บทที่ 3

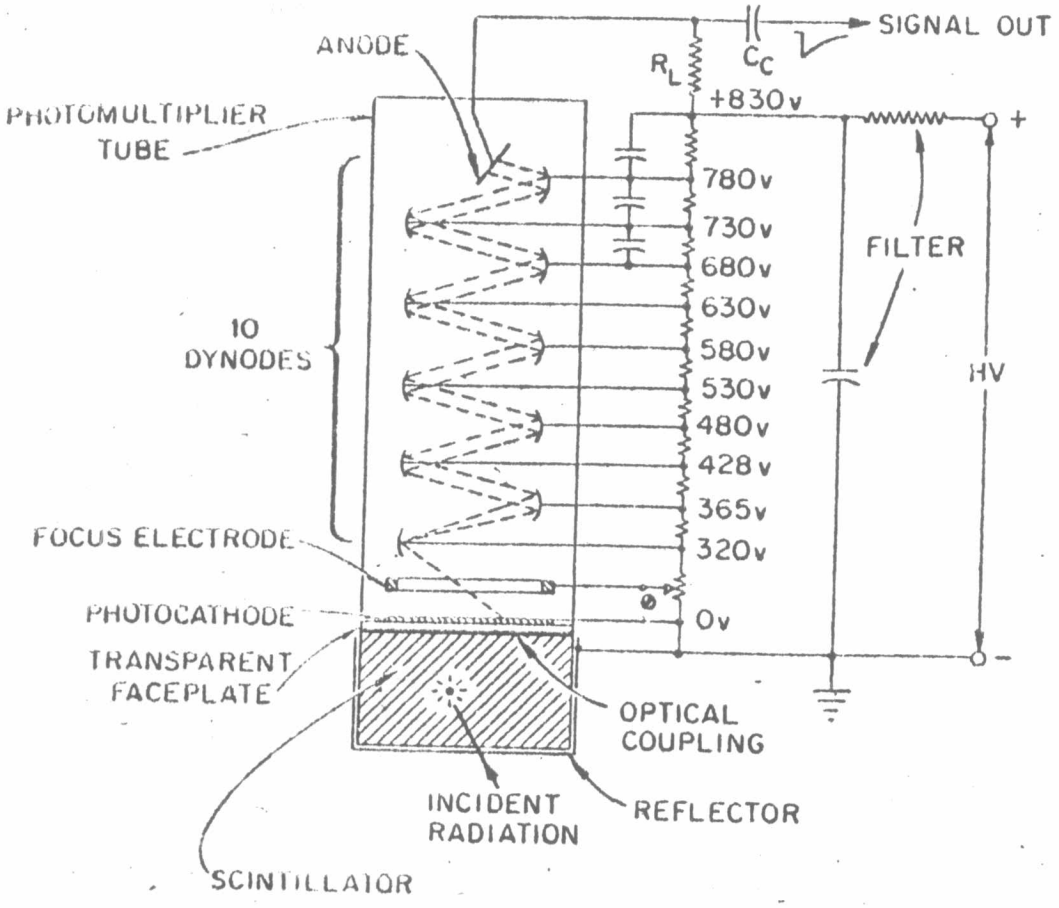
วัสดุและอุปกรณ์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

