

คู่มือความปลอดภัยนาโนเทคโนโลยีสำหรับภาคอุตสาหกรรม มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยี (มอก.2691)

(ฉบับอ่านง่าย)

ภายใต้โครงการพัฒนาเครือข่ายภาคอุตสาหกรรม
เรื่อง ความปลอดภัยนาโนเทคโนโลยี



กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม
ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ





สารบัญ

หน้า

บทนำ

วัสดุนาโน (Nanomaterials) 1

คำนิยามของ "นาโน" 2

ลักษณะเฉพาะของวัสดุนาโน 5

การทำเครื่องหมายฉลากวัสดุนาโน 8

การขนส่งและการบรรจุ 9

คุณสมบัติของวัสดุนาโนที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ 10

ความเสี่ยงจากการรับสัมผัสจากวัสดุนาโน 12

ความเสี่ยงการเกิดเพลิงไหม้และการระเบิดจาก "วัสดุนาโน" 13

การจัดเก็บของเสียวัสดุนาโนก่อนนำไปกำจัด 14

การกำจัดของเสีย "วัสดุนาโน" 15

แนวทางแนะนำการควบคุม วัสดุนาโน ตามลักษณะงาน 16

กระบวนการประเมินความเสี่ยง 17

8 ประเด็นวัสดุนาโนและการใช้งาน 18

4 ไฟร์ไฟล์ลักษณะเฉพาะและความเป็นอันตรายของวัสดุนาโน 21

การประเมินความเสี่ยง 24

การประเมินทางเลือกในการบริหารจัดการความเสี่ยง 25

การทบทวนและการปรับใช้ 27

สุขภาพและความปลอดภัย สำหรับอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ นาโนเทคโนโลยี 28

แนวทางการจัดการเพื่อป้องกันการได้รับสัมผัสวัสดุนาโนจากการผลิต 30

เอกสารประกอบการค้นคว้าเพิ่มเติม



คู่มือความปลอดภัยนาโนเทคโนโลยีสำหรับภาคอุตสาหกรรม

: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยี (มอก.2691) ฉบับอ่านง่าย

ภายใต้โครงการพัฒนาเครือข่ายอุตสาหกรรม เรื่อง ความปลอดภัยนาโนเทคโนโลยี

บทนำ

นาโนเทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้กับทุกอุตสาหกรรม โดยส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความพิเศษ สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าต่างๆ และเป็นเทคโนโลยีแห่งอนาคต ซึ่งขณะนี้ประเทศไทยได้มีการจัดทำมาตรฐานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีขึ้น เพื่อที่จะช่วยให้ภาคอุตสาหกรรม และประชาชนได้เข้าใจถึงการใช้นาโนเทคโนโลยีอย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย เพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยีอย่างยั่งยืนต่อไปในอนาคต ซึ่งคู่มือฉบับนี้ได้นำข้อมูลมาตรฐานอุตสาหกรรมนาโนเทคโนโลยี มอก. 2691 เล่ม 1 แนวทางระบุข้อกำหนดวัสดุนาโนจากการผลิต เล่ม 3 แนวทางการจัดการทำและกำจัดวัสดุนาโนอย่างปลอดภัย (เฉพาะเรื่องลักษณะความเป็นอันตราย การควบคุม และการกำจัด) เล่ม 5 แนวทางการประเมินความเสี่ยงของวัสดุนาโน และเล่ม 7 ระเบียบปฏิบัติเกี่ยวกับสุขภาพและความปลอดภัยสำหรับอาชีพที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยี ซึ่งอยู่ในรูปแบบ easy to ready เพื่อให้เกิดความเข้าใจได้ง่าย และยังมี QR code ที่ผู้สนใจสามารถเข้าไปสแกนเพื่อศึกษาข้อมูลฉบับเต็มเพิ่มเติมได้อีกด้วย

จัดทำโดย

กองส่งเสริมเทคโนโลยีความปลอดภัยโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ



วัสดุนาโน (Nanomaterials)

สามารถแบ่งเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 2 ประเภท คือ

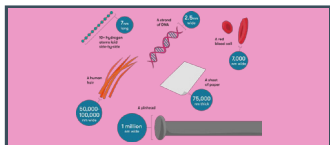
สารอนินทรีย์ (Inorganic)	สารอินทรีย์ (Organic)
ตัวอย่างวัสดุนาโนที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ▪ อนุภาคเงินนาโน (Silver nanoparticles) ▪ อนุภาคทองนาโน (Gold nanoparticles) ▪ อนุภาคสังกะสีออกไซด์นาโน (Nano Zinc oxide) ▪ อนุภาคซิลิกอนไดออกไซด์นาโน (Nano Silicon dioxide) ▪ อนุภาคคาร์บอนแบล็กนาโน (Carbon black nanoparticles)	ตัวอย่างวัสดุนาโนที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ▪ นาโนลิโปโซม (Nano liposomes) ▪ นาโนแคปซูล (Nano capsule) ▪ นาโนอิมัลชัน (Nano emulsions) ▪ เด็นดริเมอร์ (Dendrimers)
ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่นำวัสดุเหล่านี้ไปใช้ ▪ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ▪ อุตสาหกรรมสีและสารเคลือบ ▪ อุตสาหกรรมพลังงานและยายยนต์ ▪ อุตสาหกรรมเคมี ▪ อุตสาหกรรมสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่ม	ตัวอย่างอุตสาหกรรมที่นำวัสดุเหล่านี้ไปใช้ ▪ อุตสาหกรรมการแพทย์ ▪ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ส่วนบุคคลและเครื่องสำอางค์ ▪ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม



18 DEFINITIONS OF "NANO"

คำนิยามของ "นาโน"

— For you



1

นาโนสเกล (Nanoscale)

มิติของวัสดุในช่วง 1 นาโนเมตร ถึง 100 นาโนเมตร



2

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology)

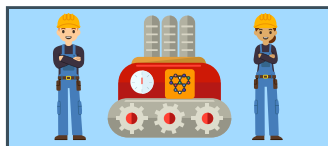
การประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการจัดการและควบคุมสสารในระดับนาโนสเกล



3

วัสดุนาโน (Nanomaterial)

วัสดุที่มีมิติภายนอกอยู่ในระดับนาโนสเกล



4

วัสดุนาโนจากการผลิต (Manufactured nanomaterial)

