

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค่าคุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลมหอบและดินเหนียว, ภาพถ่ายขนาดของเม็ดดินลมหอบและดินเหนียว, ค่าไอโซเทอมของดินลมหอบและดินเหนียว, การทดสอบหาค่าความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักเมื่อผสมกับดินลมหอบผสมดินเหนียว, ปริมาตรและอัตราการไหลของสารละลายโลหะหนักเมื่อผ่านแท่งดินลมหอบและความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่ผ่านแท่งดินลมหอบในสถานะต่างๆ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยอาศัยแบบจำลอง แนวคิดในการปรับปรุงประสิทธิภาพการดูดซับและคายสารละลายโลหะหนักของดินลมหอบถูกคิดขึ้นเพื่อนำดินลมหอบที่ได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพไปใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงสภาพพื้นที่ที่ต้องรองรับสารละลายโลหะหนักอยู่เป็นประจำ การทดสอบจะใช้ดินตัวอย่างแบบถูกรบกวนกระเทือน (Disturbed Sample) จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดิน

คุณสมบัติทางวิศวกรรมของดินลมหอบพบว่าเป็นดินตะกอนทราย ค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 2.6, หน่วยน้ำหนักเท่ากับ 15.3 kN/m^3 , ปริมาณความชื้นเท่ากับ 5-12 %, ค่า Liquid Limit เท่ากับ 16 %, ค่า Plastic Limit เท่ากับ 13 %, ค่า Plasticity Index เท่ากับ 3 % และค่า OMC เท่ากับ 10 % ส่วนดินเหนียวพบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 2.7, ค่าหน่วยน้ำหนักเท่ากับ 16.3 kN/m^3 , ความชื้นเท่ากับ 76.32 %, ค่า Liquid Limit เท่ากับ 55.18 %, ค่า Plastic Limit เท่ากับ 27.36 % และค่า Plasticity Index เท่ากับ 27.82 %

5.2 ภาพถ่ายขนาดของเม็ดดินของดินลมหอบและดินเหนียว

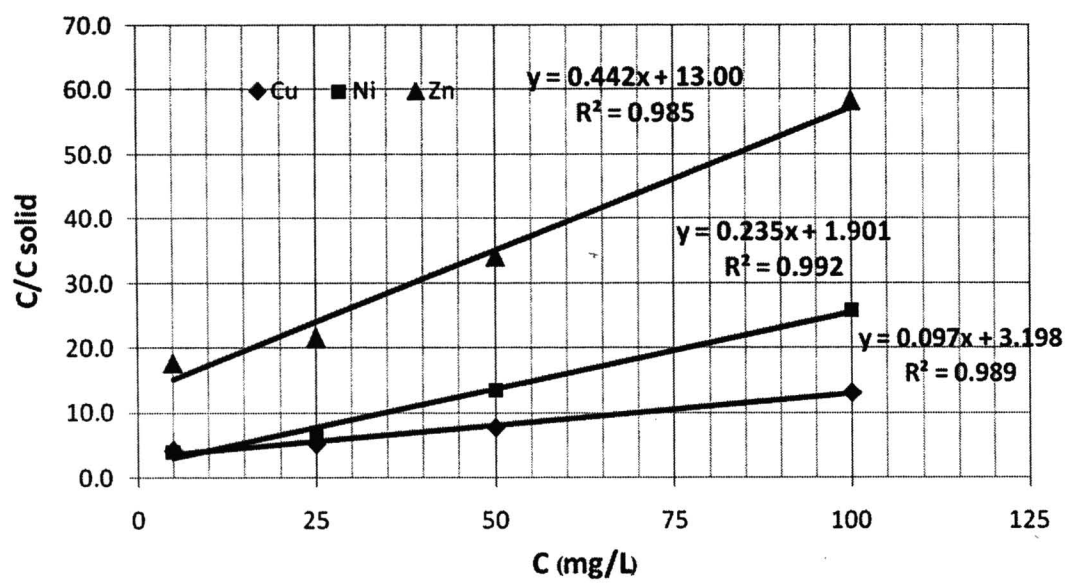
จากภาพถ่ายขยายขนาดของเม็ดดิน ภาพโครงสร้างที่เห็น จะเป็นภาพลักษณะ 3 มิติ สามารถบอกได้ว่า เม็ดดินลมหอบมีขนาดใหญ่กว่าและเรียบกว่าเม็ดดินเหนียว พื้นที่การทำปฏิกิริยาของเม็ดดินเหนียวจึงมีมากกว่าเม็ดดินลมหอบ อีกทั้ง ลักษณะเม็ดดินเหนียว พื้นผิวมีลักษณะเป็นแฉ่งขรุขระ มีรูพรุนสูง จึงทำให้สารเคมีสามารถเกาะติดบริเวณผิวนอกได้ดี

