ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2565

Mould & DIE JOURNAL

วารสารแม่พิมพ์

หน้า 22

แนะนำ

TDIA BOARD OF DIRECTORS

คณะกรรมการบริหาร สมาคมฯ ชุดที่ 16

วาระปี 2565-2566

FACTORY OUTLOOK

CSK

molding technology Co.,Ltd.

บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

- SPECIAL FEATURE
- MOLD & DIE LIKE สาระ
- INNOVATION TODAY

จัดทำโดย :

สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย

THAI TOOL AND DIE INDUSTRY ASSOCIATION

HOTLINE : 087-559-1878

www.tdia.or.th

120 บาท

HAAS / Haas F1 Team
OFFICIAL MACHINE TOOL

UMC 500

Universal Machining Centers

5-AXIS
FOR EVERY SHOP

40 or HSK.	5	15k.	30+1
TAPER	AXIS	RPM	TOOLS

Made In USA

Haas Factory Outlet
A Division of Machine Tech Co.,Ltd
Bangkok : 02 726 7191 Chiang Mai : 05 344 6690
www.machine-tech.co.th

machinetech

LINE Official Account

Quality Gauge and Tool Co., Ltd.

THE BEST PRICE FOR YOU

COPY & REVERSE ENGINEERING PART & MOULD
DESIGN JIG & FIXTURE AUTOMATION

MANUFACTURE AND DESIGN

High Precision Work such as,
Machine Parts, Jigs / Fixture,
Gauge, Assembled Gauge,
Wear Parts and Component in mould
as Cavity, Punch, Die, Insert Etc.

DESIGN

We can design Master Gauge,
Go/Nogo Gauge and Position Gauge
as customer desire.

Quality Gauge and Tool Co., Ltd.

194 Moo 6, Suanluang, Kathumban, Samutsakorn 74110

Tel. : 034-406-363, 034-410-405
Fax : 034-406-363
E-mail : marketing@qualitygauge.co.th
marketing.qgtthai@gmail.com

Maker in Thailand

www.qualitygauge.co.th

บรรณาธิการแถลง

วารสารแม่พิมพ์ ขอแสดงความยินดีกับคณะกรรมการบริหารสมาคมฯ ชุดที่ 16 ทุกท่าน ที่มุ่งมั่นและเสียสละเพื่อส่วนรวมในการผลักดันอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยให้เติบโตอย่างยั่งยืน

ทางทีม บก. วารสารแม่พิมพ์ ขอแจ้งให้สมาชิกทุกท่านทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการจัดทำวารสารแม่พิมพ์จากราย 3 เดือนเป็นราย 6 เดือน (1 ปี มี 2 ฉบับ) โดยเริ่มตั้งแต่ปีนี้เป็นต้นไป

คำกล่าวที่ว่า... ในวิกฤตยังมีโอกาส เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้เสมอ ถ้าหากเราไม่ปิดกั้นโอกาสนั้น เหมือนดั่งคุณไชยยงค์ นามมุงคุณ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด ที่ให้เกียรติทีมงานสัมภาษณ์พูดคุยถึงการนำศักยภาพที่มีในตนเองมาใช้จนประสบความสำเร็จอย่างทุกวันนี้ ติดตามอ่านต่อได้ในคอลัมน์เยี่ยมชมโรงงาน

ฉบับนี้ยังคงเต็มไปด้วยสาระความรู้ ได้แก่ พื้นฐานสำคัญของการควบคุมคุณภาพชิ้นงานฉีดพลาสติก บทความเรื่องหรือจะถึงยุค Quantum Marketing และมาทำความรู้จักกับ Yoshida-Uemori โมเดล (The Y-U model) สำหรับใครที่ติดตามบทความเรื่องซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ ฉบับนี้ถึงตอนที่ 15 Should know for Warpage Simulation : ข้อควรรู้เพื่อซิมูเลชั่น Warpage และสำหรับผู้ที่ LIKE สาระ นำเสนอตอนแรกเรื่อง AHSS : เหล็กกล้าสำหรับยนตรกรรมสมัยใหม่ ในคอลัมน์ Innovation Today ขอนำเสนอนวัตกรรมเส้นขอบถนนเรืองแสง (Smart Highway) เริ่มมีการทดลองใช้ในต่างประเทศ และในประเทศไทยเราก็ได้มีการวิจัยและทดลองใช้เช่นกันที่จังหวัดบึงกาฬ

ถึงแม้เราจะพบกันปีละ 2 ครั้ง แต่สมาชิกทุกท่านมั่นใจได้ว่าเนื้อหาความรู้ไม่น้อยลงแน่นอน พบกันใหม่ในฉบับหน้าค่ะ

รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์
บรรณาธิการบริหาร

เจ้าของ : สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
86/6 อาคารสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน
ซอยตรีมิตร ถนนพระราม 4
แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ : 0-2712-0162-3, 087-559-1878
โทรสาร : 0-2712-0164
E-mail : tdia@tdia.or.th
Website : www.tdia.or.th

บรรณาธิการบริหาร : รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์

ที่ปรึกษากองบรรณาธิการ :
นายวิรัตน์ ตันเดชานุรัตน์ / นายกีรติ นาควิโรจน์ / อาจารย์จุลพัฒน์ พจน์โยธิน
นายธนพล สินบริสุทธิ์ / นายโชคชัย นิติธโรทัย / นายวิเชียร ดุลยสถิตย์ /
นายวิโรจน์ ศิริธนาศาสตร์ / อาจารย์กมล นาคะสุวรรณ