วัสดุนาโนที่ผลิตขึ้นสำหรับใช้ในวัตถุประสงค์ทางการค้าเพื่อให้มีสมบัติหรือองค์ประกอบที่จำเพาะ

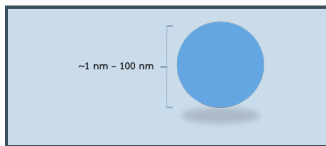




5

วัตถุนาโน (Nano-object)

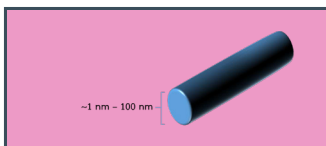
วัสดุที่มีมิติภายนอก 1 มิติ 2 มิติ หรือ 3 มิติ อยู่ในระดับนาโนสเกล



6

อนุภาคนาโน (Nanoparticle)

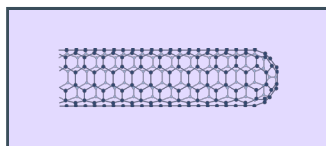
วัตถุนาโนที่มีมิติภายนอกทั้ง 3 มิติอยู่ในระดับนาโนสเกล



7

เส้นใยนาโน (Nanofiber)

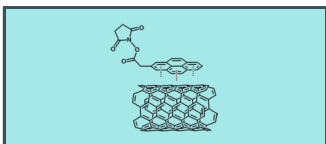
วัตถุนาโนที่มีมิติภายนอกอยู่ในระดับนาโนสเกลจำนวน 2 มิติ ส่วนมิติภายนอกที่ 3 นั้นจะมีขนาดใหญ่กว่าอย่างมีนัยสำคัญ



8

ท่อนาโน (Nanotube)

เส้นใยนาโนที่มีลักษณะกลวง



9

ท่อนาโนคาร์บอน (Carbon nanotube)

ท่อนาโนที่ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอน



10

แท่งนาโน (Nanorod)

เส้นใยนาโนที่เป็นของแข็ง

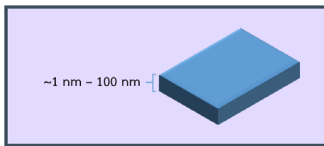




11

ลวดนาโน (Nanowire)

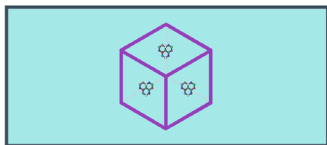
เส้นใยนาโนที่มีสมบัติเป็นตัวนำหรือกึ่งตัวนำไฟฟ้า



12

แผ่นนาโน (Nanoplate)

วัตถุนาโนที่มีมิติภายนอกอยู่ในระบับนาโนสเกลจำนวน 1 มิติ

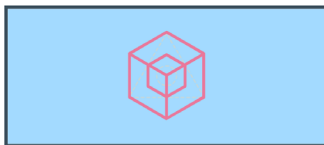


13

วัสดุโครงสร้างนาโน

(Nanostructured material)

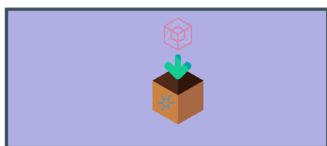
วัสดุที่มีโครงสร้างภายในอยู่ในระดับนาโนสเกล หรือมีโครงสร้างพื้นผิวอยู่ในระดับนาโนสเกล



14

นาโนเฟส (Nanophase)

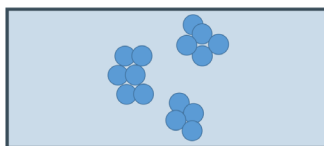
บริเวณที่มีสมบัติทางฟิสิกส์หรือทางเคมีที่ชัดเจน หรือบริเวณที่มีสมบัติทางฟิสิกส์เหมือนกันอยู่รวมกันในเนื้อวัสดุ



15

วัสดุประกอบนาโน (Nanocomposite)

วัสดุที่ประกอบด้วยเฟสที่แตกต่างกันตั้งแต่ 2 เฟสขึ้นไป โดยมีอย่างน้อย 1 เฟสเป็นนาโนเฟส

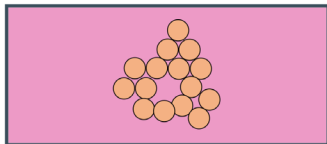


16

ก้อนเกาะแน่น (Aggregate)

อนุภาคเดี่ยวที่ยึดติดกันด้วยพันธะที่แข็งแรง หรืออนุภาคหลายอนุภาคที่หลอมรวมกัน และส่งผลให้พื้นที่ผิวภายนอกลดลง





17

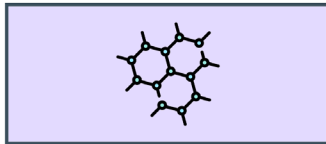
ก้อนเกาะหลวม (Agglomerate)

กลุ่มของอนุภาค หรือกลุ่มของอนุภาคก้อนเกาะแน่น ที่เกาะกันด้วยแรงแบบอ่อนๆ และส่งผลให้พื้นที่ผิวภายนอกไม่แตกต่างไปจากผลรวมพื้นที่ผิวของแต่ละอนุภาคทั้งหมดรวมกัน

SCAN ME



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พรบ.ฉบับเดิม



18

แกรฟีน(Graphene)

