

เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ

หัวข้อ ความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

ตอนที่ ๑ บทนำ การประยุกต์ใช้ และความปลอดภัย

เรียบเรียงโดย ดร.วิสันติ เลหาอุดมโชค
นักวิชาการแรงงานชำนาญการ
สำนักความปลอดภัยแรงงาน

๑. นาโนเทคโนโลยีคืออะไร

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) เป็นวิทยาการประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้าง การควบคุม การสังเคราะห์วัสดุหรือผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีหน่วยย่อยขนาดเล็กในช่วง ๑-๑๐๐ นาโนเมตร (๑ นาโนเมตร เท่ากับหนึ่งในพันล้านส่วนของ ๑ เมตร) ซึ่งเทียบเท่ากับระดับอนุภาคของโมเลกุลหรืออะตอม ตัวอย่างเปรียบเทียบ เช่น เส้นผม จะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ ๕๐,๐๐๐ นาโนเมตร และสิ่งที่เล็กที่สุดที่เราสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จะมีขนาดประมาณ ๑๐,๐๐๐ นาโนเมตร

การจัดการให้โครงสร้างของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์นั้นอยู่ในระดับนาโน (Nanostructure) ส่งผลให้เกิดคุณสมบัติพิเศษบางอย่างขึ้น ไม่ว่าจะทางด้านกายภาพ เคมี หรือชีวภาพ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามจุดประสงค์ที่ต้องการได้ หรือทำให้เกิดความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

๒. ความเป็นมาของนาโนเทคโนโลยี

คำว่า “นาโน (Nano)” มีรากศัพท์มาจากภาษากรีกว่า “Nanos” ซึ่งแปลว่า “แคระ” จึงถูกนำมาใช้เป็นคำอุปสรรค (Prefix) ทางหน่วยวัดสำหรับอ้างอิงขนาดที่เล็กมาก โดยการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยี อาจกล่าวได้ว่าเริ่มตั้งแต่ที่อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้ทำการศึกษาขนาดและการเคลื่อนไหวของโมเลกุลน้ำตาล และพบว่าโมเลกุลอยู่ในช่วงนาโนเมตร ซึ่งถือว่าเป็นจุดตั้งต้นของการศึกษาอนุภาคระดับนาโนในเวลาต่อมา

ศาสตราจารย์ ดร. ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Phillips Feynman) (ค.ศ. ๑๙๑๘ – ๑๙๘๘) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกันที่มีชื่อเสียงที่สุดท่านหนึ่งแห่งศตวรรษที่ ๒๐ และได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ. ๑๙๖๕ ถือเป็นบุคคลแรกที่เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านนาโนเทคโนโลยี ในการปาฐกถาเรื่อง “There's Plenty of Room at the Bottom” เมื่อปี ค.ศ. ๑๙๕๙ ว่า “ในอนาคตอันใกล้ เราจะสามารถประกอบ ผลิต หรือจัดการสิ่งของที่มีขนาดเล็กระดับอะตอมได้ด้วยความแม่นยำ และไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใดๆ ที่ขัดแย้งกับความเป็นไปได้” ต่อมา ดร.ฟายน์แมน ได้รับการยกย่องให้เป็นบิดาแห่งนาโนเทคโนโลยี

ในปี ค.ศ. ๑๙๘๖ ได้มีหนังสือชื่อ “จักรกลแห่งการสร้างสรรค (Engines of Creation)” ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี เขียนโดย ดร. อีริก เดรกซ์เลอร์ (Eric Drexler) และได้รับความนิยมนอย่างมาก คำว่า นาโนเทคโนโลยี จึงเริ่มเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายตั้งแต่นั้นมา ทั้งนี้ ดร.เดรกซ์เลอร์ เป็นบุคคลแรกที่สำเร็จการศึกษาปริญญาเอกสาขานาโนเทคโนโลยี จากสถาบัน MIT ในปี ค.ศ. ๑๙๙๑ และปีถัดมา ก็ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ “ระบบนาโน: เครื่องจักรกลระดับโมเลกุล การผลิต และการคิดคำนวณ (Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation)” เป็นงานเขียนชิ้นเอกด้านนาโนเทคโนโลยีที่ไม่เคยมีมาก่อน ณ ขณะนั้น