กองบรรณาธิการ :
นายบุญเลิศ ชดช้อย / รศ.สถาพร ชาตาคม / นายวิโรจน์ ศิริธนาศาสตร์

ฝ่ายสมาชิกและโฆษณา : นางสาวจารุณี ภูทอง

Cold Jet®

force of nature

AUTHORIZED DISTRIBUTOR

DRY ICE BLASTING

Increase Productivity, Improve Product Quality

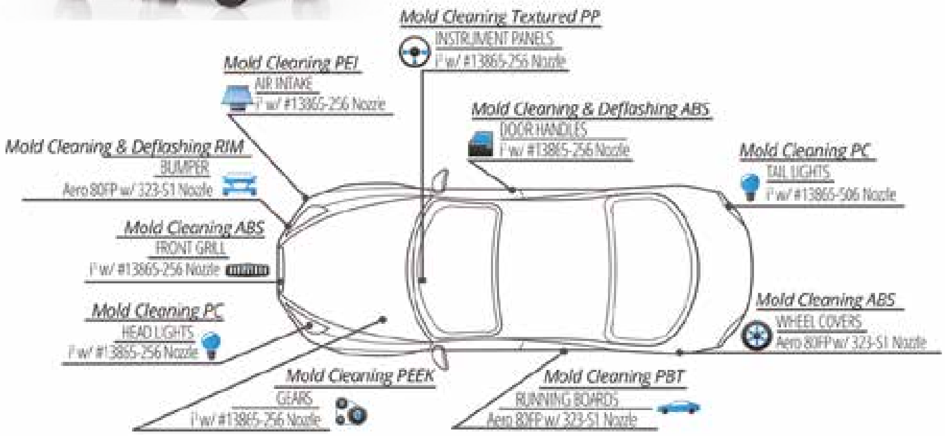
- *Reduce scrap*
- *Improve product quality*
- *Reduce production downtime*
- *Reduce cleaning time & labor costs*
- *Clean in-place; no disassembly required*
- *Non-abrasive; no damage to product or equipment*
- *Environmentally responsible; no secondary waste*

Product Finishing

- *Line Vents*
- *Gloss Leveling*
- *Deburring Machined parts*
- *Deflashing & Surface/Parting*

Proven Applications

- Blow Mold
- Extrusion Die
- Injection Mold
- Thermoform Mold
- Compression Mold
- Plate-out and Off Gassing
- Plastic Injection Screw Barrel
- Urethane Molds and Overspill



RISING Corporation Co., Ltd.

RISING CORPORATION CO.,LTD.

269/2 Soi Chockchaijongchamroen, Rama 3 Rd., Bangpongpang, Yannawa, BKK 10120 Thailand

IcetechColdjetThailand | info@risingcorp.co.th | 02-682-4230-1 | www.risingcorp.co.th

สารบัญ
CONTENTS

วารสารแม่พิมพ์ Mould & DIE JOURNAL

7 FACTORY OUTLOOK

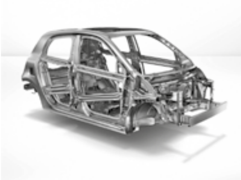
CSK molding technology Co.,Ltd.
บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

คุณไชยยงค์ นามมุงคุณ กรรมการผู้จัดการ
Chaiyong Nammungkhun Managing Director

11 INNOVATION TODAY

SMART HIGHWAY
เส้นขอบถนนเรืองแสง

49 MOLD & DIE LIKE สาระ



ตอนที่ 1 **AHSS : เหล็กกล้าสำหรับยนตรกรรมสมัยใหม่**

SPECIAL FEATURE

13 พื้นฐานสำคัญของการควบคุมคุณภาพชิ้นงานฉีดพลาสติก

29 หรือจะถึงยุค Quantum Marketing

37 Knowing of the Yoshida-Uemori model
ทำความรู้จักกับ Yoshida-Uemori โมเดล
(The Y-U model)

56 ซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ
Effective Plastic Injection Molding Simulation
ตอนที่ 15 Should know for Warpage Simulation
: ข้อควรรู้เพื่อซิมูเลชั่น Warpage

NA NA SARA

35 9 Soft Skills ที่คนทำงานยุคนี้ต้องมี
ถ้าอยากโดดเด่นเข้าตาองค์กร

22 **แนะนำ**
TDIA BOARD OF DIRECTORS
คณะกรรมการบริหาร สมาคมฯ ชุดที่ 16
วาระปี 2565-2566

44 Upcoming Events

54 ภาพกิจกรรมสมาคมฯ

64 Advertisers Index

www.tdia.or.th

LINE@TDIA

Facebook Fanpage

บริษัท ซี.ซี. ออโตพาร์ท จำกัด
C.C. AUTOPART CO.,LTD.

ผลิตและจำหน่ายเครื่องเลื่อยสายพาน, เครื่องปั้มโลหะ, เครื่องตัดเลเซอร์, เครื่องตัดพลาสม่า
รับจ้างผลิตงานกลึง, งานปั๊มตามแบบลูกค้า

เครื่องเลื่อยสายพาน BAND SAW

Model	H-300Auto
Capacity	□ 300x400mm
	○ 300mm
Speed	22/41/59/85m/min
Motor	3Kw
Feeding	Auto

Model	H-500II
Capacity	□ 500x600mm
	○ 500mm
Speed	Stepless
Motor	3Kw
Feeding	Manual

เครื่องย่อยกิ่งไม้
เครื่องยนต์ขนาด 5.5 แรงม้า
ย่อยกิ่งไม้ขนาดไม่เกิน 3 นิ้ว

เครื่องสับมัน
เครื่องยนต์เบนซิน 5.5 แรงม้า
ระบบใบมีด 2 ใบมีด คม,แข็งแรง
กำลังผลิต 1-2 ตัน/ชม.

รถWheel Chair
โครงสร้างทำจากเหล็กชุบโครเมี่ยม
8" Castor, 24" ล้อซี่ลวดแข็งแรง ทนทาน
เบาะนั่งและพนักพิงผ้าใบหลังพับได้

เครื่องบำบัดน้ำเสีย
Slit Saver

- การหมุนของเพลทรูปวงรี ทำให้เครื่องไม่เกิดการอุดตัน
- สามารถทำงานได้ต่อเนื่องในปริมาณที่มาก ด้วยตัวเครื่องที่มีขนาดเล็ก
- ง่ายต่อการบำรุงรักษา เนื่องจากมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน

กระถางต้นไม้ "แก้มลิง"
วัสดุทำจากพลาสติก PP
แข็งแรง ทนแดด ทนฝน
รดน้ำ 1 ครั้ง สามารถเก็บน้ำได้ถึง 1 อาทิตย์