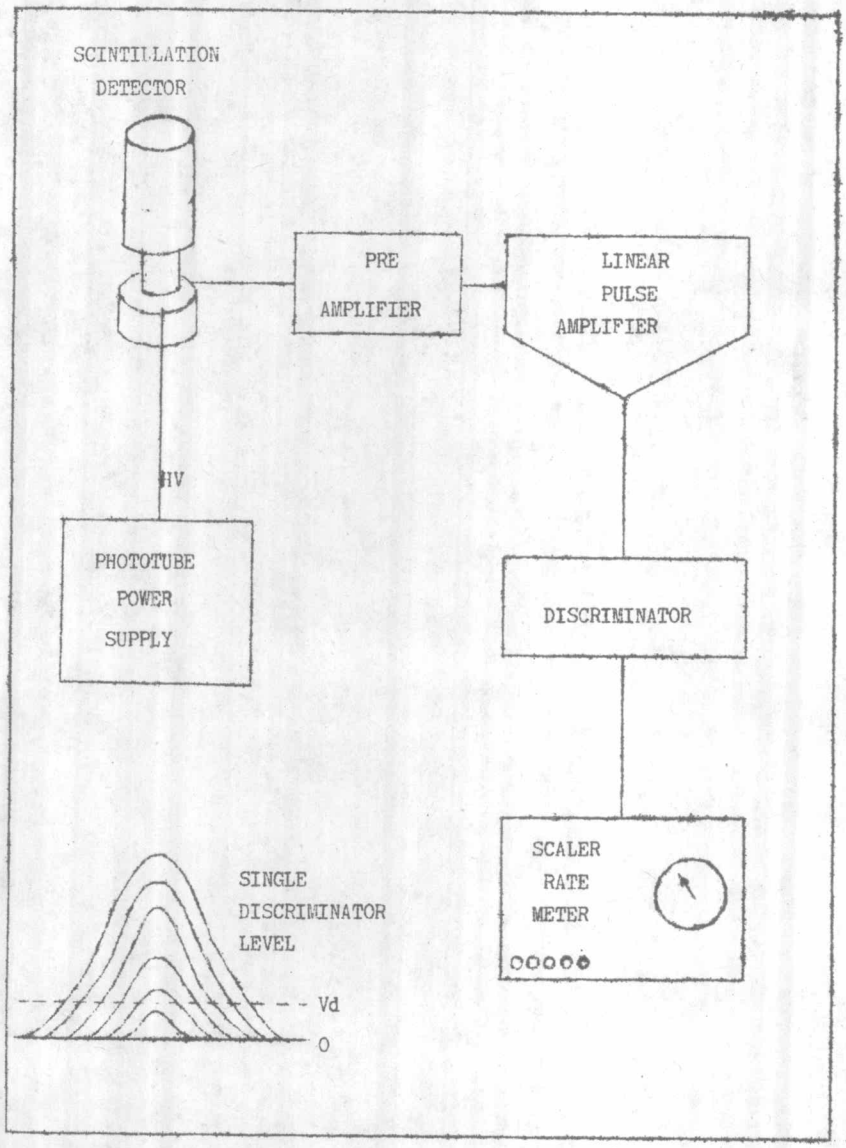
3.1 หัววัดรังสีแกมมา (Gamma detector)

หัววัดรังสีแกมมาที่ใช้เป็นหัววัดรังสีแบบเรืองแสง (Scintillation detector) ชนิดหนึ่ง ประกอบขึ้นด้วยผลึก NaI (Sodium iodine) ซึ่งเป็นตัวเรืองแสงอนินทรีย์ (Inorganic scintillator) มี Tl เป็นตัวแทรก (impurity) เพื่อเพิ่มพลังงาน กับหลอดทวีคูณ (Photomultiplier tube) ซึ่งทำหน้าที่รับแสงที่ตกลงบนโฟโตคาโถด (Photo cathode) และเพิ่มจำนวนอิเลคตรอน

เมื่อรังสีแกมมาวิ่งผ่านเข้าไปกระทบตัวเรืองแสง NaI (Tl) จะเสียพลังงานไปด้วยอันตรกิริยาต่าง ๆ เช่น โฟโตอิเลคตริค เอฟเฟคท์ คอมป์ตัน เอฟเฟคท์ และแพร์ โปรดักชัน NaI (Tl) จะรับพลังงานไว้เพียงบางส่วนหรือทั้งหมด พร้อมกับปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาอยู่ในรูปของโฟตอนที่มีพลังงานต่าง ๆ กัน โฟตอนนี้จะวิ่งเข้าไปชนโฟโตคาโถดในหลอดทวีคูณ ซึ่งเป็นสารที่ไวต่อแสงมาก แล้วโฟโตคาโถดจะปล่อยอิเลคตรอนหลุดออกมาหนึ่งตัวต่อหนึ่งโฟตอนที่เข้าชนตามอันตรกิริยาโฟโตอิเลคตริก อิเลคตรอนนี้เรียกว่าโฟโตอิเลคตรอน (Photoelectron) ซึ่งจะถูกเร่งโดยความต่างศักย์ไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปชนแผ่นไดโนด (dynode) แล้วโฟโตอิเลคตรอนแต่ละตัวจะทำให้เกิดอิเลคตรอนขึ้นหลายตัว และในทำนองเดียวกันที่ไดโนดอันต่อ ๆ ไป ก็จะมีอิเลคตรอนเกิดขึ้นโดยวิธีเดียวกัน โดยที่แต่ละไดโนดที่ถัดมาจะมีศักย์สูงกว่าไดโนดก่อนหน้าเสมอ ผลสุดท้ายจะได้อิเลคตรอนออกมามากมายประมาณ 10^6 ถึง 10^9 ตัว แล้วอิเลคตรอนนี้จะวิ่งเข้าหาแอโนด (anode) เกิดเป็นกระแสไฟฟ้า (current pulse) ที่มีความแรงพอสมควรสามารถวัดได้