5.3 ค่าไอโซเทอมของดินลมหอบและดินเหนียว

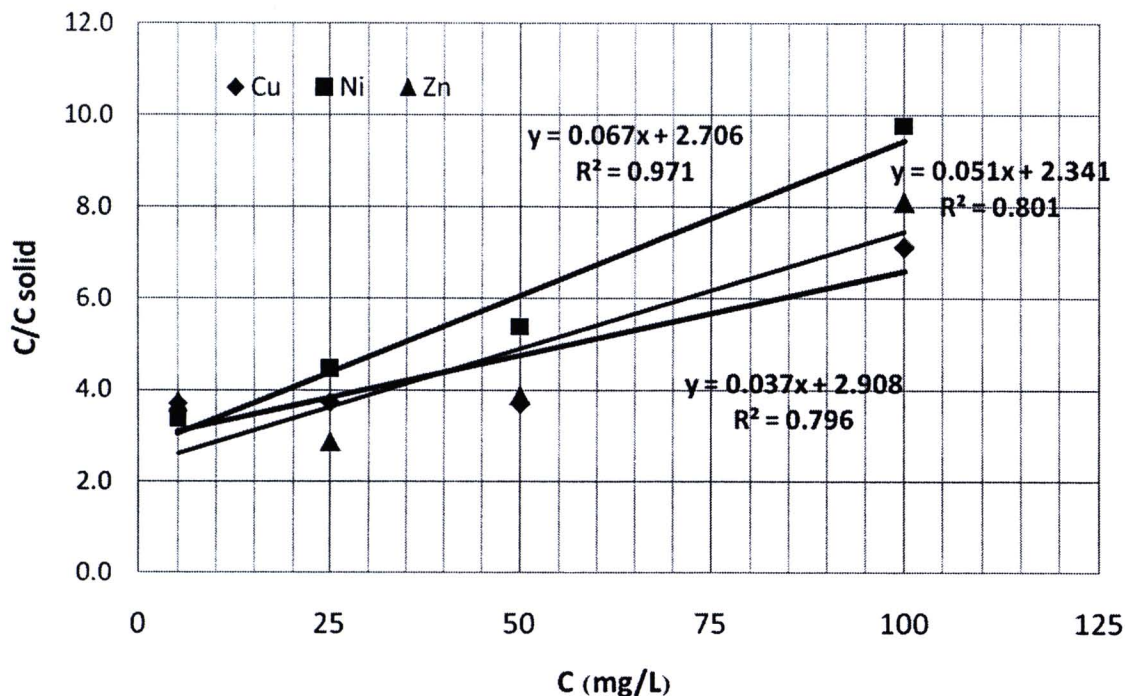
ในดินลมหอบ เมื่อนำผลการทดสอบของทั้ง 3 สารละลายมาเปรียบเทียบกับ (ภาพที่ 5.1) พบว่า ค่าความเข้มข้นของเม็ดดิน (C_{solid}) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเริ่มต้น