ฐานรองดิน
สำหรับแยกชั้นของดินกับน้ำ

Makoto
Purified Water
เครื่องกรองน้ำ

Office & Factory
29 Moo8 Soi Sangkha Santi Suk79, Saladaeng11 Rd., Saladaeng,
Bangnampoew, Chachoengsao 24000, Thailand.
Tel: +66(0)2988 2334-6, Fax: +66(0)2988 2337, Mobile: +66(0)81 496 0771
E-mail: boonlert@ccautopart.co.th, Website: www.ccautopart.co.th

ISO 13485:2016 ISO 9001:2015
ISO 14001:2015 IATF 16949:2016

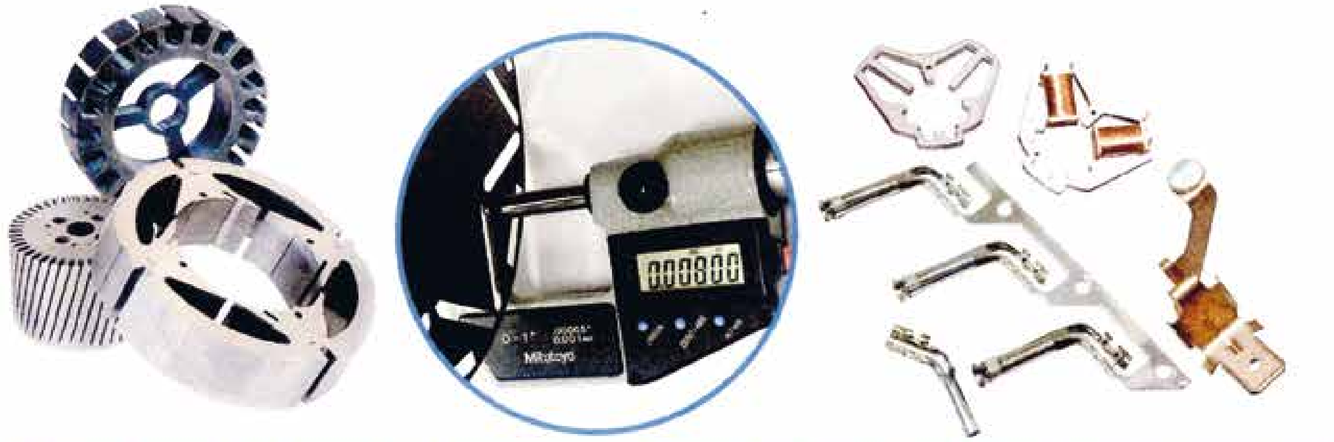
ALWAYS LOOKING AHEAD

TO MEET YOUR CONTRACT MANUFACTURING NEEDS

Tooling
Laminations
Stamping
Components
Precision Machining

Oberg Industries has been a pioneer of tungsten-carbide tooling innovations for over 70 years, producing loose and interlocked laminations, as well as many other metal components, for the automotive industry.

We support your contract manufacturing needs through collaboration, engineering, prototyping and efficient production to deliver precision components for the next generation of transportation. Visit www.Oberg.com to find out how we can help you meet your EV sourcing needs.



Our EV tooling design services include factory acceptance testing and stamping for dies up to 3.683m, to produce ultra-thin loose laminations to 0.203mm (0.008") and thinner for efficient motor design.

Oberg Industries

PASSION FOR PRECISION MANUFACTURING

inquire@oberg.com | +1 724-295-2121 | www.Oberg.com

SOLE AGENT IN THAILAND D.B. DIAMOND (THAILAND) COMPANY LIMITED

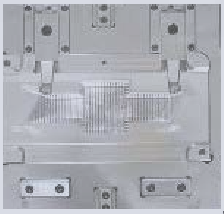
CONTACT PERSON : MR. CHOKECHAI NITITHAROTHAI

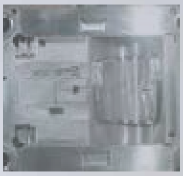
MOBILE : 66-81-840-4828 / TEL : 662-295-3795-7

PLASTIC INJECTION MOLD MAKING HIGH QUALITY

- Plastic injection molds
- Blow Mold
- Jig Fixture
- Spare Parts For Plastic mold

CSK
molding technology
Co.,Ltd.
บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด





คุณไชยยงค์ นามมุงคุณ กรรมการผู้จัดการ

Chaiyong Nammungkhun Managing Director

E-mail : csk.molding@gmail.com

CSK molding technology Co.,Ltd.
บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

วารสาร Mould & DIE ได้รับเกียรติเข้าสัมภาษณ์ คุณไชยยงค์ นามมุงคุณ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด คำกล่าวที่ว่า... ในวิกฤตยังมีโอกาส ถ้าเราไม่ปิดกั้นโอกาสนั้นนำศักยภาพที่มีในตนเองมาใช้เหมือนที่บริษัท ซีเอสเค ประสบความสำเร็จในทุกวันนี้

Q ประวัติของบริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

A ผมเคยเป็นพนักงานในบริษัทแห่งหนึ่งมาก่อน ในปี พ.ศ.2554 ที่เกิดวิกฤตน้ำท่วมใหญ่ ลูกค้าที่ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วมหลายรายต้องการซ่อมแซมแม่พิมพ์ที่เสียหายแต่หาที่ซ่อมไม่ได้ ซึ่งลูกค้าเชื่อมั่นและไว้วางใจได้สนับสนุนให้ผมมารับงาน จึงได้จัดตั้งบริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จดทะเบียนวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ.2555 เริ่มต้นมีพนักงาน 3 คน โดยผมจะดูแลในส่วนการตลาด มีวิศวกรออกแบบและช่าง บริษัทเริ่มจากโรงจอดรถที่บ้านรับงานซ่อมขัดแม่พิมพ์และงานผลิตแม่พิมพ์ แรกเริ่มเราออกแบบเองและไปจ้างที่อื่นผลิต แต่เจอปัญหาจากที่เราไปจ้างผลิตคือ ระยะเวลาไม่ตรงตามกำหนด เราจึงต้องวางแผนการเตรียมงานให้พร้อม และติดตามการทำงานทุกขั้นตอน ประมาณ 2 ปีต่อมาจึงขยายปรับพื้นที่บ้านทั้งหมดทำเป็นโรงงาน ลงเครื่องจักรในการผลิตและมีพื้นที่ในการประกอบแม่พิมพ์