อะตอมคาร์บอนที่เรียงตัวเป็นแผ่น และมีช่องคล้ายรังผึ้ง สามารถนำไฟฟ้าได้

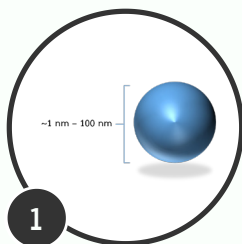
SCAN ME



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พรบ.เฉพาะส่วน

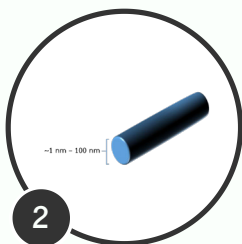
ลักษณะเฉพาะของวัสดุนาโน

Attributes of Nanomaterial



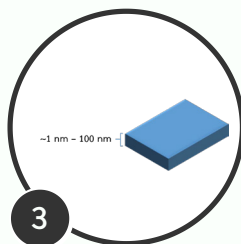
อนุภาคนาโน Nanoparticle

วัสดุนาโนที่มีมิติภายนอกอยู่ใน
ระดับนาโนสเกลทั้ง 3 มิติ



เส้นใยนาโน Nanofiber

วัสดุนาโนที่มีมิติภายนอกอยู่ใน
ระดับนาโนสเกลจำนวน 2 มิติ



แผ่นนาโน Nanoplate

วัสดุนาโนที่มีมิติภายนอกอยู่ใน
ระดับนาโนสเกลจำนวน 1 มิติ

SCAN ME



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พรบ.ฉบับเดิม

SCAN ME



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พรบ.เฉพาะส่วน





ลักษณะเฉพาะของวัสดุนาโนจากการผลิต

ลักษณะเฉพาะ	อนุภาคนาโน (Nanoparticle)	เส้นใยนาโน (Nanofiber)	แผ่นนาโน (Nanoplate)
การกระจายตัวในตัวกลางที่เป็นของแข็ง และการเสริมแรงด้วยวัสดุนาโนเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพสมบัติทางกลของวัสดุ เชิงประกอบ	✓	✓	✓
การกระจายตัวในของเหลว เช่น ความมีขี้วและไม่ขี้ว	✓	✓	✓
พื้นที่ผิวพหุค (การใช้อนุภาคนาโนในรูปแบบ ละอองลอย)	✓	✓	✓
ความสมมาตร (สำหรับสมบัติ ทางไฟฟ้าของท่อนาโน)	✗	✓	✗
ความแข็งแรงระหว่างผิวสัมผัสของ วัสดุกับเมทริกซ์ในการเสริมแรง ขนาดนาโนสเกลสำหรับ วัสดุเชิงประกอบ	✓	✓	✓
คุณสมบัติของ ผลึกและทางกลที่ขึ้นกับทิศทาง ของแรงกระทำ	✓	✓	✓

✓ หมายถึง จำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดลักษณะเฉพาะ

✗ หมายถึง ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดลักษณะเฉพาะ





ลักษณะเฉพาะเพิ่มเติมของวัสดุนาโนที่มีผลต่อคุณภาพ ของผลิตภัณฑ์และ/หรือกระบวนการผลิตขั้นต่อไป

ลักษณะเฉพาะ	อนุภาคนาโน (Nanoparticle)	เส้นใยนาโน (Nanofiber)	แผ่นนาโน (Nanoplate)
สัณฐานวิทยาของอนุภาค	✓	✗	✗
ลักษณะการไหล	✓	✓	✓
ความหนาแน่นจำเพาะ ที่วัดได้จากการอัด	✓	✓	✓
ความหนาแน่นปรากฏ	✓	✓	✓
ความพรุน	✓	✓	✓
โครงสร้างผลึกและระดับการ เป็นผลึก	✓	✓	✓
สี	✓	✓	✓
ความโปร่งแสง	✓	✓	✓
ความแข็งแรงของอนุภาค ก่อนเกาะหลวมเดียว	✓	✓	✓
โครงสร้างที่ละลายก่อนนาโน	✗	✓	✗



หมายถึง จำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดลักษณะเฉพาะ



หมายถึง ไม่จำเป็นต้องมีข้อมูลเพื่อใช้ในการกำหนดลักษณะเฉพาะ



การทำเครื่องหมายฉลาก วัสดุนาโน



แสดงข้อความระบุว่า
เป็น "วัสดุนาโน" ที่เห็นได้ชัดเจน



ชื่อทางเคมีหรือ
ชื่อทางวิทยาศาสตร์ของวัสดุนาโน



ปริมาณและองค์ประกอบทาง
เคมีของวัสดุนาโน



อันตรายและอาการเกิดพิษ
จากวัสดุนาโน



คำเตือนเกี่ยวกับ วิธีเก็บ วิธีใช้
วิธีเคลื่อนย้ายวัสดุนาโนและวิธีกำจัด
หือห่อภาชนะบรรจุอย่างปลอดภัย



วิธีปฐมพยาบาลเมื่อมีอาการเจ็บป่วย
เนื่องจากวัสดุนาโน และคำแนะนำในการ
ส่งต่อผู้ป่วยไปพบแพทย์



การขนส่งและการบรรจุ วัสดุ

วิธีการเกี่ยวข้อง
กับการขนส่ง



การเก็บรักษา



วัสดุห่อหุ้มวัสดุ
มาจากการผลิต



การบรรจุและการกำจัดให้เป็นไปตามข้อตกลงระหว่าง
ผู้ซื้อกับผู้ขายโดยคำนึงถึงกฎระเบียบและความปลอดภัย



5

คุณสมบัติของ วัสดุนาโนที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ (ความเสี่ยงจากวัสดุนาโน)



หลายปีที่ผ่านมา มีรายงานความเจ็บป่วยที่เกิดจากการสัมผัสกับสื่อนาโนภาคต่างๆ รวมถึงวัสดุนาโน ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ทั้งต่อบุคคลและกลุ่มประชากรที่มีโอกาสสัมผัสกับสื่อนาโนภาครายงานเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมักเกี่ยวข้องกับ การรับสัมผัสขณะทำงานในโรงงาน อุตสาหกรรมและจากมลภาวะในสิ่งแวดล้อม

โอกาส(หรือความเสี่ยง)ของอันตรายนั้นโดยหลักขึ้นกับปริมาณของวัสดุนาโนที่เข้าสู่อวัยวะ และความเป็นพิษของวัสดุนาโนในการประเมินความเสี่ยงของวัสดุนาโนในการดำเนินการตลอดวัฏจักรชีวิตของผลิตภัณฑ์ที่มีวัสดุนาโนเป็นองค์ประกอบ

โดยคุณสมบัติของวัสดุนาโนที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ ได้แก่

1. ขนาดที่เล็กของวัสดุนาโน

วัสดุนาโนมีขนาดเล็กจึงผ่านเข้าสู่ระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตได้ดีกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า ซึ่งรวมถึงโอกาสการเคลื่อนย้ายตำแหน่งที่ง่ายกว่าด้วย เช่น การเคลื่อนที่จากปอดเข้าสู่กระแสเลือดโดยตรง และต่อไปยังอวัยวะต่างๆ ทั้งหมดของร่างกาย หรือการสะสมในจุก และเคลื่อนที่ต่อไปยังสมองโดยตรง



2. พื้นที่ผิวที่สูงขึ้นของวัสดุนาโน

วัสดุนาโนมีขนาดเล็กทำให้มีพื้นที่ผิวต่อมวลที่สูงกว่าวัสดุนาโนขนาดใหญ่ ซึ่งอาจส่งผลให้ความเป็นพิษสูงขึ้นด้วย