จนกระทั่งปี ค.ศ. ๒๐๐๐ รัฐบาลสหรัฐได้ผลักดันให้เกิดแผนงานทางนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (National Nanotechnology Initiative and Its Implementation Plan) ขึ้น ทำให้โลกเกิดกระแสตื่นตัวเกี่ยวกับการพัฒนานาโนเทคโนโลยีขึ้นอย่างมาก สำหรับในประเทศไทย ได้มีการเริ่มดำเนินการศึกษาวิจัยทางด้าน Computational Nanoscience เป็นครั้งแรกที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๓๘ และได้มีการตั้ง ศูนย์นาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล ขึ้นหลังจากนั้น เพื่อทำการวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีในหลากหลายหัวข้อ ต่อมาในปี พ.ศ. ๒๕๔๖ คณะรัฐมนตรีได้มีมติอนุมัติการจัดตั้ง ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ เพื่อเป็นหน่วยงานหลักของประเทศในการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนานวัตกรรมทางด้านนาโนเทคโนโลยี นอกจากนี้ ยังได้มีการจัดทำ Roadmap ด้านนาโนเทคโนโลยี โดยสร้างเครือข่ายหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มาบูรณาการสร้างความเข้มแข็งและความปลอดภัยในการใช้นาโนเทคโนโลยีในทางอุตสาหกรรม นำมาซึ่งการตื่นตัวเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีที่เพิ่มมากขึ้นในสังคมไทย

๓. นาโนเทคโนโลยีกับอุตสาหกรรม

การพัฒนาทางอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็วในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา รวมทั้งภาวะทางเศรษฐกิจและการแข่งขัน ส่งผลให้นาโนเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยถูกประยุกต์ใช้หรือเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรมหลายประเภท ดังนี้

- **อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์** มีการใช้วัสดุระดับนาโนเป็นองค์ประกอบของสารกึ่งตัวนำในการผลิตชิป/แผงวงจร หน่วยความจำขนาดนาโน ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กลง แต่สามารถบรรจุข้อมูลได้จำนวนมหาศาล ทั้งยังประหยัดไฟมากขึ้นและมีประสิทธิภาพโดยรวมเพิ่มขึ้น

- **อุตสาหกรรมสิ่งทอ (สิ่งทอนาโน)** มีการใช้อนุภาคนาโนเคลือบเส้นใยผ้า ทำให้สวมใส่สบายขึ้น เนื่องจากตัวอนุภาคจะช่วยดูดความชื้น ป้องกันรังสี UV และความร้อน ทำลายแบคทีเรีย ระงับกลิ่นเหม็น และยังสามารถเสริมวิตามินอีช่วยบำรุงผิวอีกด้วย

- **อุตสาหกรรมเครื่องสำอาง** เช่น ผลิตภัณฑ์แป้งทาหน้า ซึ่งเป็นอนุภาคระดับนาโน ทำให้แป้งมีคุณสมบัติไม่สะท้อนแสง ทำให้ใบหน้าไม่ขาววอกและดูอ่อนเยาว์ขึ้น ผลิตภัณฑ์ครีมบำรุงผิวที่เป็นอนุภาคนาโน จะช่วยให้การดูดซึมเข้าสู่ผิวหนังดีขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของครีม

- **อุตสาหกรรมยา** ซึ่งยาที่มีองค์ประกอบเป็นอนุภาคระดับนาโน ทำให้ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้ดี และออกฤทธิ์ได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนายารักษาโรคมะเร็งและระบบนำส่งยาที่มีขนาดเล็กระดับนาโน เพื่อให้ใช้ปริมาณยาที่มีขนาดน้อยลง และไปถึงเป้าหมายเฉพาะที่ โดยไม่ส่งผลข้างเคียงต่อเซลล์หรือเนื้อเยื่ออื่นที่ไม่ต้องการให้ได้รับผลกระทบจากการออกฤทธิ์ของยา

- **อุตสาหกรรมการแพทย์** โดยการผ่าตัดแบบดั้งเดิม อาจเปลี่ยนไปเป็นการผ่าตัดระดับนาโน (Nanosurgeons) โดยการควบคุมหุ่นยนต์นาโน (Nanorobots) เข้าไปตรวจจับและทำลายเซลล์มะเร็ง หรือไวรัสที่ต้องการโดยไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์อื่น นอกจากนี้ ยังมีการผลิตตัวเซนเซอร์ทางการแพทย์ อวัยวะเทียม กระดูกเทียมที่มีอนุภาคในระดับนาโนสำหรับผู้พิการ

- **อุตสาหกรรมสารเคลือบผิว** นอกเหนือจากการใช้สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของอนุภาคนาโน กับผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ยังมีการใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ เช่น เคลือบผิวโลหะภายในเครื่องยนต์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อลื่นและป้องกันการสึกหรอ เคลือบผิวฟิล์มติดกระจกรถยนต์หรือแว่นตา เพื่อป้องกันรังสี UV และความร้อน เคลือบผิวภาชนะบรรจุภัณฑ์เพื่อป้องกันความชื้น เป็นต้น