Q จุดเด่นของบริษัท ซีเอสเค คือ

A จุดเด่นคือ เรามีทีมงานที่แข็งแกร่ง มีความพร้อมทั้งด้านประสบการณ์ ทักษะและเชี่ยวชาญการทำแม่พิมพ์มายาวนาน **พนักงานทุกคนมีจิตใจที่มุ่งมั่นและปณิธานในการทำงานที่มีเป้าหมายเดียวกันคือการทำให้ได้ผลงานที่ดีมีคุณภาพ**

Q กลยุทธ์ที่ทำให้บริษัทประสบความสำเร็จ

A **คือการสร้างทีมของเราให้แข็งแกร่ง เน้นด้านคุณภาพ การส่งมอบตรงตามเวลา ราคาตามมาตรฐาน และเรื่องเซอร์วิสการบริการหลังการขาย**

ในด้านเทคโนโลยีจะเรียนรู้ศึกษาอย่างต่อเนื่องเพื่อนำมาใช้ต่อยอดในการทำงานแม่พิมพ์และออกแบบ มีการอัพเดทความรู้ทุกอย่าง เช่น ซอฟแวร์ที่ใช้ในการเขียนแบบ เครื่องจักร

MAIN PRODUCTS

- **Plastic injection molds**
  (Specialized in manufacturing precision mold, up to 650 Tons Injection Machine)
  - Emblem and Logo for Automobile.
  - Automotive part and Motorcycle part
  - Electrical & Office Appliance.
  - Engineering Plastic Parts.
  - Packaging , Bottle Cap.
  - Basic Fastener Equipment for Automobile.

- **Blow Mold**

- **Jig Fixture**

- **Spare Parts For Plastic mold**

ที่ใช้การผลิต เราใช้เครื่องจักรไฮสปีด 20,000 รอบ ทำให้สามารถกัดชิ้นงานขนาดเล็กที่มีความละเอียดสูงได้

Q ความคิดเห็นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยในปัจจุบันและอนาคต

A แม่พิมพ์ของไทยถึงแม้จะสู้ของจีนไม่ได้ในเรื่องของราคาที่ต่ำและระยะเวลาผลิตที่รวดเร็ว แต่ในด้านคุณภาพและมาตรฐานแม่พิมพ์ของเราสู้ของเขาได้ ด้วยเหตุนี้สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถช่วยถ่ายทอดความรู้ที่เป็นประโยชน์แก่สมาชิกเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นความร่วมมือกันในการรวมกลุ่มคลัสเตอร์ เพื่อถ่ายทอดไอเดียแชร์ประสบการณ์ที่แต่ละท่านมีให้ผู้ประกอบการแม่พิมพ์ไทยสามารถแข่งในตลาดได้ในเรื่องราคา วัสดุเหล็ก แรงงาน และองค์ความรู้ Know-how ช่วยกันแก้ไขเติมเต็มเพื่อพัฒนาแม่พิมพ์ไทยให้สามารถแข่งขันกับต่างชาติได้

Q ความต้องการจากภาครัฐในการช่วยเหลือหรือสนับสนุนอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ คือ

A ภาครัฐต้องสนับสนุนตั้งแต่ต้นทางในเรื่องการศึกษาและฝึกอบรมทั้งภาคทฤษฎี ภาคปฏิบัติ ให้เด็กที่เรียนจบทางด้านช่างแม่พิมพ์สามารถทำงานได้ทันที และต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่ช่างแม่พิมพ์ที่มีความเชี่ยวชาญ มีทักษะระดับ advances สามารถเข้าใจและแก้ปัญหาในการทำงานได้

Q การระบาดของโรคโควิด-19 ทางโรงงานได้รับผลกระทบหรือไม่ และมีวิธีการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง

A ในช่วงปี 2020 ทางบริษัทยังไม่ได้รับผลกระทบเพราะยังมียอดการสั่งซื้อค้างอยู่ จึงยังคงทำงานตามปกติ แต่จะมีปัญหาทางด้านการขนส่งที่บางจังหวัดมีมาตรการจำกัดการเดินทาง เพื่อเฝ้าระวังโรค ต่อมาในปี ค.ศ.2021 จึงเริ่มมีผลกระทบยอดขายลดลงประมาณ 20% จึงต้องมีการประหยัดและมีการป้องกันให้พนักงานทุกคนป้องกันตนเองอย่าไปในพื้นที่ที่มีความเสี่ยง

Q ในเรื่องยานยนต์ไฟฟ้า หรือรถ EV จะมีผลกระทบต่ออุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในอนาคตอย่างไรบ้าง

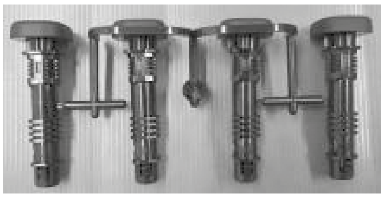
A ถ้ารถยนต์ EV สามารถผลิตในประเทศไทยได้ เราเป็นผู้ผลิตแม่พิมพ์พลาสติก ก็สามารถปรับตัวไปสู่การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ไฟฟ้าได้ และเรายังได้ศึกษาตลาดและหาข้อมูลเพื่อเตรียมขยายตลาดไปสู่กลุ่มอุตสาหกรรมประเภทอื่น เช่น อุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือแพทย์

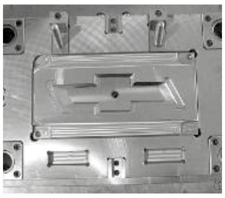
Q **คุณไชยยงค์ อยากฝากถึงทางสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย และเพื่อนสมาชิกในวงการอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ อย่างไรบ้าง**