ของสารละลาย (C_0) โดยที่ ดินลมหอบสามารถดูดซับสารละลายทองแดง ได้มากกว่า สารละลาย นิกเกิลและสารละลายสังกะสี ที่ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นเท่ากัน อีกทั้งเมื่อเพิ่มความ เข้มข้นของสารละลายตั้งต้นขึ้นไป ดินลมหอบก็ยังสามารถดูดซับสารละลายทองแดงเข้าไปได้อีก แต่สารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสีจะถูกดูดซับเข้าไป แค่ที่ความเข้มข้นตั้งต้นมากที่สุด ที่ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าความเข้มข้นตั้งต้นมากไปกว่านี้ ดินลมหอบก็ไม่สามารถดูดซับเข้าไปได้ อีก ค่าอัตราการดูดซับ (α) ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดโดยดินลมหอบ เรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ สารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสี ส่วนค่าปริมาณสูงสุดของ สิ่งเจือปนที่สามารถดูดซับได้โดยของแข็ง (β) ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดโดยดินลมหอบ เรียงจาก มากไปหาน้อยได้แก่ สารละลายสังกะสี, สารละลายทองแดงและสารละลายนิกเกิล

ในดินเหนียว เมื่อนำผลการทดสอบของทั้ง 3 สารละลายมาเปรียบเทียบกัน (ภาพที่ 5.2) พบว่า ค่าความเข้มข้นของเม็ดดิน (C_{solid}) จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลาย (C_0) โดยที่ ดินเหนียวสามารถดูดซับสารละลายทองแดง ได้มากกว่า สารละลายนิกเกิลและ สารละลายสังกะสี ที่ความเข้มข้นของสารละลายตั้งต้นเท่ากัน และเมื่อความเข้มข้นเริ่มต้นของ สารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสี มีค่ามากเกินไป 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ดินเหนียวจะดูดซับสารละลายทั้ง 3 ชนิด ได้น้อยลงมากจนแทบจะไม่ดูดซับเข้าไปอีก นั่นคือถึงจุด อิ่มตัว ค่าอัตราการดูดซับ (α) ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดโดยดินเหนียว เรียงจากมากไปหาน้อย ได้แก่ สารละลายทองแดง, สารละลายสังกะสีและสารละลายนิกเกิล ส่วนค่าปริมาณสูงสุดของ สิ่งเจือปนที่สามารถดูดซับได้โดยของแข็ง (β) ของสารละลายทั้ง 3 ชนิดโดยดินลมหอบ เรียงจาก มากไปหาน้อยได้แก่ สารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสี



ภาพที่ 5.1 ค่าไอโซเทอมของสารละลายทองแดง, นิกเกิลและสังกะสีเมื่อผสมดินลมหอบ

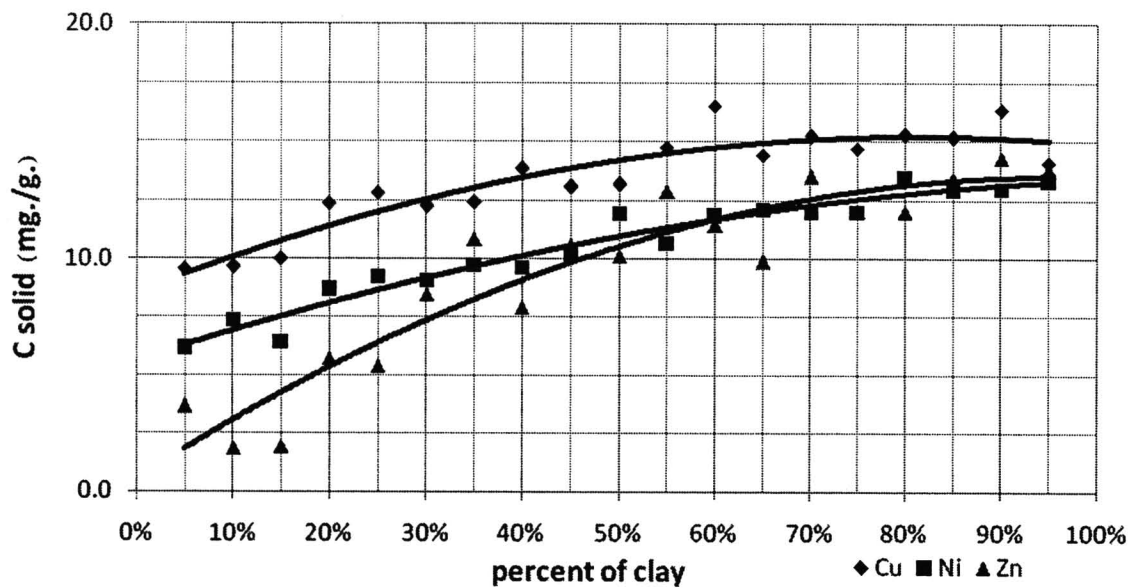


ภาพที่ 5.2 ค่าไอโซเทอมของสารละลายทองแดง, นิกเกิลและสังกะสีเมื่อผสมดินเหนียว

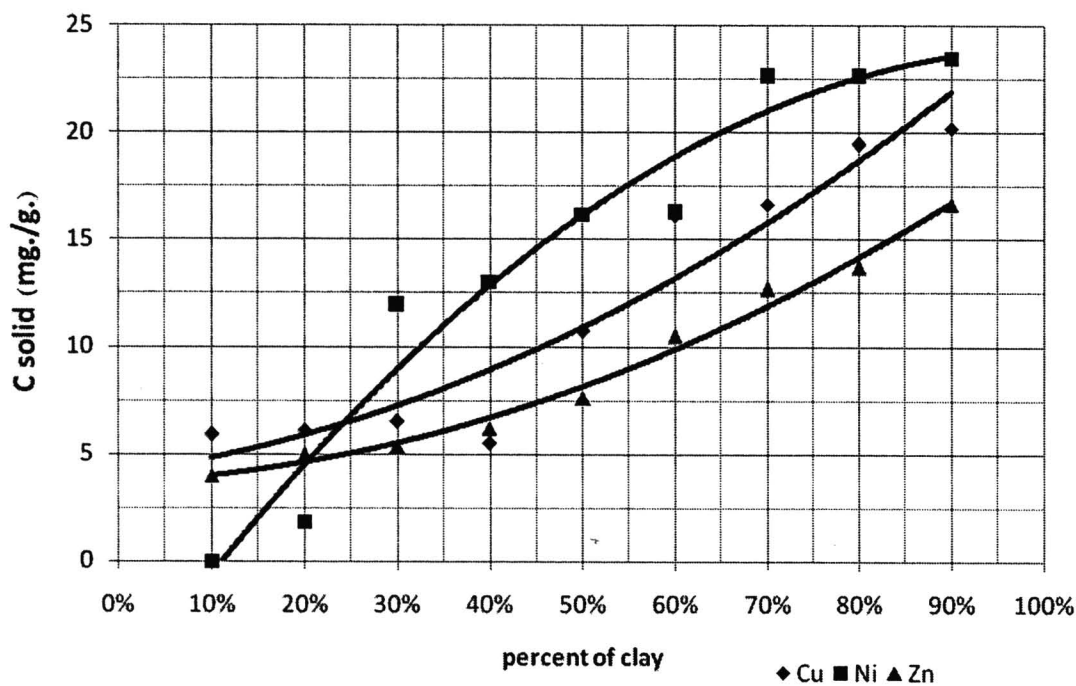
5.4 การทดสอบหาค่าความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักผสมกับดินลมหอบผสมดินเหนียว

ความสามารถในการดูดซับสารละลายจะแปรผันตามปริมาตรของดินเหนียว (ภาพที่ 5.3 และ 5.4) โดยที่ เมื่อผสมดินเหนียวเข้าไปในดินลมหอบ พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโลหะหนักของดินลมหอบมีค่าเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเติมปริมาณดินเหนียวเกิน 60 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโลหะหนัก จะเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ดังนั้นจากการทดสอบจึงสรุปได้ว่าการเติมดินเหนียวเข้าไป 60 เปอร์เซ็นต์จะช่วยให้ดินลมหอบมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโลหะหนักได้มากที่สุด หากมากกว่านั้นประสิทธิภาพในการดูดซับสารละลายโลหะหนักก็จะเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย





ภาพที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวกับค่าความเข้มข้นของเมทัลดินเมื่อผสมสารละลายทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 100 มก./ล.