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบของหัววัดรังสีแบบเรืองแสง



รูปที่ 3.2 แสดงผังวงจรของหัววัดรังสีแกมมาแบบเรืองแสง

สัญญาณไฟฟ้านี้จะเข้าสู่วงจรนับรังสีซึ่งอาจจะเป็นเครื่องนับรังสีแบบธรรมดาที่วัดเฉพาะปริมาณรังสีหรือเป็นเครื่องนับรังสีที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งปริมาณและพลังงานของรังสี สำหรับการวิจัยนี้ใช้หัววัดรังสี NaI (Tl) ขนาด 3 นิ้ว × 3 นิ้ว เพื่อวัดปริมาณของรังสีแกมมาเพียงอย่างเดียว

3.2 วงจรอิเลกโทรนิคส์สหรับหัววัดรังสีแกมมาแบบเรืองแสง

การวัดรังสีแกมมาจะสมบูรณ์ด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 แหล่งจ่ายไฟที่มีศักย์ไฟฟ้าสูง (High voltage supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟสำหรับหลอดทวีคูณและให้ศักดาไฟฟ้ากับไดโนดต่าง ๆ

3.2.2 ปรีแอมปลิไฟเออร์ (Preamplifier) โดยมากแล้วเครื่องมือส่วนนี้จะติดอยู่ด้านหลังของหลอดทวีคูณ ทำหน้าที่ช่วยปรับอิมพิเดนซ์ (impedance) ของหลอดทวีคูณซึ่งสูงมากให้เหมาะกับแอมปลิไฟเออร์ซึ่งมีอิมพิเดนซ์ต่ำ

3.2.3 แอมปลิไฟเออร์ (Amplifier) ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าให้ใหญ่ขึ้นพอที่วงจรไฟฟ้าภาคต่อไปสามารถทำงานได้

3.2.4 เครื่องวิเคราะห์ความสูงของคลื่นไฟฟ้า (Pulse height analyzer or discriminator) เป็นวงจรทำหน้าที่เลือกวัดคลื่นไฟฟ้าขนาดใดขนาดหนึ่งและตัดเครื่องไฟฟ้าอื่น ๆ ออกไป

3.2.5 เครื่องนับ (Electronic counter) ทำหน้าที่วัดปริมาณรังสีแกมมาที่เข้ามาโดยรับสัญญาณไฟฟ้าจากเครื่องวิเคราะห์ความสูงของคลื่นไฟฟ้า

สำหรับการวิจัยนี้ใช้

High voltage	model 456
PAD	model 814
Counter, Timer	model 1772

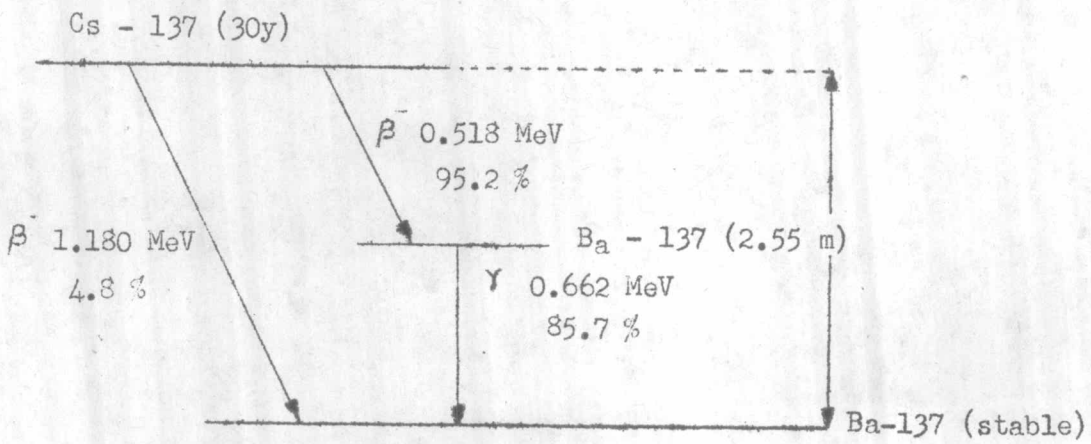
3.3 ต้นกำเนิดรังสี (Radioactive Source)