- **อุตสาหกรรมโลหะและวัสดุก่อสร้าง** เช่น เหล็ก สามารถนำอนุภาคนาโนไปใช้เสริมทำให้เหล็กมีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นตัวสูงขึ้นและมีความเหนียวมากขึ้น คอนกรีต มีการใช้อนุภาคเส้นใยนาโนเข้าไปเป็นส่วนประกอบ ทำให้คอนกรีตมีความละเอียดมากขึ้น ส่งผลให้การยึดเกาะดีขึ้น เพิ่มความแข็งแรง ทนทาน ทั้งยังทำให้เกิดคุณสมบัติในการทำความสะอาดตัวเองได้

อุตสาหกรรมประเภทดังกล่าวมานี้ มีฐานการผลิตส่วนใหญ่อยู่ในประเทศกำลังพัฒนา รวมถึงประเทศไทยด้วย โดยได้มีการคาดคะเนไว้ว่าในปี พ.ศ. ๒๕๕๖ มูลค่าของผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยี จะอยู่ที่ระดับร้อยละ ๑ ของผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ หรือประมาณ ๑๒๐,๐๐๐ ล้านบาท และมูลค่ารวมของผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีในสิบปีข้างหน้า จะสูงกว่า ๔๐ ล้านล้านบาท ซึ่งภาคอุตสาหกรรมไทยมีโอกาที่จะได้ส่วนแบ่งทางสินค้าในหมวดเครื่องสำอาง และสารเคลือบผิว

๔. นาโนเทคโนโลยีกับความปลอดภัย

จากแนวโน้มการพัฒนากระบวนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีที่ขยายตัวมากยิ่งขึ้น ก่อให้เกิดความตื่นตัวเกี่ยวกับความเสี่ยงรูปแบบใหม่ในการสัมผัสอันตรายในการทำงาน อันได้แก่ การได้รับอนุภาคขนาดเล็กระดับนาโน (Nanoparticles) จากสิ่งแวดล้อมการทำงานเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กอย่างยิ่งยวดนี้มีศักยภาพในเชิงอันตรายสูง สามารถแทรกซึมเข้าสู่ส่วนของร่างกายที่ยากที่จะเข้าถึง เช่น อวัยวะขนาดเล็กในปอด หรือเส้นโลหิตฝอย รวมทั้งสามารถซึมผ่านเนื้อเยื่อระบบต่างๆ ของร่างกายได้ง่าย เช่น จากปอดเข้าสู่กระแสโลหิต จากกระแสโลหิตเข้าสู่สมอง หรืออาจเข้าสู่สมองโดยตรงจากการหายใจ โดยผ่านทางเส้นประสาทในจมูก เป็นต้น นอกจากนี้ เมื่อขนาดของอนุภาคอยู่ในระดับนาโน จะมีพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล ทำให้เพิ่มพื้นที่ในการทำปฏิกิริยา ทำให้สารบางชนิดที่ปกติอาจเป็นสารเฉื่อย เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ

เป็นสารที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้เมื่อเป็นอนุภาคขนาดนาโน และการที่อนุภาคมีขนาดเล็กมาก ทำให้สามารถฟุ้งกระจายและลอยตัวในอากาศได้นานอีกด้วย ด้วยเหตุผลข้างต้น จึงอาจกล่าวได้ว่าการปฏิบัติงานที่กล่าวช้กับวัสดุนาโน มีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายหรือเกิดการเจ็บป่วยเนื่องจากการทำงานที่รุนแรงได้

อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอันตรายจากอนุภาคนาโนประเภทต่างๆ ที่มีต่อร่างกายอย่างจำเพาะ ยังคงมีอยู่ค่อนข้างจำกัด รวมทั้งในระดับสากลก็ยังมีได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับการสัมผัสอนุภาคนาโนขึ้น สำหรับในประเทศไทย ขณะนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องอยู่ในระหว่างเตรียมดำเนินการศึกษาด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมการทำงานในสถานประกอบการกลุ่มนี้เป็นการเฉพาะ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการเฝ้าระวัง ป้องกัน หรือแก้ไขปัญหาในอนาคต นอกจากนี้ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ร่วมกับเครือข่ายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ยังได้มีการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ด้านความปลอดภัยและจริยธรรมนาโนเทคโนโลยี (พ.ศ. ๒๕๕๔ – ๒๕๕๙) ขึ้น เพื่อให้การบริหารจัดการด้านความปลอดภัยนาโนเทคโนโลยีมีความเป็นเอกภาพและทิศทางการดำเนินงานเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยจะได้มีการกล่าวถึงรายละเอียดในบทความฉบับต่อไป