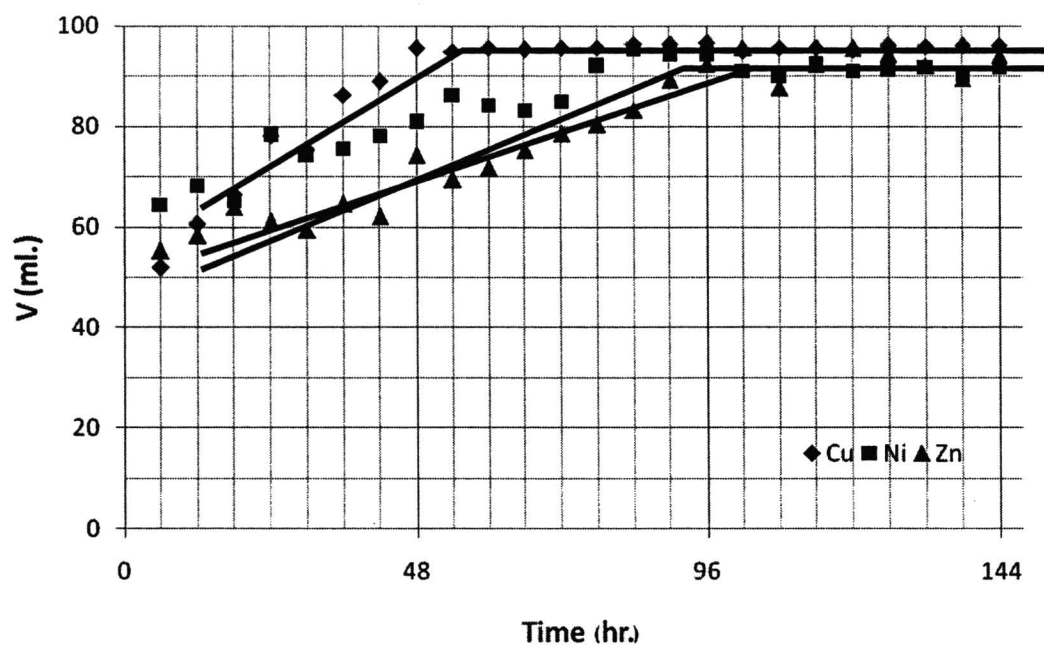


ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปอร์เซ็นต์ดินเหนียวกับค่าความเข้มข้นของเมทัลดินเมื่อผสมสารละลายทั้ง 3 ชนิดที่ความเข้มข้น 200 มล./ล.