หมายถึง แหล่งที่ให้กัมมันตภาพรังสี แบ่งออกได้เป็น 2 พวก คือ

3.3.1 ต้นกำเนิดรังสีที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ ได้แก่รังสีคอสมิค และวัสดุกัมมันตรังสีที่เกิดขึ้นและมีอยู่ในธรรมชาติเช่น ธอเรียม ยูเรเนียม คาร์บอน-14 โปตัสเซียม-40

3.3.2 ต้นกำเนิดรังสีที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมา คือต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในงานต่าง ๆ เช่น เครื่องเอกซ์เรย์ เพื่อใช้ในการถ่ายภาพภายใน เครื่องโคบอลท์-60 เพื่อใช้ในการรักษาโรคมะเร็งและถนอมอาหาร เรดิโอไอโซโทปชนิดต่าง ๆ ที่ใช้ในการวินิจฉัยและรักษาโรค ต้นกำเนิดรังสีสำหรับเครื่องมือเหล่านี้ได้แก่ โคบอลท์-60 สตรอนเทียม-60 และอเมริเซียม-241 เป็นต้น

สำหรับในการวิจัยนี้ ใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมาชนิดซีเซียม-137 ความแรง 5 mCi ซึ่งจะสลายตัวให้รังสีแกมมาและรังสีเบตา ดังผังการสลายตัวรูปที่



รูปที่ 3.3 แสดงผังการสลายตัวของซีเซียม-137

3.4 วัสดุที่ใช้เป็นองค์ประกอบของคอนกรีต

โดยทั่วไปคอนกรีตประกอบด้วยวัสดุ 3 ชนิดคือ ปูนซีเมนต์ วัสดุผสมและน้ำ ในบางกรณีอาจจะใช้วัสดุชนิดที่ 4 รวมอยู่ด้วย เพื่อประโยชน์โดยเฉพาะบางประการ เช่น วัสดุที่ทำให้เกิดฟองอากาศ วัสดุที่เป็นตัวเร่งหรือตัวหน่วงให้คอนกรีตก่อตัวเร็วหรือช้า เป็นต้น เพื่อให้ได้คอนกรีตที่มีความหนาแน่นมากขึ้นและมีคุณภาพดีจึงใช้วัสดุผสมต่าง ๆ ชนิดกันในการทดลองผสมคอนกรีตซึ่งจะกล่าวถึงชนิดและคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ทำคอนกรีต ดังนี้

3.4.1 ปูนซีเมนต์ (Cement)

ปูนซีเมนต์ที่จะกล่าวถึงนี้หมายถึง ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์(Portland cement) ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ไฮดรอลิก (Hydraulic cement) ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 88 ตอนที่ 145 ระบุไว้ว่า "ปูนซีเมนต์ หมายถึง ผงผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบดปูนเม็ด ซึ่งเป็นผลึกที่เกิดจากการเผาส่วนผสมต่าง ๆ จนรวมตัวผสมกันสุกพอดี มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ไฮดรอลิกคัลเซี่ยมซิลิเกต" วัตถุดิบที่นำมาใช้ทำปูนซีเมนต์นั้นประกอบด้วยสารสำคัญ 4 อย่างคือ หินปูน ซิลิก้า อะลูมิน่าและเหล็ก ซึ่งได้มาจากหินและดินตามธรรมชาติ วัตถุดิบที่นำมาใช้จะต้องถูกวิเคราะห์อย่างละเอียดทั้งคุณภาพและส่วนประกอบ ทั้งนี้เมื่อเผาเป็นปูนซีเมนต์แล้วจะได้มีคุณภาพที่สม่ำเสมอและมีคุณภาพสูงตามมาตรฐาน

ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ เป็นวัสดุก่อสร้างที่สำคัญในการก่อสร้างทางวิศวกรรมปัจจุบัน และถูกผลิตขึ้นมาหลายชนิดทั้งนี้เพื่อประโยชน์ใช้สอยต่าง ๆ ตามความต้องการโดยเฉพาะและเพื่อความเหมาะสมของแต่ละงาน สำหรับงานวิจัยนี้ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ ตราดอกจิก ซึ่งเป็นปูนซีเมนต์ประเภทหนึ่ง หรือที่เรียกว่า ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ธรรมดา (ordinary portland cement) มักใช้ในการทำคอนกรีตหรือผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมใดที่ไม่ต้องการคุณภาพพิเศษกว่าธรรมดาและสำหรับใช้ในการก่อสร้างตามปกติทั่วไปที่ไม่อยู่ในภาวะอากาศรุนแรง หรือในที่มีอันตรายจากซัลเฟต เป็น

พิเศษหรือที่ความร้อนจากการรวมตัวกับน้ำจะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึงขั้นอันตราย ความถ่วงจำเพาะของปูนซีเมนต์ชนิดนี้มีค่าประมาณ 3.15

3.4.2 หินและทราย

ใช้เป็นวัสดุผสมหยาบและวัสดุผสมละเอียด เป็นส่วนผสมที่มีปริมาณมากที่สุดในเนื้อคอนกรีตธรรมดา โดยทั่วไปจะมีปริมาณ 66 ถึง 78 เปอร์เซนต์โดยปริมาตร ดังนั้นหินและทรายจึงต้องมีคุณสมบัติที่ดี เช่น มีความแข็งแรง(strenght) ความต้านทานต่อการกระแทกและการเสียดสี (impact and abrasion resistance) มีความคงตัวต่อปฏิกิริยาทางเคมี (chemecal stability) และในการใช้งานหินและทรายจะต้องสะอาดไม่มีสารที่ไม่ต้องการและมีขนาดคละ สำหรับงานวิจัยนี้ใช้หินเบอร์ 1 ซึ่งมีขนาดประมาณ $\frac{3}{10}$ นิ้วถึง $\frac{3}{4}$ นิ้ว และทรายหยาบซึ่งมีการพองตัวโดยปริมาตรประมาณ 18 เปอร์เซนต์ ความถ่วงจำเพาะของหินและทรายมีค่าประมาณ 2.4 ถึง 2.9

3.4.3 น้ำ

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญอย่างยิ่งในการทำคอนกรีต น้ำที่ผสมในคอนกรีตทำหน้าที่หลายอย่าง คือ

(1) ทำหน้าที่เคลือบวัสดุผสมให้เปียกเพื่อปูนซีเมนต์จะได้เข้าเกาะโดยรอบและแข็งยึดให้ติดกันได้

(2) ทำหน้าที่หล่อลื่นให้เกิดความเหลวและสามารถเทและกระทุ้งหรือเขย่าเข้าแบบให้เป็นรูปร่างได้

(3) ทำหน้าที่เข้าผสมทางเคมีกับซีเมนต์ ทำให้ปูนซีเมนต์กลายเป็นวุ้นแข็งเกิดความร้อนและเกาะกันแข็งตัวเป็นหินได้

ดังนั้นน้ำที่ใช้ผสมคอนกรีตจะต้องสะอาดปราศจากกรด ด่าง น้ำมันและสารอินทรีย์อื่น ๆ ในปริมาณที่จะเป็นอันตรายต่อคอนกรีตและจะต้องมีอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของปูนซีเมนต์พอเหมาะ เพราะว่ามีความสัมพันธ์กับกำลังของคอนกรีต ในงานนี้ใช้น้ำประปาในการผสมคอนกรีต บ่มคอนกรีตให้แข็งตัวและล้างวัสดุผสมบางชนิดให้สะอาด

3.4.4 แร่ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นวัสดุผสมสำหรับคอนกรีตหนัก