A การดำเนินงานต่างๆ ที่ผ่านมาของทางสมาคมฯ ทำให้เห็นถึงความตั้งใจและทำได้ดีตลอดมา แม้แต่ในช่วงที่เกิดการระบาดของโรคโควิด-19 ต้องปรับเปลี่ยนการฝึกอบรมเป็นรูปแบบออนไลน์ กิจกรรมบางอย่างหยุดชะงักไป แต่เมื่อรัฐบาลมีการผ่อนคลายสามารถทำกิจกรรมต่างๆ ได้ อยากให้ทางสมาคมฯ จัดการฝึกอบรบเกี่ยวกับการจัดการบริหารอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในรุ่นต่อๆ ไป เพราะเป็นหลักสูตรที่มีประโยชน์ต่อผู้ประกอบการและอุตสาหกรรมแม่พิมพ์เป็นอย่างมาก

ฝากถึงเพื่อนสมาชิกจากสถานการณ์วิกฤตโรคระบาดโควิด-19 ทำให้สังคมเศรษฐกิจโลกชะงัก ทำให้งานหลายๆ บริษัทน้อยลง จึงอยากให้ทุกท่านอดทนและช่วยกันประหยัด และถ้าผู้ประกอบการมีการรวมกลุ่มเป็นคลัสเตอร์ก็สามารถมาแชร์หรือกระจายงานช่วยกันทำได้ โดยการรวมกลุ่มไม่ได้จำกัดเพียงผู้ผลิตแม่พิมพ์เท่านั้น ผู้ใช้แม่พิมพ์ก็สามารถเข้าร่วมได้ ซึ่งในต่างประเทศโรงงานแต่ละแห่งที่มารวมกลุ่มกันบางที่ออกแบบดีไซน์อย่างเดียว หรือทำ Machine อย่างเดียว ทำให้ขั้นตอนและกระบวนการทำงานได้รวดเร็วขึ้น อุปสรรคปัญหาของผู้ประกอบการที่ทำให้การรวมกลุ่มเป็นคลัสเตอร์ไม่ประสบผลสำเร็จ เพราะโรงงานแต่ละแห่งมีเครื่องจักรและบุคลากรพร้อมจึงอยากที่จะทำเองมากกว่าส่งต่องานให้ที่อื่น แต่ถ้ามองอีกมุมโรงงานเหล่านี้จะต้องลงทุนทั้งเครื่องจักรและการฝึกฝนบุคลากรที่สูง

PLASTIC INJECTION MOLD MAKING HIGH QUALITY





CSK **molding technology Co.,Ltd.**
บริษัท ซีเอสเค โมลดิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

Total area : 900 m^2

Capital : 1,000,000.00 Baht

Number of employee : 23 Persons

Establishment : 23 March 2012

Contact person :
Mr. Chaiyong Nammungkhun
Managing Director

Tel : 092 268 4884, 035 267 155

Fax : 035 267 011

E-mail : csk.molding@gmail.com

Address :
21/1 Moo 13, T.Salaloy, A.Tharua,
Ayutthaya 13130 Thailand

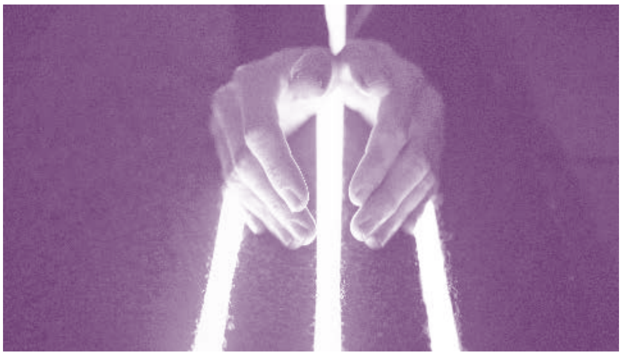
21/1 หมู่ที่ 13 ต.ศาลาลอย อ.ท่าเรือ
จ.พระนครศรีอยุธยา 13130

โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

Smart Highway เส้นขอบถนนเรืองแสง

โดยปกติ เราจะเห็นเสาไฟที่ติดอยู่ตามริมฝั่งถนน ส่องแสงให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ในเวลากลางคืน แต่เสาไฟเหล่านี้ จำเป็นต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการทำงาน ซึ่งในแต่ละปี เมืองใหญ่ๆ ทั่วโลกจะต้องสูญเสียเงินจากการใช้ไฟฟ้าสำหรับไฟถนนเป็นจำนวนมหาศาล เส้นขอบริมถนนเรืองแสง (Smart Highway) เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมที่เจ๋งมากๆ

ที่ประเทศ เนเธอร์แลนด์ ทดลองใช้สีเรืองแสงบนถนนหนทางและทางเท้านี้เกิดขึ้นครั้งแรก นำโดยนายดาน รูสการ์ด (Daan Roosegaarde) เสนอไอเดียโครงการทางหลวงอัจฉริยะ เส้นขอบริมถนนเรืองแสงในที่มืด (Smart Highway) โดยการใช้เทคโนโลยีสีเรืองแสง ถูกพัฒนาและคิดค้นโดย OliKrom ชาวฝรั่งเศส ผู้เชี่ยวชาญเรื่องเม็ดสี ที่สามารถเก็บพลังงานแสงอาทิตย์ในเวลากลางวัน มาใช้ในการให้แสงสว่างในเวลากลางคืน โดยเทคโนโลยีที่ว่านี้ สามารถให้แสดงสว่างในเวลากลางคืนได้นานต่อเนื่องถึง 10 ชั่วโมง โดยไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้า



โครงการนี้จัดแสดงเป็นเวลา 3 ปี ใน Oss, NL GLOWING LINES และจะได้รับการพัฒนาและเปิดตัวในระดับสากลต่อไป และสีที่ใช้ทาเส้นขอบริมถนนนั้นสามารถเก็บพลังงานจากรถที่วิ่งผ่านในตอนกลางวันและเปลี่ยนเป็นแสงสว่างในตอนกลางคืน และหลังจากการทดลองใช้เป็นเวลา 3 เดือนพบว่า สามารถใช้ได้ต่อเนื่องยาวนาน 8 ชั่วโมง โดยเม็ดสีที่ถูกพัฒนาขึ้นนี้จะคงทนต่อรังสียูวีที่มาตกกระทบ ทนต่อความชื้น รวมถึงน้ำหนักของรถบรรทุก ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็นไกลขึ้นในระยะ 50-100 เมตร แม้จะประสบปัญหาสภาพอากาศย่ำแย่ก็ตาม ก็ช่วยให้ถนนช่วงดึกสว่างมากขึ้นกว่าเดิมและมีความปลอดภัย ขับยังไงก็เห็นเด่นสะดุดตา และเป็นมิตรต่อธรรมชาติ