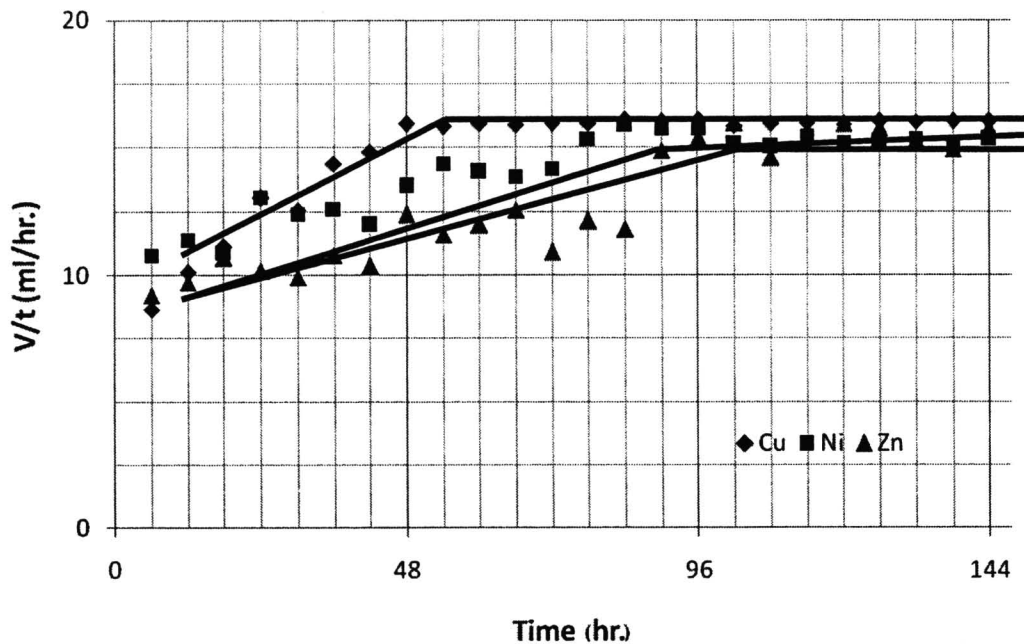
5.5 ปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลายเมื่อผ่านแท่งดินตัวอย่าง

ปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลายทั้ง 3 ชนิด ผ่านแท่งดินตัวอย่าง พบว่า ในช่วง 48 ชั่วโมงของการทดสอบ ปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลายทองแดงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เมื่อผ่านเวลา 48 ชั่วโมงไป ปริมาตรและอัตราการไหลซึมเริ่มที่จะคงที่ หรือเปลี่ยนแปลงไม่มากไปจนถึงสิ้นสุดการทดสอบ ส่วนปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลายนิกเกิล จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ไปจนกระทั่ง 84 ชั่วโมง จากนั้น จะคงที่ ส่วนปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลายสังกะสี จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องไปจนกระทั่ง 96 ชั่วโมง จากนั้นจะคงที่ (ภาพที่ 5.5 และ 5.6)

สาเหตุที่ในช่วงแรกของการทดสอบปริมาตรและอัตราการไหลซึมของสารละลาย เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะ สารละลายที่ใช้ทดสอบยังกระจายไปไม่ทั่วทั้งตัวอย่างดิน แต่เมื่อสารละลายกระจายตัวไปทั่วทั้งตัวอย่างดินแล้ว ปริมาตรและอัตราการไหลซึมจะคงที่



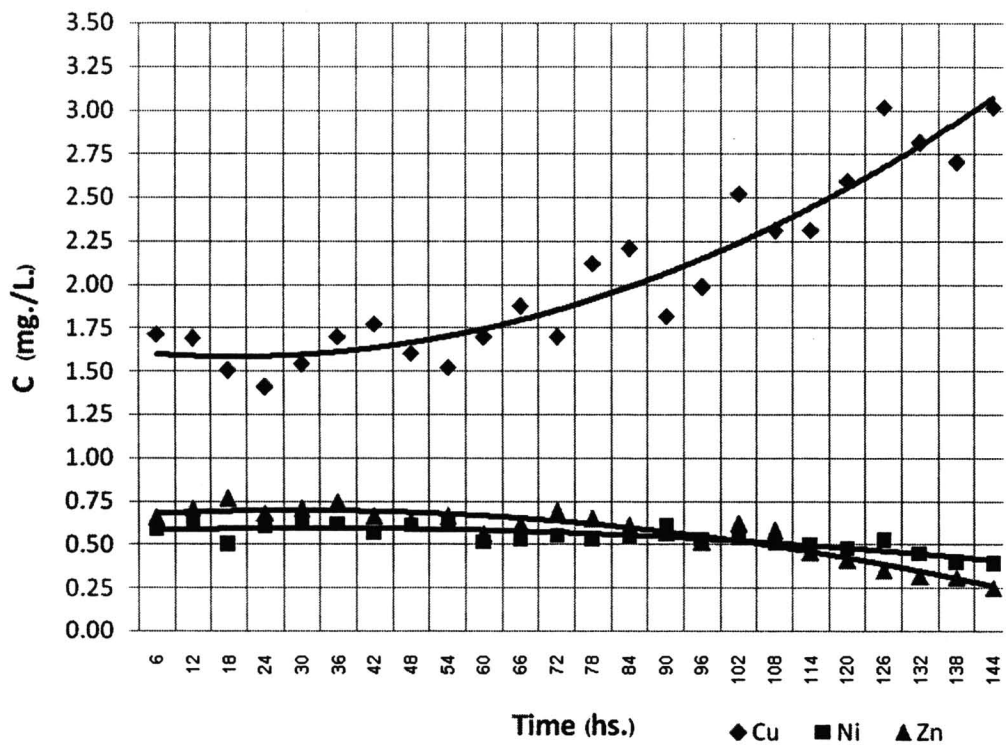
ภาพที่ 5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรของสารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสีกับเวลาภายใต้ความดัน



