

การทำฉลากบนบรรจุภัณฑ์ด้วยเลเซอร์ (Laser labeling on packaging)

การทำเครื่องหมายบนบรรจุภัณฑ์ด้วยเลเซอร์ หรือที่เรียกว่า Laser Coding หรือ Laser Labeling เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ลำแสงเลเซอร์ในการสร้างข้อมูลถาวรบนพื้นผิวของวัสดุบรรจุภัณฑ์ โดยอาศัยปฏิสัมพันธ์ระหว่างลำแสงเลเซอร์กับวัสดุเป้าหมาย เทคโนโลยีดังกล่าวได้รับการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งมีความสำคัญกับการแสดงข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน และสามารถตรวจสอบย้อนกลับได้

หลักการสำคัญของเครื่องเลเซอร์โค้ดดิ้ง คือ การโฟกัสลำแสงเลเซอร์ที่มีความหนาแน่นพลังงานสูงลงบนพื้นผิววัสดุ เพื่อให้พื้นผิวเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมี จนเกิดเป็นรอยสลักบนผิวที่คมชัดและถาวร กระบวนการทำงานสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) การกำเนิดลำแสงเลเซอร์

ลำแสงเลเซอร์พลังงานสูงถูกสร้างขึ้นจากแหล่งกำเนิดเลเซอร์ เช่น เลเซอร์ CO₂ เลเซอร์ไฟเบอร์ และเลเซอร์อัลตราไวโอเลต (UV) จากนั้นลำแสงจะถูกนำทางและโฟกัสผ่านระบบออปติก ซึ่งประกอบด้วยกระจกและเลนส์โฟกัส เพื่อรวมพลังงานให้เป็นจุดขนาดเล็กมาก โดยทั่วไปมีเส้นผ่านศูนย์กลางในระดับไมโครเมตร

2) ปฏิสัมพันธ์กับพื้นผิววัสดุ

เมื่อลำแสงเลเซอร์ที่ผ่านการโฟกัสตกกระทบบนพื้นผิววัสดุ พื้นผิวจะตอบสนองแตกต่างกันไปตามชนิดและสมบัติของวัสดุ โดยอาจเกิดกระบวนการสำคัญ ดังนี้

- การระเหยหรือการกัดกร่อนด้วยความร้อน (Thermal Ablation)

พลังงานเลเซอร์ทำให้พื้นผิวเฉพาะจุดของวัสดุเกิดการหลอมละลาย ระเหย หรือสลายตัวอย่างฉับพลัน จนเกิดเป็นรอยเว้าหรือรอยเปลี่ยนสี เช่น บนโลหะหรือพลาสติก

- ปฏิกิริยาเคมี (Chemical Reactions)

วัสดุบางชนิด เช่น พลาสติกหรือเซรามิกบางประเภท อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างทางเคมีเมื่อได้รับลำแสงเลเซอร์ ส่งผลให้เกิดความแตกต่างของสี เช่น การเกิดออกซิเดชันหรือการคาร์บอนเซชัน

- การสลักผิว (Etching)

วัสดุแข็งและเปราะ เช่น แก้วหรือหิน สามารถถูกเลเซอร์สร้างร่องรอยละเอียดบนพื้นผิวได้ในลักษณะคล้ายการแกะสลัก

3) การควบคุมการทำเครื่องหมาย

ระบบควบคุมของเครื่องเลเซอร์โค้ดดิ้งจะรับข้อมูลที่ต้องการแสดงผล เช่น ตัวอักษร ตัวเลข ลวดลาย บาร์โค้ด หรือคิวอาร์โค้ด จากนั้นซอฟต์แวร์จะประมวลผลและแปลงข้อมูลดังกล่าวเป็นคำสั่งสำหรับควบคุมเส้นทางการเคลื่อนที่ของลำแสงเลเซอร์ รวมถึงการเปิด-ปิดเลเซอร์ การควบคุมกำลังแสง และการสแกนลำแสง เพื่อให้เกิดรอยมาร์กตามรูปแบบที่กำหนดไว้อย่างแม่นยำ



รูปที่ 1 ตัวอย่างบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ laser labeling