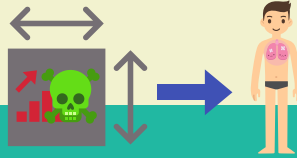
3. ความสามารถในการละลาย

การที่มีขนาดเล็กช่วยให้ความสามารถในการละลายเพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้อาจช่วยเพิ่มอัตราการเข้าระบบชีวภาพ (bioavailability) ได้มากขึ้นด้วย



4. สันฐานวิทยาของวัสดุนาโน

อัตราส่วนด้านยาวต่อด้านสั้นของวัสดุมีผลต่อความเป็นพิษ วัสดุนาโนหลายชนิดมีอัตราส่วนความยาวต่อเส้นผ่านศูนย์กลางที่สูง ซึ่งเมื่อมีการสูดดมเข้าสู่ถุงลมปอด การกำจัดออกจากปอดเป็นไปได้ยาก ทำให้วัสดุนั้นคงอยู่ในปอดเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดการอักเสบและเกิดโรคในท้ายที่สุด



5. สมบัติอื่นๆ ของวัสดุนาโน

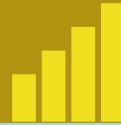
วัสดุนาโนบางชนิดอาจมีสมบัติใหม่ที่แตกต่างไปจากวัสดุชนิดเดียวกันที่มีขนาดใหญ่กว่า โดยสมบัติทางฟิสิกส์-เคมี ที่เกิดขึ้นใหม่นี้ มักเกิดขึ้นควบคู่กับการเปลี่ยนสมบัติใหม่ทางชีวภาพ ซึ่งส่งผลให้ความเป็นพิษเพิ่มขึ้นด้วย





ความเสี่ยงจากการรับสัมผัส จากวัสดุนาโน

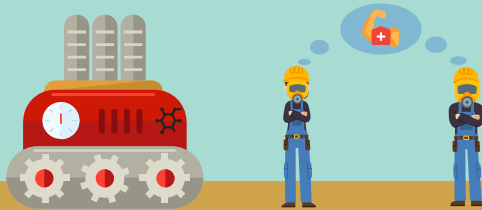
(Health Risks of Nanomaterials)



การรับสัมผัสผ่านการสูดดม

ปอดเป็นอวัยวะที่มีโอกาสได้รับผลกระทบจากการสูดดมวัสดุนาโนมากที่สุด หลักฐานทางการศึกษา พบว่าวัสดุนาโนที่สูดดมเข้าไปกระตุ้นให้เกิดกระบวนการอักเสบ แต่ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดความรุนแรงการตอบสนองนั้น ยังไม่ทราบแน่ชัด

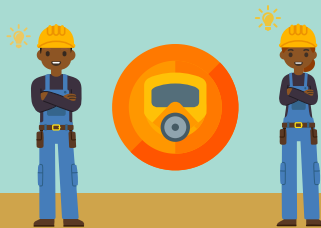
"การให้ความสำคัญต่อการป้องกันหรือลดการรับสัมผัสวัสดุนาโน จึงเป็นแนวทางที่ควรดำเนินการ"



การรับสัมผัสผ่านทางผิวหนังและดวงตา

การศึกษาการซึมของวัสดุนาโนผ่านทางผิวหนังนั้น ยังอยู่ในช่วงเริ่มต้น และยังมีอีกหลายประเด็นที่ต้องทำการศึกษาต่อไป ดังนั้นจึงควรระมัดระวัง และป้องกันการรับสัมผัสกับวัสดุนาโนผ่านทางผิวหนังโดยตรงหรือจนกว่าจะมีผลการศึกษาด้านความปลอดภัยอย่างชัดเจน พบว่า SWCNT ที่ไม่บริสุทธิ์ ส่งผลให้อัตราการรอดชีวิตของเซลล์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

"การใช้อุปกรณ์ป้องกันดวงตามีความสำคัญและควรคำนึงถึงการเกิดฝ้าบริเวณเลนส์"



ความเสี่ยงการเกิดเพลิงไหม้และ การระเบิดจาก "วัสดุนาโน"

(ความเสี่ยงจากวัสดุนาโน)

การเกิดระเบิด

อินทรีย์วัตถุส่วนใหญ่ โลหะหลายชนิด และอนินทรีย์วัตถุบางชนิดที่ไม่ใช่โลหะสามารถเกิดการระเบิดได้ หากเกิดเป็นละอองลอยในอากาศ หรือหมอกฝุ่นที่มีความเข้มข้นมากพอ



ปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดเพลิงไหม้และการระเบิด

หากมีออกซิเจน และแหล่งของการเกิดประกายไฟอยู่ในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้โอกาสในการเกิดเพลิงไหม้และระเบิดของวัสดุใดๆ ยังขึ้นกับขนาด และพื้นที่ผิวของวัสดุนั้นๆ ด้วย



ความรุนแรงในการระเบิด

วัสดุนาโนมีขนาดเล็ก ทำให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะ เช่น พื้นที่ผิวโดยรวมต่อปริมาตร หรือต่อมวลของฝุ่นเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้มีโอกาสการเกิดระเบิดที่รุนแรงขึ้นด้วย



โอกาสและความรุนแรงจากการระเบิด

โอกาสและความรุนแรงของการระเบิดจากวัสดุนาโนเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับปริมาณของวัสดุนาโนไอพ่นที่นำมาใช้



การทำงานกับวัสดุนาโนปริมาณมาก ควรหลีกเลี่ยง



การทำให้เกิดหมอกฝุ่น



การทำให้เกิดละอองของวัสดุนาโนไอพ่นในอากาศ



ข้อมูลเพิ่มเติม
พจน.ฉบับเต็ม



ข้อมูลเบื้องต้น
พจน.เฉพาะส่วน



การจัดเก็บของเสีย วัสดุนำไปกำจัด



การจัดเก็บในภาชนะบรรจุของเสีย

- ควรจัดเก็บของเสียที่ปนเปื้อนวัสดุนำในภาชนะที่อยู่ในสภาพดี ปิดสนิท มีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อป้องกันการเล็ดลอดและรั่วซึมได้
- ควรติดฉลากที่ภาชนะของเสีย และควรมีรายละเอียดของข้อมูลที่ได้รับการวิเคราะห์และสมบัติของวัสดุให้ชัดเจน