ภาพที่ 5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของสารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิล และสารละลายสังกะสีกับเวลา ภายใต้ความดัน

5.6 ความเข้มข้นของสารละลายที่ผ่านแท่งดินตัวอย่าง

สารละลายทองแดงเป็นเพียงสารเดียวที่เมื่อเวลาผ่านไป ความเข้มข้นของสารละลายที่ไหลผ่านแท่งดินลมหอบมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มข้นของสารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสี ที่เมื่อเวลาผ่านไป กลับมาความเข้มข้นของสารละลายที่ลดลง แสดงให้เห็นว่า สารละลายทองแดงถึงแม้จะมีค่าอัตราการดูดซับที่สูงแต่ก็มีความสามารถในการเก็บที่น้อยและสามารถคายสารที่ถูกดูดซับออกมาได้มากเช่นกัน ส่วนสารละลายนิกเกิลและสารละลายสังกะสี มีค่าอัตราการดูดซับที่ไม่สูงเท่าสารละลายทองแดงแต่มีความสามารถในการเก็บที่มากกว่าสารละลายทองแดงและคายสารที่ถูกดูดซับออกมาน้อย



ภาพที่ 5.7 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายทองแดง, สารละลายนิกเกิล และสารละลายสังกะสีที่วัดได้กับเวลา ภายใต้ความดัน

5.7 ข้อเสนอแนะ

- 1) ดินลมหอบและดินเหนียวที่ใช้ในการทดสอบเป็นตัวอย่างแบบถูกรบกวน ดังนั้นค่าความหนาแน่นและปริมาณความชื้นจึงไม่ใช่ค่าจริง หากต้องการให้ได้ผลการทดสอบที่มีความละเอียดเพิ่มมากขึ้นต้องทำการทดสอบที่ค่าความหนาแน่นหลายๆค่า
- 2) ดินลมหอบและดินเหนียวที่ใช้ในการทดสอบถูกคัดขนาดมาแล้วด้วยตะแกรงเบอร์ 200 ดังนั้นขนาดของเม็ดดินจึงมีขนาดเท่ากันหมด ซึ่งไม่ตรงกับสภาพความเป็นจริง
- 3) ความเข้มข้นของสารละลายโลหะหนักที่ใช้ในการทดสอบเป็นค่าสมมติขึ้น ในความเป็นจริงค่าความเข้มข้นอาจจะมากกว่าหรือน้อยกว่าที่ทดสอบความ
- 4) ในการทดสอบแบบสดมภ์สารละลายโลหะหนักถูกบังคับให้ไหลในทิศทางเดียว แต่ในสภาพความเป็นจริงสารละลายโลหะหนักสามารถไหลซึมได้ในทุกทิศทาง