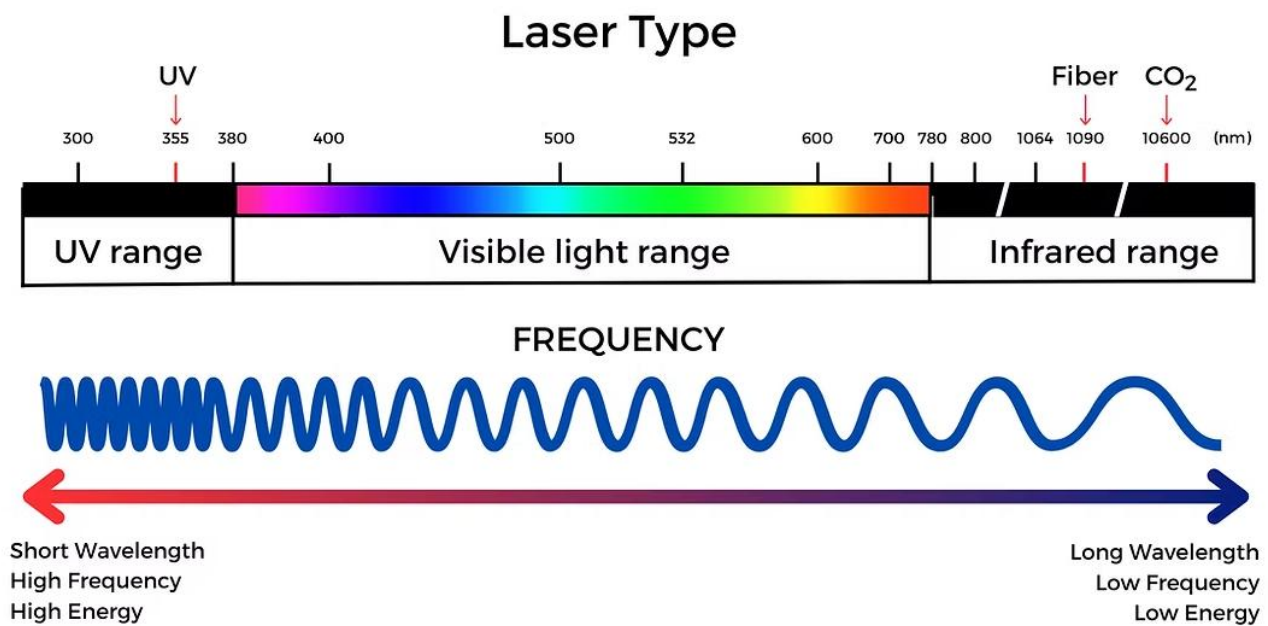
เครื่องเลเซอร์โค้ดดิ้งมีข้อดีหลายประการ ได้แก่ ให้อยู่ฉลากที่คมชัดและถาวร ทำงานได้รวดเร็ว และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่จำเป็นต้องใช้หมึกหรือสารเคมีเพิ่มเติม ด้วยเหตุนี้ เทคโนโลยีดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย

ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม เพื่อพิมพ์ข้อมูลสำคัญบนบรรจุภัณฑ์ เช่น วันที่ผลิต วันหมดอายุ เลขล็อต และรหัสสำหรับการตรวจสอบย้อนกลับ บนวัสดุบรรจุภัณฑ์หลากหลายประเภท ได้แก่ ขวดพลาสติก กระจกโหละ กล่องกระดาศ และอะลูมิเนียมฟอยล์

ข้อดีของการทำฉลากด้วยเลเซอร์ในงานบรรจุภัณฑ์อาหาร คือ รอยฉลากมีความทนทานต่อความชื้น อุณหภูมิสูง และแรงเสียดสี ไม่หลุดลอกง่ายแม้บรรจุภัณฑ์เกิดการเสีรฐหรือผ่านกระบวนการขนส่ง อีกทั้งยังสอดคล้องกับข้อกำหนดด้านสุขอนามัยและความปลอดภัยอาหาร

ประเภทของเลเซอร์สำหรับการทำฉลากบนบรรจุภัณฑ์

การเลือกชนิดของเลเซอร์สำหรับงานบรรจุภัณฑ์ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความยาวคลื่นของเลเซอร์ ชนิดของวัสดุ ระดับความละเอียดของรอยเครื่องหมาย และผลกระทบจากความร้อนต่อพื้นผิววัสดุ โดยเลเซอร์ที่นิยมใช้ในงานโค้ดดิ้งและมาร์กิ้งบนบรรจุภัณฑ์แบ่งได้เป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่ Fiber laser, CO₂ laser และ UV laser ขณะที่ YAG laser และ Green laser มักถูกกล่าวถึงในฐานะเลเซอร์เฉพาะทางมากกว่า



รูปที่ 2 แผนภาพแสดงประเภทเลเซอร์และความยาวคลื่น

(<https://www.redtinc.com/post/fiber-vs-co2-vs-uv-which-laser-machine-is-right-for-you>)