ล่าสุด! รัฐบาลออสเตรเลียว่าจ้างบริษัทแอสฟัลต์ไลน์มาร์คกิ้งให้ประเดิมตีเส้นจราจร ด้วยสารเทอร์โมพลาสติกแบบเรืองแสงที่มีความคงทนยาวนานกว่า 10 ปี บนถนน Golden Glow RdTara สาย QLD 4421 ในรัฐควีนส์แลนด์ ซึ่งถือเป็นการนำร่องถนนสายแรก ก่อนจะตีเส้นจราจรเรืองแสงทั่วประเทศ

เส้นจราจรเรืองแสงบนถนนสายนี้ จะช่วยให้ผู้ขับขี่สามารถใช้ถนนได้อย่างสะดวกสบาย และรู้สึกปลอดภัย ในช่วงค่ำคืนที่ไร้แสงไฟ หรือค่ำคืนที่มีฝนตกหนักก็ตาม

โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

สำหรับเมืองไทยได้มีการนำเสนอ **"นวัตกรรมถนนเรืองแสงจากยางพารา"** ที่จังหวัดบึงกาฬ ครั้งแรกของประเทศไทย โดยทีมวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) นำโดย ผศ.ดร.กัมปนาท ศิริเวทิน อาจารย์จากวิทยาลัยวิศวกรรมศาสตร์นานาชาติฯ มจพ., นายฐิตินันท์ อึ้งตระกูล วิศวกร และนายกษิดิศ วรวณิชชา นักศึกษาปริญญาโท หนึ่งในทีมงานวิจัยนวัตกรรมยางพาราฯ

นายกษิดิศกล่าวว่า การสร้างถนนเรืองแสงมาจากปัญหาระบบส่องสว่างชำรุดเสียหายมีส่วนทำให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนน มีแนวทางแก้ไขคือการใช้สีสะท้อนแสงจากสารฟอสฟอเรสเซนต์ แต่การทำงานของสีสะท้อนแสงคือต้องมีรถแล่นผ่าน หรือมีแสงจากหลอดไฟส่องมาจึงจะเห็นแสงได้ อีกทั้งผลิตภัณฑ์ตัวนี้ไม่สามารถผลิตได้ในประเทศไทย

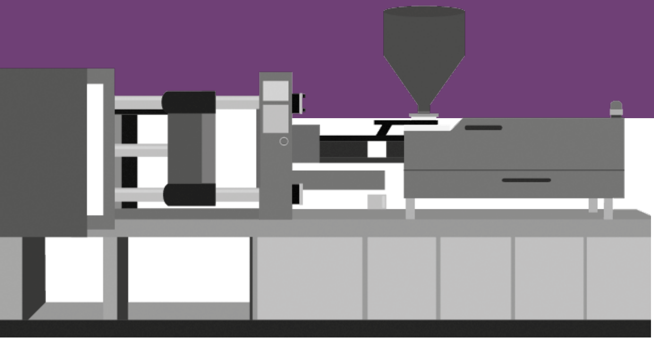
แหล่งอ้างอิง :

1. Smart Highway เส้นขอบถนนเรืองแสง เข้าถึงได้ที่ https://www.realtimecarmagazine.com/newsite/archives/61048

2. "ถนนเรืองแสงเส้นแรกในฝรั่งเศส เปลี่ยนแสงอาทิตย์ให้เป็นแสงสว่างยามค่ำคืน" เข้าถึงได้ที่ https://thestandard.co/luminescent-bike-paths-light-up-town-in-poland/

3. "ถนนเรืองแสง"บึงกาฬ" นวัตกรรมแปรรูปยางพารา" เข้าถึงได้ที่ https://www.khaosod.co.th/lifestyle/news_717792

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน



พื้นฐานสำคัญของการควบคุมคุณภาพชิ้นงานฉีดพลาสติก

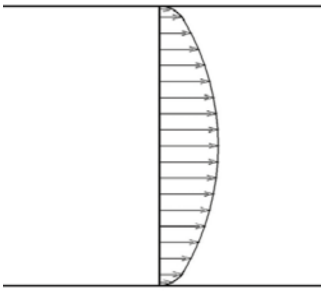
งานฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพลาสติกเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้กันแพร่หลาย เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้ตามรูปทรงที่ต้องการอย่างรวดเร็วและประหยัด แต่การฉีดขึ้นรูปชิ้นส่วนพลาสติกเป็นกระบวนการที่มีตัวแปรการผลิตเข้ามาเกี่ยวข้องและสัมพันธ์ระหว่างกันหลายตัว ซึ่งส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน องค์ประกอบสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติกมี 3 ด้านด้วยกันได้แก่

1. ลักษณะการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์
2. แผนภาพ PVT ในงานฉีดพลาสติก
3. ความสัมพันธ์และผลกระทบต่อชิ้นงานฉีดของความดันฉีด ความดันย้ำและความเร็วฉีด

ในการปรับตั้งตัวแปรหรือพารามิเตอร์ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก จำเป็นต้องพิจารณาถึงองค์ประกอบทั้งสามด้านเสมอ โดยต้องปรับให้เหมาะสมตามตัวแปรที่เกี่ยวข้อง เช่น วัสดุ ขนาด ชิ้นงาน และอื่นๆ

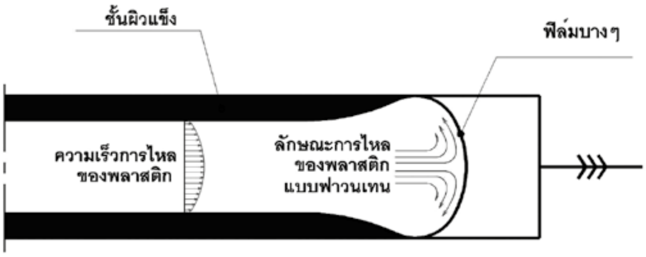
1. ลักษณะการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์