(1) แร่แบไรท์ (Baryte) เป็นแร่ซัลเฟต สูตรเคมี $BaSO_4$ ผลึกอยู่ในระบบออร์โธรอมบิก (orthorhombic system) ผลึกมักจะเป็นแผ่นหนา ยาวขนานไปกับฐานของผลึกหรือรูปแท่งเหลี่ยม ๆ แบไรท์เป็นมวลเม็ดหรือแบบเนื้อด้านเหมือนกิน จัดเป็นแร่อโลหะที่หนักผิดปกติแร่หนึ่ง คือ มีความถ่วงจำเพาะประมาณ 4 – 4.5 มีความแข็งประมาณ 3 – 3.5 มีความวาวคล้ายแก้ว บางตัวอย่างมีความวาวคล้ายมุกตรงด้านฐานของแร่ อาจไม่มีสี สีขาวหรือมีสีออกเหลือง แดงอ่อนๆ เนื้อแร่โปร่งใส ถึงโปร่งแสง แบไรท์เป็นกากแร่ในสายแร่โลหะ และมักซ้อนอยู่บนหินปูนหรือหินทราย ในประเทศไทยพบที่จังหวัดชลบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี นครศรีธรรมราช เชียงใหม่ ฯลฯ ประโยชน์ของแบไรท์มากกว่า 80 เปอร์เซนต์ นำมาทำโคลนผง (drilling mud) ใช้ในการสำรวจน้ำมันหรือน้ำบาดาล ใช้ในอุตสาหกรรมทำแม่สีและเนื้อสี อุตสาหกรรมทำแก้ว ทำยาง ผ้าน้ำมัน อุตสาหกรรมฟอกหนัก

(2) แร่เฮมาไทท์หรือแร่เหล็กแดง (Hematite)เป็นแร่ออกไซด์ มีสูตรเคมี Fe_2O_3 รูปผลึกอยู่ในระบบเฮกซะโกนาล (Hexagonal system) มักเกิดเป็นแผ่นบางหรือหนามาก ผิวแตกขรุขระ ความแข็ง 6.5 ความถ่วงจำเพาะ 5.3 มีสีแดงเลือดหมูเข้มจนเกือบดำหรือเทาแบบเหล็ก เฮมาไทท์เป็นแร่ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ มักเกิดโดยการแทนที่ในหินปูน เนื่องมาจากการแทรกดันของหินอัคนีและใช้เป็นสินแร่เหล็กที่สำคัญ ถลุงเอาโลหะเหล็กซึ่งมีเปอร์เซนต์ของ Fe ประมาณ 70 เปอร์เซนต์

โลหะเหล็กเป็นหัวใจของโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเหล็กกล้า และเหล็กแปรรูปต่าง ๆ ประเทศไทยพบที่ จังหวัดลพบุรี นครสวรรค์ สุโขทัย เลย เชียงใหม่ นครศรีธรรมราช

(3) แร่อิลเมไนท์ (Ilmenite) เป็นแร่ออกไซด์ มีสูตรเคมี $FeTiO_3$ รูปผลึกอยู่ในระบบเฮกซะโกนาล ผลึกมักจะเป็นแผ่นหนาหรือเป็นชั้น ปกติจะมีเพื่อสมานแน่นหรือเป็นมวลเมล็ดเท่าเม็ดทราย ความแข็ง 5.5 – 6 ความถ่วงจำเพาะ 4.7 ความวาวคล้ายโลหะหรือกึ่งโลหะ มีสีดำแบบเหล็ก สีผงละเอียดดำหรือแดงน้ำตาล อิลเมไนท์พบในสายแร่หรือมวลสารที่เป็นผลจากการแยกตัวของหินหนืด เป็นแร่ช่วยประกอบหินในหินอัคนี ปนอยู่กับทรายร่วมกับแมกเนไทท์ รูไทล์ โบทาไซท์ ในประเทศไทย อิลเมไนท์ มีขนาดเล็กเท่าเม็ดทรายพบในแหล่งตีบุก อิลเมไนท์เป็นต้นกำเนิดให้ธาตุไททาเนียม ซึ่งนำมาใช้เป็นแม่สี และยังมีคุณสมบัติพิเศษสามารถใช้เป็นวัสดุในการสร้างเครื่องบิน ทั้งส่วนที่เป็นโครงสร้างและเครื่องยนต์