ตารางเปรียบเทียบประเภทของเลเซอร์สำหรับงานทำฉลากบนบรรจุภัณฑ์

ประเภทเลเซอร์	ความยาวคลื่นโดยประมาณ	วัสดุที่เหมาะสม	จุดเด่น	ข้อจำกัด	ความเหมาะสมกับงานบรรจุภัณฑ์
CO ₂ Laser	10.6 ไมโครเมตร	วัสดุอินทรีย์และวัสดุไม่ใช่โลหะ เช่น กระดาศ กระดาศแข็ง ไม้ พลาสติก บางชนิด สิ่งทอ แก้ว อะคริลิก	เหมาะกับการทำฉลากบนวัสดุไม่ใช่โลหะ ให้รอยฉลากชัด และใช้ได้กับงานตัดหรือแกะสลักบนวัสดุอินทรีย์	ทำฉลากบนโลหะได้ไม่ดีเนื่องจากการดูดกลืนต่ำ ใช้พลังงานมากกว่า และต้องบำรุงรักษามากกว่า Fiber ในหลายกรณี	เหมาะกับการกล่องกระดาศ ฉลากกระดาศ บรรจุภัณฑ์กระดาศแข็ง และพื้นผิวไม่ใช่โลหะในไลน์บรรจุอาหาร
Fiber Laser	1.064–1.090 ไมโครเมตร	โลหะเป็นหลัก และใช้ได้กับพลาสติก บางชนิด ยาง รวมถึงวัสดุบาง	ความละเอียดสูง ให้รอยเครื่องหมายถาวรคมชัด และทนทานเหมาะกับการ	ไม่เหมาะกับวัสดุโปร่งใสหลายชนิด และไม่เหมาะกับไม้ในบางกรณี อายุใช้งาน	เหมาะกับการอะลูมิเนียม ชิ้นส่วนโลหะ หรือบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการ

ประเภทเลเซอร์	ความยาวคลื่นโดยประมาณ	วัสดุที่เหมาะสม	จุดเด่น	ข้อจำกัด	ความเหมาะสมกับงานบรรจุภัณฑ์
		ประเภทที่ต้องการรอยฉลากคมชัด	ความเร็วสูงและงานที่ต้องการคอนทราสต์สูงบนโลหะ	ดีกว่า CO ₂ แต่การเลือกใช้อย่างขึ้นกับชนิดวัสดุอย่างมาก	รหัสลึกลับ รหัสตรวจสอบย้อนกลับ และทำเครื่องหมายถาวรที่ทนต่อการเสียดสี
UV Laser	355 นาโนเมตร หรือ 0.355 ไมโครเมตร	พลาสติก เรซิน แก้ว ยาง เซรามิก และวัสดุไวต่อความร้อนรวมถึงงานโลหะบางกรณีที่กำลังลดเรื่องผิววัสดุ	ให้รอยฉลากละเอียดมาก ความร้อนต่ำ เหมาะกับ “cold marking” ลดความเสียหาย การหลอม หรือการแตกร้าวของวัสดุ	โดยทั่วไปต้นทุนระบบสูงกว่า และอาจไม่เหมาะกับงานแกะสลักหรือพื้นที่ขนาดใหญ่เท่า CO ₂ หรือ Fiber	เหมาะกับบรรจุภัณฑ์ที่ต้องการความละเอียดสูง เช่น พลาสติกบาง ขวดแก้ว บรรจุภัณฑ์เรซิน และงานที่ต้องหลีกเลี่ยงผลกระทบจากความร้อน

โดยสรุป CO₂ laser เหมาะกับวัสดุอินทรีย์และวัสดุไม้ โลหะ เช่น กระดาษและกระดาษแข็ง Fiber Laser เหมาะกับโลหะและงานมาร์กถาวรที่ต้องการความทนทานสูง ส่วน UV Laser เหมาะกับวัสดุบอบบางหรือไวต่อความร้อนที่ต้องการความละเอียดสูงและผลกระทบจากความร้อนต่ำ ดังนั้น การเลือกชนิดของเลเซอร์สำหรับกระบวนการบรรจุจึงควรพิจารณาร่วมกันทั้งชนิดของวัสดุ ความเร็วในการผลิต คุณภาพของรอยมาร์ก และระดับความเสียหายที่ยอมรับได้บนพื้นผิวบรรจุภัณฑ์

ที่มาของข้อมูล

1. https://www.vzjet.com/blogs_details/15.html
2. <https://www.lasercuttingmachines.co.in/permanent-laser-marking-for-food-packaging/>
3. <https://www.technomark-inc.com/types-of-laser-marking-sources/>
4. <https://www.redtinc.com/post/fiber-vs-co2-vs-uv-which-laser-machine-is-right-for-you>