ความเร็วการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ที่ระยะห่างจากผนังตำแหน่งต่างๆ จะมีความเร็วที่แตกต่างกัน จุดที่ความเร็วสูงสุดจะเป็นตำแหน่งกึ่งกลางของช่องการไหล พลาสติกที่สัมผัสกับผนังของแม่พิมพ์จะเกิดการแข็งตัวและไม่มีการไหลตัว เมื่อแบ่งการไหลออกเป็นชั้นๆ ตามความหนาของผนังแม่พิมพ์ ความเร็วการไหลของแต่ละชั้นที่แตกต่างกันจะทำให้เกิดแรงเฉือนระหว่างโมเลกุลของพลาสติกขึ้น พลาสติกจะเกิดการเสียดสีกันแล้วเกิดความร้อนที่สูงขึ้น ความร้อนที่สูงขึ้นนี้สามารถชดเชยความร้อนที่สูญเสียไปจากการไหลของพลาสติกตามระยะทางการไหลที่ไกลขึ้น ถ้าพลาสติกมีอุณหภูมิสูงขึ้นค่าความหนืดจะลดลง การไหลของพลาสติกก็จะไหลได้ง่ายขึ้น ดังนั้นถ้าใช้ความเร็วในการฉีดสูงขึ้นจะทำให้อุณหภูมิของพลาสติกสูงขึ้น จากสาเหตุที่พลาสติกเสียดสีกัน ผลที่ได้นอกจากจะทำให้ฉีดพลาสติกได้ง่ายแล้ว ยังได้ผิวงานฉีดที่สวยสม่ำเสมอกัน ผลดีประการต่อมาคือการใช้ความเร็วการฉีดที่สูงขึ้น จะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นโมเลกุลของพลาสติกน้อยลง เนื่องจากเมื่อเส้นโมเลกุลของพลาสติกเคลื่อนที่ผ่านกันเร็วขึ้น จะทำให้แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลมีค่าน้อยลงเมื่อไหลผ่านกัน มีผลทำให้ค่าความหนืดของพลาสติกต่ำลง ความหนืดที่ลดลงนี้ไม่ได้มีผลมาจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่เป็นเพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นโมเลกุลมีค่าต่ำลง ถ้าเราฉีดพลาสติกให้เร็วขึ้นจะทำให้ความหนืดของพลาสติกลดลงด้วยปัจจัย 2 ประการคือ ความร้อนของพลาสติกสูงขึ้นและความเร็วที่สูงขึ้นจะทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างเส้นโมเลกุลต่ำลง ผลที่เกิดขึ้นนี้สามารถสรุปประเด็นที่สำคัญของความรู้ส่วนได้ว่า **“ให้พยายามฉีดพลาสติกให้เร็วที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีด”**



รูปที่ 1 : แสดงความเร็วการไหลของพลาสติก

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน



รูปที่ 2 : แสดงการไหลของพลาสติกแบบฟาวนเทน

จากรูปที่ 2 แสดงการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ เราเรียกว่าเป็นการไหลแบบฟาวนเทน (Fountain Flow) พลาสติกจะไหลออกจากด้านหน้าตรงกลาง แล้วไหลออกไปสัมผัสกับผนังแม่พิมพ์ ส่วนหน้าของการไหล (Flow Front) จะเกิดเป็นฟิล์มบางๆ ที่ไม่ไหลตัว พลาสติกที่เข้ามาใหม่จะไหลผ่านฟิล์มส่วนนี้ออกไปสัมผัสกับผนังแม่พิมพ์ เมื่อพลาสติกสัมผัสกับผนังแม่พิมพ์ที่เย็นกว่า พลาสติกก็จะเริ่มแข็งตัวเกิดเป็นชั้นผิวแข็งติดกับผนังแม่พิมพ์ที่ไม่สามารถไหลตัวได้ต่อไป พลาสติกเหลวที่อยู่ถัดไปจากชั้นผิวแข็งด้านในจะระบายความร้อนผ่านชั้นผิวแข็งออกสู่ผิวของแม่พิมพ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า ความหนาของชั้นผิวแข็งก็จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และความหนาของชั้นผิวแข็งจะมีความหนาคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีกก็ต่อเมื่อปริมาณความร้อนที่พลาสติกนำเข้ามาใหม่กับมีค่าเท่ากันกับปริมาณความร้อนที่พลาสติกระบายออกสู่แม่พิมพ์

เราสามารถควบคุมความหนาของชั้นผิวแข็งให้หนาขึ้นหรือบางลงได้ ถ้าผิวของชิ้นงานมีลักษณะยุบตัวลง (Sink Mark) หรือที่ผิวของชิ้นงานไม่ตึงสวยงาม จะแก้ไขโดยทำให้ชั้นผิวแข็งมีความหนามากขึ้น โดยการลดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ลง เพื่อลดอุณหภูมิของพลาสติกเหลว และลดความเร็วขณะที่พลาสติกไหลผ่านบริเวณที่ต้องการเพิ่มความหนาของชั้นผิวแข็ง ซึ่งจะทำให้พลาสติกระบายความร้อนออกสู่แม่พิมพ์ได้มากขึ้น และพลาสติกพาปริมาณความร้อนเข้ามาได้น้อยลง ส่วนการลดความหนาของชั้นผิวแข็งเพื่อให้ช่องการไหลมีขนาดใหญ่ขึ้นทำให้พลาสติกมีระยะทางการไหลที่ไกลขึ้น การเติมเนื้อพลาสติกสู่ส่วนปลายสุดของคาวิตี้ทำได้ดีขึ้น การสูญเสียความดันในคาวิตี้แม่พิมพ์น้อยลงและอุณหภูมิของพลาสติกเหลวมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน การทำให้ความหนาของชั้นผิวแข็งบางลงทำได้โดยเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ฉีดให้สูงขึ้น ซึ่งจะทำให้การระบายความร้อนจากพลาสติกสู่แม่พิมพ์ทำได้ช้าลง อุณหภูมิของพลาสติกเหลวเพิ่มสูงขึ้นและฉีดพลาสติกให้เร็วขึ้น เพื่อทำให้พลาสติกพาปริมาณความร้อนเข้าสู่แม่พิมพ์ได้มากขึ้น