การจัดเก็บในถุงพลาสติก

- ควรเก็บรวบรวมกระดาษ อุปกรณ์ทำความสะอาด ชุดปฏิบัติการ PPE ตลอดจนวัสดุอื่นที่ได้รับการปนเปื้อนในถุงพลาสติกหรือภาชนะที่ปิดสนิท
- จัดเก็บไว้ในตู้ดูดควันในห้องปฏิบัติการ (laboratory hood) และเมื่อถุงพลาสติกเต็มให้ปิดสนิทและใส่ถุงพลาสติกซ้อนอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากด้านนอก
- จากนั้นนำออกจากตู้ดูดควันด้วยความระมัดระวัง และติดฉลากด้านนอกของถุงขยะในถูกต้องและชัดเจน





การกำจัดของเสีย "วัสดุนาโน"



แนวทางดำเนินการ

ของเสียที่มีวัสดุนาโนเป็นองค์ประกอบให้กำจัดตามแนวทางที่สอดคล้องกับประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว



การพิจารณา

พิจารณาให้ของเสียวัสดุนาโนทั้งหมดให้เป็นวัสดุอันตราย



การปฏิบัติ

ให้การปฏิบัติกับกากของเสียวัสดุนาโนเป็นไปตามแนวทางเดียวกับวัตถุอันตรายอื่นๆ



ข้อมูลทั้งหมดใน
พจนานุกรม



ข้อมูลทั้งหมดใน
พจนานุกรม

หมายเหตุ การจัดเก็บและกำจัดวัสดุนาโนใช้ได้กับของเสียที่ปนเปื้อนวัสดุนาโน (ทั้งของแข็งและของเหลว) ได้แก่

- วัสดุนาโนบริสุทธิ์
- วัสดุที่ปนเปื้อนวัสดุนาโน เช่น ภาชนะบรรจุ ผ้าหรืออุปกรณ์ทำความสะอาด และชุดปฏิบัติงาน PPE ที่ใช้แล้วทิ้ง
- สารแขวนลอยเหลวที่มีวัสดุนาโนเป็นองค์ประกอบ
- ของแข็งที่แตกหักได้ มีวัสดุนาโนเป็นองค์ประกอบ
- ของแข็งที่มีโครงสร้างวัสดุนาโนที่ยึดติดอยู่กับพื้นผิวและมีโอกาสที่หลุดออกมา



แนวทางแนะนำการควบคุม

วัสดุงาน

ตามลักษณะงาน



งานพ่น (การเคลือบแบบพ่น)



กลุ่มของวัสดุงานที่มี
ลักษณะเป็นเส้นใยและ
กลุ่มของวัสดุงาน CMAR

↓
ใช้ระบบปิดโดยแยกจากผู้ปฏิบัติงาน

กลุ่มของวัสดุงานที่ไม่ละลาย และ
กลุ่มของวัสดุงานที่ละลายได้

↓
ใช้ระบบปิด โดยแยกจากผู้ปฏิบัติงาน
ถึงแม้จะมีการควบคุมการ
ระบายอากาศ

งานขนย้าย (สำหรับวัสดุแห้ง)

กลุ่มของวัสดุงานที่มี
ลักษณะเป็นเส้นใยและ
กลุ่มของวัสดุงาน CMAR

↓
ใช้ระบบปิดโดยแยกจากผู้ปฏิบัติงาน

กลุ่มของวัสดุงานที่ไม่ละลาย และ
กลุ่มของวัสดุงานที่ละลายได้

↓
ใช้ระบบปิด โดยแยกจากผู้ปฏิบัติงาน ถึง
แม้จะมีการควบคุมการระบายอากาศ แต่
ถ้าสารมีจำนวนน้อย เช่น มีจำนวนเป็น
มิลลิกรัม ใช้แค่อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันระบบ
ทางเดินหายใจก็เพียงพอ



งานขนย้าย (สำหรับสารแขวนลอย)



กลุ่มของวัสดุงานที่มี
ลักษณะเป็นเส้นใยและ
กลุ่มของวัสดุงาน CMAR

↓
ใช้ระบบปิด โดยแยกจากผู้ปฏิบัติงาน ส่วนใหญ่
ควรมีการควบคุมการระบายอากาศเพียงพอ

กลุ่มของวัสดุงานที่ไม่ละลาย และ
กลุ่มของวัสดุงานที่ละลายได้

↓
การควบคุมการระบายอากาศ

งานบำรุงรักษาและการทำความสะอาด

กลุ่มของวัสดุงานที่มี
ลักษณะเป็นเส้นใยและ
กลุ่มของวัสดุงาน CMAR

↓
อยู่ในระบบปิด ขยายพื้นที่ทำงานให้กว้างขึ้น ควรใช้อุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันระบบ
ทางเดินหายใจที่เหมาะสมและอุปกรณ์ป้องกันผิวหนังที่มีประสิทธิภาพ การ
ทำความสะอาดไม่ควรก่อให้เกิดการฟุ้งกระจายในอากาศ



SCAN ME



ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ
ฝุ่นและใย

SCAN ME



ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับ
ฝุ่นและใย



กระบวนการประเมิน ความเสี่ยง





8 ประเด็น วัสดุนาโนและการใช้งาน



กระบวนการประเมินความเสี่ยงของวัสดุนาโนจากการผลิตอันอาจก่อให้เกิดลักษณะเฉพาะใหม่ เช่น อนุภาค
ปรมณูมีถูกเน้นและให้ความสำคัญกับอนุภาคที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนสเกลแบบ 1 มิติ (เช่น แผ่นนาโน),
2 มิติ (เช่น เส้นใยนาโน), และ 3 มิติ (เช่น อนุภาคนาโน) และเน้นการประเมินความเสี่ยงวัสดุนาโนจากการ
ผลิตเพื่อนำไปประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมสารเคมี การผลิตและการบริโภค

ความเสี่ยงที่เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอาจไม่ได้เกิดจากวัสดุนาโนที่เป็นองค์ประกอบ แต่เป็นความเสี่ยงที่เกิด
จากผลิตภัณฑ์กระบวนการ หรือวัสดุอื่นที่ใช้

