**F 400****
ขนาด (เมช)	8x30	12x40
ความหนาแน่น (ก./มล.)	0.48 – 0.54	0.44
ค่า BET Surface Number (ตรม./ก.)	1000 - 1100	1050
ค่า Iodine Number น้อยที่สุด (มก./ก.)	1050	1000

*ที่มา: CGC – 11A For Water and Liquid Treatment (2004)

**ที่มา: Filtrasorb 300 & 400 Product Bulletin (1998)



1 ถังเก็บน้ำตัวอย่าง
2 หอดูดติด 1
3 หอดูดติด 2
4 หอดูดติด 3
5 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง 1
6 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง 2
7 ขวดเก็บน้ำตัวอย่าง 3
8 วาล์ว
9 มิเตอร์

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างถังปฏิกริยาดูดติดแบบต่อเนื่อง

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

จากการทดลองเพื่อหาความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนของถ่านกัมมันต์ชนิด CGC และ F 400 ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 พบว่า ถ่านกัมมันต์ชนิด F 400 มีความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนสูงกว่าชนิด CGC และพบว่าค่า EBCT ยิ่งมากยิ่งส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีน ที่ค่าความเข้มข้นของไตรคลอโรเอทิลีนเท่ากับ 50, 100, 200 และ EBCT = 30 นาที สามารถบำบัดน้ำตัวอย่างได้ 1598, 980, 597 มล. ซึ่งมากกว่าถ่านกัมมันต์ชนิด CGC ซึ่งบำบัดได้เพียง 708, 424, 250 มล. ตามลำดับ

ตารางที่ 2 แสดงพารามิเตอร์และความสามารถในการบำบัดน้ำใต้ดินที่มีปริมาณความเข้มข้นของไตรคลอโรเอทิลีนเท่ากับ 50 มก./ล.

พารามิเตอร์	น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว					
	ถ่านกัมมันต์ชนิด CGC			ถ่านกัมมันต์ชนิด F 400		
EBCT (นาที)	10	20	30	10	20	30
อัตราการไหล (มล./ชม.)	106±5	53±3	35±2	106±5	53±3	35±2
ชั้นถ่านสูง (ซม.)	1.5	0.75	0.5	1.5	0.75	0.5
ถ่านหนัก (กรัม)	1.66	0.83	0.55	1.39	0.7	0.46
เวลาเฉลี่ยที่ใช้จนถึงจุดยุติ (ชม.)	10	11	11	19.5	21	21
บำบัดน้ำได้ (มล.)	1060	583	389	2067	1087	735
อัตราการบำบัดน้ำ (มล.น้ำ/กรัมถ่านกัมมันต์)	639	702	708	1487	1552	1598

ตารางที่ 3 แสดงพารามิเตอร์และความสามารถในการบำบัดน้ำใต้ดินที่มีปริมาณความเข้มข้นของไตรคลอโรเอทิลีนเท่ากับ 100 มก./ล.

พารามิเตอร์	น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว					
	ถ่านกัมมันต์ชนิด CGC			ถ่านกัมมันต์ชนิด F 400		
EBCT (นาที)	10	20	30	10	20	30
อัตราการไหล (มล./ชม.)	106±5	53±3	35±2	106±5	53±3	35±2
ชั้นถ่านสูง (ซม.)	1.8	0.9	0.6	1.8	0.9	0.6
ถ่านหนัก (กรัม)	1.99	0.99	0.66	1.67	0.83	0.56
เวลาเฉลี่ยที่ใช้จนถึงจุดยุติ (ชม.)	7	7.5	8	15.5	16.5	16.5
บำบัดน้ำได้ (มล.)	742	398	280	1537	822	549
อัตราการบำบัดน้ำ (มล.น้ำ/กรัมถ่านกัมมันต์)	373	402	424	920	978	980

ตารางที่ 4 แสดงพารามิเตอร์และความสามารถในการบำบัดน้ำใต้ดินที่มีปริมาณความเข้มข้นของไตรคลอโรเอทิลีนเท่ากับ 200 มก./ล.

พารามิเตอร์	น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว					
	ถ่านกัมมันต์ชนิด CGC			ถ่านกัมมันต์ชนิด F 400		
EBCT (นาที)	10	20	30	10	20	30
อัตราการไหล (มล./ชม.)	106±5	53±3	35±2	106±5	53±3	35±2
ชั้นถ่านสูง (ซม.)	2.7	1.35	0.9	2.7	1.35	0.9
ถ่านหนัก (กรัม)	2.98	1.49	0.99	2.5	1.25	0.83
เวลาเฉลี่ยที่ใช้จนถึงจุดยุติ (ชม.)	6	6.5	7	13.5	14.5	14.5
บำบัดน้ำได้ (มล.)	636	345	247	1378	742	496
อัตราการบำบัดน้ำ (มล.น้ำ/กรัมถ่านกัมมันต์)	213	231	250	551	594	597

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองทั้งหมดพบว่าถ่านกัมมันต์ชนิด F 400 มีความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนมากกว่าถ่านกัมมันต์ชนิด CGC โดยค่า EBCT ที่เหมาะสมในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนเท่ากับ 10 - 20 นาที เนื่องจากมีอัตราการบำบัดน้ำต่อปริมาณถ่านที่สูงเมื่อเปรียบเทียบกับค่า EBCT ที่ 30 นาที และมีอัตราบำบัดน้ำต่อชั่วโมงมากกว่าค่า EBCT เท่ากับ 30 นาที ถึง 1.5 - 3 เท่า

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองทั้งหมด พบว่าถ่านกัมมันต์ชนิด F 400 มีความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนมากกว่าถ่านกัมมันต์ชนิด CGC และพบว่าค่า EBCT ยิ่งมากขึ้นยิ่งส่งผลต่อความสามารถในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีน แต่จากการเปรียบเทียบข้อมูลผลการทดลองจะพบว่าค่า EBCT ที่เหมาะสมในการกำจัดไตรคลอโรเอทิลีนอยู่ที่ 10 - 20 นาทีเนื่องจากค่า EBCT ที่ 30 นาทีแม้จะทำให้อัตราการบำบัดน้ำเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มขึ้นไม่มากนักและการใช้ค่า EBCT ที่มากจะส่งผลทำให้ปริมาณน้ำที่บำบัดได้ต่อชั่วโมงลดลง ทั้งนี้การพิจารณาสภาวะในการบำบัดน้ำที่เหมาะสมอาจขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ออกแบบแต่ละท่าน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2543. กำหนดคุณภาพมาตรฐานน้ำใต้ดิน. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 117. ตอนพิเศษ 95

มีศักดิ์ มิลินทวิสมัย, สีหนาถ ชาญณรงค์, พีรพงษ์ สุนทรเดชะ, วาลิกา เศวตโยธิน และจีระนันท์ พันธจักร. 2544. การปนเปื้อนของสาร Chlorinated Ethylene ในดินและน้ำใต้ดินและกรณีศึกษาของประเทศไทย. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมด้านน้ำ ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2544(1): 22.

Calgon Carbon Corporation. 1998. Filtrasorb 300 & 400 Product Bulletin. source. USA: Calgon Carbon. (Copy).

CGC Gigantic Carbon Co., Ltd. 2004. CGC – 11A For Water and Liquid Treatment. Source Bangkok: CGC Gigantic Carbon. (copy).

Samuel, D. Faust., & Osman, M. Aly. 1998. Chemistry of Water Treatment. 2nd ed. USA: CRC Press.