(4) แร่กาลีนา (Galena) เป็นแร่ซัลไฟด์ มีสูตรเคมี PbS รูปผลึกอยู่ในระบบไอโซเมตริก (isometric system) เป็นมวลเมล็ดเล็ก ๆ เกาะกันเป็นก้อนสีเทาตะกั่ว มีความวาวโลหะแบบโลหะตะกั่วชัดเจน มีความแข็ง 2.5 แต่เปราะร่วน ความถ่วงจำเพาะ 7.4 – 7.6 เป็นแร่ที่หนักผิดธรรมดา สีแร่และสีผงละเอียดมีสีเทาตะกั่ว เผาบนแท่งถ่านจะได้ตะกั่วเม็ดกลม ๆ ฉาบด้วยตะกั่วออกไซด์ มีธาตุตะกั่ว 86.6 เปอร์เซนต์ มีกลิ่นซัลเฟอร์ขณะเผา กาลีนาเกิดจากหินหนืดนำขึ้นมาแทรกแทนที่หินท้องที่ และมักเกิดร่วมกับแบไรท์ ฟลูออไรท์ หรืออาจพบเป็นสายแร่เล็ก ๆ ในหินปูนและหินทราย ประเทศไทยพบที่จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง ตาก แพร่ กาญจนบุรี เพชรบุรี ยะลา กาลีนาใช้ถลุงเอาโลหะตะกั่ว ซึ่งใช้ทำแบตเตอรี่ สายเคเบิล ลูกปืน ตัวพิมพ์และใช้กำบังสารกัมมันตภาพรังสี

ในงานวิจัยนี้ยังใช้แร่กาลีนาที่แต่งแล้ว เพื่อให้มีปริมาณของธาตุตะกั่วสูงขึ้น มีลักษณะเม็ดเล็ก ๆ มีความวาว สีเทาตะกั่ว

3.5 กัมกรีต (Gumcrete)

กัมกรีต คือ กาวคอนกรีตอีพ็อกซี่ มีน้ำยาอีพ็อกซี่ (Epoxy Adhesives) เป็นส่วนผสมที่สำคัญ โดยทั่วไปใช้สำหรับเชื่อมต่อหรืออุดรอยรั่วของวัสดุต่าง ๆ เช่น กระเบื้อง คอนกรีต ท่อ ไม้ อิฐ เพราะว่ามีคุณสมบัติดี สามารถทนความร้อนได้ถึง ๒๐๐ °ซ. ยึดเกาะได้ดี ทนต่อการดัดงอสูง ทนต่อการกระแทกหรือเสียดสีได้ดี ไม่ดูดซึมน้ำหรือหลุดล่อนเมื่อถูกน้ำ ในงานวิจัยนี้ใช้กัมกรีตผสมกับแร่กาลีนาที่แต่งแล้วเพื่อทำเครื่องกำบังรังสี โดยเลือกใช้ขนาด 1 กก. จำนวน 2 กล่อง

3.6 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหล่อคอนกรีต

3.6.1 แบบสำหรับหล่อคอนกรีต เป็นแบบไม้ทรงลูกบาศก์ ขนาด $8 \times 8 \times 8$ ซม.^{3}

3.6.2 ถังผสมคอนกรีต

3.6.3 เครื่องชั่ง

3.6.4 เกรียง

3.6.5 เหล็กกระทุ้ง

3.7 อุปกรณ์ที่ใช้ในการหาความถ่วงจำเพาะ

3.7.1 ฟลาส (Flask) ขนาด 125 มิลลิลิตร

3.7.2 เตาอบ

3.7.3 เครื่องชั่งชนิดละเอียด

3.7.4 เทอร์โมมิเตอร์

3.7.4 บีกเกอร์ (Beaker)

3.8 อุปกรณ์จากห้องทดลองแผนกโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.8.1 แบบหล่อแท่งคอนกรีตทรงกระบอก (Mold) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว สูง 4 นิ้ว

3.8.2 เครื่องทดสอบกำลังของคอนกรีต

3.9 อุปกรณ์จากห้องทดลองแผนกโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.9.1 เครื่องย่อยแร่

3.9.2 ตะแกรงร่อนขนาดต่าง ๆ