1

ระบุลักษณะวัสดุ

สำคัญสำหรับการเปรียบเทียบผลการวิจัย
ที่ได้จากวัสดุเดียวกันแต่มีสภาวะที่ต่างกัน



จัดทำข้อมูลรวมของ
วัสดุ ลักษณะเฉพาะ
อันตรายและโอกาส
รับสัมผัส



การตัดสินใจเกี่ยว
กับการเปลี่ยนแปลง
สภาพและสภาวะที่
แตกต่าง



2

อธิบายวัสดุ

รายละเอียดองค์ประกอบทางฟิสิกส์-เคมี สารเจือปน องค์ประกอบพื้นผิว โครงสร้างทางฟิสิกส์ สันฐานวิทยา ความเข้มข้น การกระจายตัวของขนาด หรือพื้นที่ผิว ความสามารถในการละลาย สภาวะเป็นก้อนเกาะแน่น ก่อนเกาะหลวม ระบุแหล่งของวัสดุนาโนที่ใช้ และกระบวนการผลิต



3

จัดหาวัสดุ

แหล่งวัตถุดิบสำหรับผลิตหรือ แหล่งของวัสดุนาโน ข้อมูลการขนส่ง ระบุลักษณะของวัสดุที่ได้รับ



4

การกระจายสินค้า

รูปแบบการขนส่งที่ใช้ตลอดทั้งระบบ ของตัวสินค้า และบริการในการส่งมอบวัสดุนาโนหรือผลิตภัณฑ์ที่มีวัสดุนาโนเป็นองค์ประกอบ



5

การผลิต

ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน





การผลิตวัสดุนาโน



การผลิตผลิตภัณฑ์



การบรรจุ



6

การใช้งาน การใช้ซ้ำ
การบำรุงรักษา

แตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้งาน ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ที่
ดีขึ้นเมื่อมีการใช้วัสดุนาโนราย
ละเอียดการเก็บบำรุงรักษา



7

การหมดอายุ การใช้ใหม่
การจัดการของเสีย

สิ่งที่เกิดขึ้นหลังจากมีการใช้
ผลิตภัณฑ์หรือวัสดุนาโนตาม
วัตถุประสงค์และกำลังเข้าสู่
กระบวนการผลิตใหม่หรือการกำจัด
เมื่อหมดอายุการใช้งาน แนวทางการ
กำจัดที่เหมาะสม หากเป็นการใช้ซ้ำ
ให้พิจารณาความแตกต่างจากเดิม



8

คำถามเกี่ยวกับ
วัสดุนาโน

รายละเอียดของวัสดุนาโนและ
การใช้งานของวัสดุนาโน



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พจนานุกรม



ข้อมูลเพิ่มเติมใน
พจนานุกรม



Profile

4 โพรไฟล์ลักษณะเฉพาะ และความเป็นอันตรายของวัสดุนาโน

อธิบายถึงลักษณะเฉพาะทางฟิสิกส์-เคมี ของวัสดุนาโน อันตรายและการรับสัมผัสกับวัสดุนาโนในวัฏจักรชีวิตของวัสดุนาโน

เน้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับรายละเอียดลักษณะเฉพาะ อันตราย และการรับสัมผัสกับวัสดุนาโน



กลยุทธ์ #1

การจัดทำโพรไฟล์ทั่วไป



อธิบายถึงลักษณะเฉพาะทางฟิสิกส์-เคมีของวัสดุนาโน อันตรายและการรับสัมผัสกับวัสดุนาโนในแต่ละช่วงการผลิต

- ✓ ความเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ✓ การแปรสภาพในสิ่งแวดล้อม

กลยุทธ์ #2

การจัดทำโพรไฟล์ลักษณะเฉพาะทางฟิสิกส์-เคมี



กระบวนการในการระบุลักษณะเฉพาะทางฟิสิกส์-เคมี การเปลี่ยนแปลงลักษณะเฉพาะตลอดอายุการใช้งานของวัสดุนาโน โดยข้อมูลต้องทำให้เข้าใจลักษณะ และการเปลี่ยนแปลงในทุกด้านของวัสดุนาโน ทั้งก่อนเข้ากระบวนการผลิต และหลังกระบวนการผลิต



ความเป็นไปได้ที่อาจเกิดขึ้นในกรณีใช้ซ้ำหรือปล่อยเป็นของเสีย





กลยุทธ์ #3

การจัดทำโปรไฟล์ความเป็นอันตราย



บทนำ: ระบุข้อมูลความเป็นอันตรายที่เกิดขึ้นจากวัสดุภายใน ทั้งต่อสุขภาพ สิ่งแวดล้อม และความปลอดภัยต่อวิถีชีวิต



ประเด็นการทดสอบ: การทดสอบในห้องทดลองและในสัตว์ทดลอง และมีการตรวจสอบความใช้ได้ว่าให้ผลที่ถูกต้องก่อนนำมาใช้งานหรือกำหนดเป็นมาตรฐาน



การใช้วิธีเชื่อมโยงข้อมูล: ในกรณีที่มีข้อมูลความเสี่ยงที่จำกัด สามารถใช้การประมาณการหรือการเชื่อมโยงข้อมูลกับวัสดุภายในอื่นที่ใช้อ้างอิงที่มีข้อมูลความเสี่ยงที่ชัดเจนในประเด็นที่เกี่ยวข้อง



กระบวนการจัดทำโปรไฟล์ของความเป็นอันตราย: ดำเนินการตามวิถีชีวิตของวัสดุภายในแต่ละขั้นตอน

- ☑ ใช้ข้อมูลที่มีอยู่
- ☑ จัดลำดับข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติม
- ☑ กำหนดวิธีการและการทดสอบ
- ☑ ข้อมูลความเป็นอันตราย



กลยุทธ์ #4

การจัดทำโปรไฟล์ของการรับสมัคร



ภาพรวม: พิจารณาชั้นของวัฏจักรชีวิตของ
วัสดุนาโนให้เหมาะสมกับระดับการพัฒนา
ของวัสดุนาโนและกิจกรรมขององค์กร



แนวทางการได้ข้อมูลของการรับสมัคร

- ✓ กระบวนการผลิต
- ✓ กระบวนการแปรรูป
- ✓ การใช้งาน
- ✓ การกระจายและการเก็บรักษา
- ✓ ของเสียจากกระบวนการผลิตและการแปรรูป
- ✓ การจัดการหลังการใช้งาน



แนวทางในการตรวจติดตามและวัด ปริมาณการรับสมัคร

- ✓ การตรวจติดตามในสถานที่ทำงาน
- ✓ การใช้งานโดยผู้บริโภคและหลังการใช้งาน



การประเมินความเสี่ยง



ทบทวนข้อมูลรายละเอียดความ
เป็นอันตรายและการรับสัมผัส



การคิดค่าความไม่แน่นอนในการ
ประเมินความเสี่ยง



การประเมินแนวโน้มและผลที่ตามมา
อันเนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลง
ของวัสดุและการใช้งาน



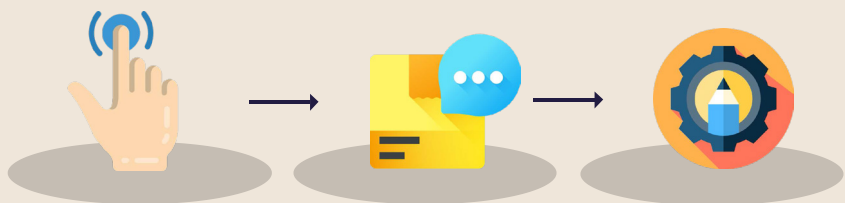
บ่งชี้ข้อมูลความรู้ที่ไม่ครบถ้วน



การพัฒนาแผนงานด้านข้อมูลที่จำเป็น
หรือการระบุค่ากรณีเลวร้ายที่สุด
ที่อาจเกิดขึ้น



การ **ประเมิน** ทางเลือก ในการบริหารจัดการความเสี่ยง **FOR NANO MATERIALS**



การกำหนด ระดับการป้องกัน

การพิจารณามาตรการควบคุมความเสี่ยงอยู่บนพื้นฐาน
ของข้อกำหนดกฎหมายและมาตรการด้านสุขภาพ ความ
ปลอดภัยและสิ่งแวดล้อมที่องค์กรมีอยู่ โดยพิจารณาถึง
นโยบายการบริหารจัดการขององค์กร



การทบทวน การควบคุม เพื่อลดความเสี่ยงที่ระบุไว้



คำนึงถึงเป้าหมาย ความปลอดภัย สุขภาพและสิ่งแวดล้อม นโยบาย ขั้นตอนการทำงาน ข้อกำหนด กฎหมาย หลักปฏิบัติในการจัดการอย่างปลอดภัยทั้งในส่วนของผู้ส่งมอบ การกระจาย การขนส่ง การใช้งานผลิตภัณฑ์

การกำหนดทางเลือกที่ดีที่สุด ในการบริหารความเสี่ยง

ตรวจสอบได้โดยการประเมินความเพียงพอของทางเลือกในการบริหารจัดการความเสี่ยงและความจำเป็นอื่นๆที่ควรมี และควรมีการอบรมให้ผู้เกี่ยวข้องในส่วนต่างๆ

มีการสื่อสารการใช้งานผลิตภัณฑ์อย่างปลอดภัย การกำจัด การแปรใช้ใหม่ การควบคุมสิ่งแวดล้อม ข้อเสนอแนะทางการแพทย์ การปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อมีการสัมผัสกับวัสดุอันตรายในระดับที่สูงเกินไป



การจัดทำ แผนบริหารจัดการความเสี่ยง



การตรวจติดตาม การทำให้สอดคล้อง และการรายงาน ใช้ตรวจสอบความถูกต้องผ่านการปฏิบัติตามขั้นตอนการตรวจประเมินที่ระบุไว้

แสดงให้เห็นถึงการมีระบบที่เหมาะสม มีประสิทธิภาพในการบริหารจัดการความเสี่ยงด้านความปลอดภัย สุขภาพ และสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิตผลิตภัณฑ์ และระบุความไม่แน่นอนที่สำคัญที่อาจเกิดขึ้นด้วย



การทบทวน และ การปรับใช้



การทบทวนที่จำเป็น

ทบทวนการบริหารจัดการ
ความเสี่ยงเมื่อมีการ
เปลี่ยนแปลงของข้อมูล
ที่เกี่ยวข้องกับอันตรายหรือการ
รับสัมผัส ปริมาณการผลิต หรือ
รายละเอียดการใช้งาน



การปรับใช้การบริหาร จัดการความเสี่ยง

ควรตัดสินใจหรือให้ข้อเสนอแนะ
การดำเนินการ ซึ่งเป็นผลเนื่องมา
จากการทบทวน ว่ายืนยันการ
ดำเนินการต่อ ดำเนินการต่อ
ชั่วคราว ระงับการดำเนินการ
ทบทวนกิจกรรมที่ดำเนินการ หรือ
ยกเลิกกิจกรรมที่ทำ

การทบทวน ตามกำหนดเวลา

เพื่อตอบสนองต่อข้อมูลหรือ
สถานการณ์ใหม่ที่จะเกิดขึ้น
ควรมีการทบทวนข้อมูลอย่าง
สม่ำเสมอตามกำหนดเวลา
สอดคล้องกับกิจกรรมการ
พัฒนาข้อมูล



การบันทึกและการสื่อสาร

ให้มีการจัดบันทึกการทบทวนทุกครั้ง
และสิ่งสำคัญของคณะทำงานทบทวนคือ
การสื่อสารถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
ในการประเมินความเสี่ยงไปยังผู้
เกี่ยวข้องหรือผู้ได้รับผลกระทบ

สิ่งที่ต้องทบทวน

1

วิเคราะห์ข้อมูลใหม่ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะ
เฉพาะ อันตราย การรับสัมผัส หรือการ
บริหารจัดการความเสี่ยง รวมถึงการ
เปลี่ยนแปลงในข้อกำหนดกฎหมาย



2

ตัดสินใจว่าจำเป็นต้องมีข้อมูลใดเพิ่ม
เติมหรือไม่ และการดำเนินการเพื่อให้
ได้ข้อมูลดังกล่าว

3

การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา
หรือการยกระดับวัสดุอันตรายเข้าสู่การใช้
งานมีความเหมาะสมหรือไม่

4

จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงการ
ประเมินความเสี่ยง หรือการบริหาร
จัดการความเสี่ยงหรือไม่



ข้อมูลพื้นฐานใน
พจนานุกรม



ข้อมูลพื้นฐานใน
พจนานุกรม





สุขภาพและความปลอดภัย
สำหรับอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ

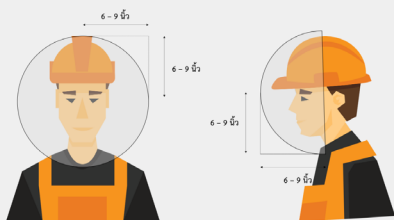
นาโนเทคโนโลยี

Personal Protective Equipment

(PPE) คือ การใช้อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคล



การประเมินการได้รับสัมผัสกับวัสดุนาโน



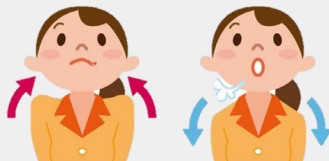
ตัวอย่างในสิ่งแวดล้อม

วิเคราะห์ปริมาณวัสดุนาโนที่
กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมของการ
ทำงาน เช่น ความเข้มข้นโดยมวลของ
อนุภาคด้านหน้าของผู้ปฏิบัติงาน

ตัวอย่างชีวภาพจากร่างกาย



วิเคราะห์ตัวอย่างที่ได้มาจาก
ร่างกายหลังการได้รับสัมผัส เช่น ผม
ปัสสาวะ และอากาศที่หายใจออกมา



กระบวนการประเมินความเสี่ยงด้านอาชีวอนามัย

1



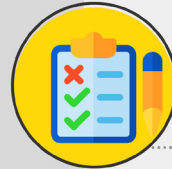
ระบุความเป็นอันตราย (Hazard Identification)

เป็นการระบุอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อการใช้สัมผัส

2

ประเมินการตอบสนองต่อการได้รับสัมผัส (Exposure-Response Assessment)

ประเมินว่าวัสดุอันตรายทางพิษวิทยา
และทางกายภาพมากน้อยเพียงใด



3



ประเมินการได้รับสัมผัส (Exposure Assessment)

การประเมินโอกาสในการได้รับสัมผัส (ต่ำ ปานกลาง และสูง)

4

อธิบายลักษณะของความเสี่ยง (Risk Characterization)

ประเมินว่าจัดเป็นความเสี่ยงต่อสุขภาพมากน้อยเพียงใด





แนวทางการจัดการเพื่อป้องกันการได้รับสัมผัสวัสดุอันตรายจากการผลิต

- 1) ใช้แนวทางปฏิบัติงานที่ถูกสุขลักษณะในการทำงาน และมีระบบระบายอากาศแบบทั่วไป
- 2) ใช้ระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่
- 3) ใช้ระบบปิดในการปฏิบัติงาน
- 4) ปฏิบัติตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

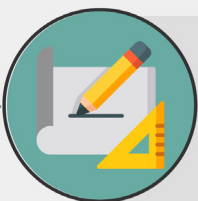
การเลือกใช้กระบวนการควบคุม

1 การป้องกันการได้รับสัมผัส



- ✓ ระวังการได้รับสัมผัส
- ✓ นำการควบคุมทางวิศวกรรมมาใช้
- ✓ อบรมให้เข้าใจถึงอันตรายของวัสดุอันตราย
- ✓ ระบุประเภทและชนิดของ PPE ที่ใช้ปฏิบัติงานอย่างเหมาะสม
- ✓ ดูแลรักษาอุปกรณ์เครื่องช่วยหายใจให้พร้อมใช้งานตลอดเวลา
- ✓ ขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ

2 ออกแบบกระบวนการอย่างมีประสิทธิภาพ



- ✓ ควรคำนึงถึง ตำแหน่งที่ตั้งของอาคาร การติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆ และกระบวนการการทำงานของเครื่องมือโดยอาศัยข้อมูลความเสี่ยงที่ได้ประเมินไว้ เพื่อลดความเสี่ยงจากการได้รับสัมผัสกับวัสดุอันตรายระหว่างปฏิบัติงาน

3 บริหารจัดการ ควบคุมการรับสัมผัสในสถานที่ปฏิบัติงาน



- ✓ การเก็บรักษาน้ำดื่มกิจกรรมต่างๆ ในสถานปฏิบัติงาน
- ✓ อบรมการจัดกระทำกับวัสดุอันตรายอย่างปลอดภัย
- ✓ อนามัยส่วนบุคคล
- ✓ ทำความสะอาดสถานที่ปฏิบัติงานประจำ
- ✓ การป้องกันและควบคุมอัคคีภัย การระเบิดและการเกิดปฏิกิริยา



4ทดแทนด้วยสิ่งทีปลอดภัยกว่า



- ✓ เปลี่ยนไปใช้วัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยมากกว่า
- ✓ ใช้วัสดุที่มีลักษณะทางกายภาพที่ปลอดภัยกว่า
- ✓ ปรับเปลี่ยนกระบวนการเพื่อควบคุมความเสี่ยงจากวัสดุอันตราย
- ✓ ปรับปรุงวัสดุอันตราย เช่น เคลือบด้วยสารอื่นที่มีความปลอดภัย

5เทคนิคการควบคุมทางวิศวกรรม



- ✓ การจัดทำระบบปิดสำหรับกระบวนการที่มีความเสี่ยงสูง
- ✓ หลีกเลี่ยงกิจกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นหรือละอองลอย
- ✓ ใช้ระบบไหลเวียนอากาศแบบแทนที่ (Displacement ventilation)

6อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคล (PPE)



- ✓ การป้องกันการได้รับสัมผัสทางการหายใจ
- ✓ การป้องกันการได้รับสัมผัสทางผิวหนัง
- ✓ การป้องกันการได้รับสัมผัสทางตา
- ✓ การป้องกันการได้รับสัมผัสทางปาก



ข้อมูลเบื้องต้นใน
พจนานุกรม



ข้อมูลเบื้องต้นใน
พจนานุกรม



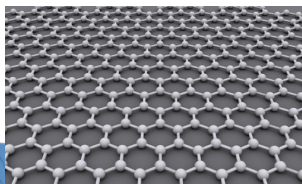
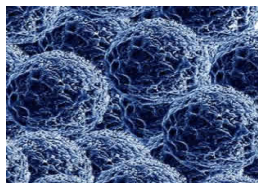
เอกสารประกอบการค้นคว้าเพิ่มเติม



แนวปฏิบัติเบื้องต้นด้านความปลอดภัยนาโน

สำหรับภาคอุตสาหกรรม

Nanosafety Guideline for Industries



กรมโรงงานอุตสาหกรรม
Department of Industrial Works