จากการที่พลาสติกไหลตัวได้ในช่องภายในของการไหลที่เกิดขึ้นจากการฉีดพลาสติกเท่านั้น ดังนั้นถ้าในบริเวณที่ไม่ต้องการผิวชิ้นงานที่เป็นมันเงาหรือมีความใส ผิวของแม่พิมพ์ในบริเวณนี้ไม่จำเป็นต้องขัดผิวแม่พิมพ์ให้เป็นมันวาว โดยเฉพาะในผิวของทางวิ่งการขัดผิวแม่พิมพ์ไม่ให้มีความหยาบผิวมากก็พอแล้ว ไม่มีความจำเป็นในการขัดผิวให้มันเงา การขัดผิวให้มันเงาอาจจะเป็นข้อเสียขึ้นด้วย เพราะถ้าเกิดความดันในแม่พิมพ์ที่สูงขึ้น พลาสติกที่เย็นตัวในส่วนของทางวิ่ง ซึ่งเกาะผิวของทางวิ่งและมีแรงยึดตัวที่ต่ำ อาจจะหลุดเข้าสู่คาวิตี้แม่พิมพ์ทำให้ผิวของชิ้นงานฉีดเกิดรอยตำหนิขึ้น หรือวัสดุที่เย็นตัวหลุดเข้าไปในคาวิตี้และขวางการไหลของพลาสติกทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ตามมา ในการไหลของพลาสติกโดยปกติแล้วจะเป็นการไหลแบบฟาวนเทน (Fountain) คือพลาสติกจะไหลแนบไปกับผิวของแม่พิมพ์ ถ้าพลาสติกไหลเข้าสู่แม่พิมพ์โดยไม่สัมผัสกับผนังของแม่พิมพ์ แต่สัมผัสเพียงอากาศในแม่พิมพ์เท่านั้นจะทำให้พลาสติกเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็ว และเกิดรอยตำหนิที่ผิวงานในลักษณะรอยที่เกิดจากการพ่นของพลาสติก (Jetting) หรือลักษณะที่ใกล้เคียงกันตามรูปที่ 3 สาเหตุก็เพราะที่ผิวของชิ้นงานฉีด (พลาสติกส่วนที่สัมผัสกับผนังแม่พิมพ์) จะมีทั้งพลาสติกที่เย็นตัวแล้วและพลาสติกที่ยังคงร้อนอยู่เข้ามาปนกัน ผิวของชิ้นงานจึงเห็นจุดบกพร่องเกิดขึ้นอย่างชัดเจน

รูปที่ 3 : แสดงผิวของชิ้นงานฉีดที่เกิดรอยพ่น (Jetting)

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

ในส่วนฟิล์มพลาสติกด้านหน้าการไหลของพลาสติกเหลวสามารถที่จะควบคุมให้เกิดแผ่นฟิล์มที่หนาขึ้นหรือบางลงได้ ถ้าชิ้นงานฉีดเกิดครีบที่ส่วนปลายของการไหลพลาสติก จะแก้ไขได้โดยทำให้ฟิล์มพลาสติกด้านหน้าให้มีความหนามากขึ้น ซึ่งส่งผลต่อพลาสติกไหลให้แทรกผ่านผิวแบ่งแม่พิมพ์ออกนอกคาวิตี้ได้ยากขึ้น การเพิ่มความหนาของฟิล์มพลาสติกทำได้โดยการลดความเร็วของพลาสติกให้ช้าลง ก่อนที่พลาสติกจะไหลถึงส่วนปลายของการไหลซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดครีบขึ้นในชิ้นงานฉีด หรือลดอุณหภูมิของพลาสติกลง ความหนาของฟิล์มด้านหน้าของการไหลก็จะหนาขึ้น ความหนาของฟิล์มพลาสติกส่วนหน้าที่บางลง จะทำให้พลาสติกสามารถไหลผ่านซอกมุมเล็กๆ ของชิ้นงานได้ง่ายขึ้นและช่วยทำให้ผิวงานบริเวณส่วนปลายการไหลกับบริเวณด้านในชิ้นงานฉีดที่พลาสติกไหลผ่านมาก่อนจะมีความสม่ำเสมอใกล้เคียงกันมากขึ้น ขนาดของฟิล์มพลาสติกที่บางลงทำได้โดยการเพิ่มความเร็วการไหลของพลาสติกและเพิ่มอุณหภูมิของพลาสติกเหลวให้สูงขึ้น

2. แผนภาพ PVT ในงานฉีดชิ้นงานพลาสติก

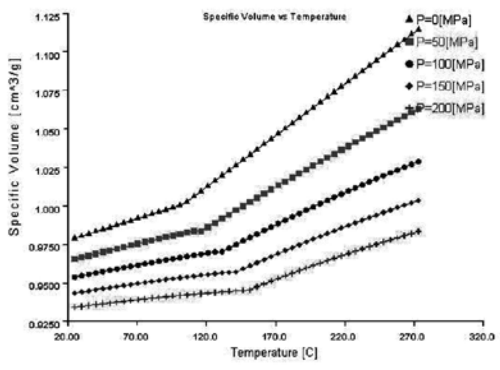
ความสัมพันธ์ของ PVT เป็นพื้นฐานที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการฉีดพลาสติก ผู้ที่เข้าใจความสัมพันธ์ของ PVT จะสามารถปรับตั้งการฉีดพลาสติกให้มีคุณภาพตามความต้องการใช้งานหรือสามารถวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานฉีดได้ดี ความสัมพันธ์ของ PVT จะอธิบายสาเหตุต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานฉีดได้เกือบทั้งหมด ยกเว้นปัญหาด้านความสวยงามของผิวชิ้นงานที่เกิดจากการไหลของพลาสติกและการบิดงอของชิ้นงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

P (Pressure) คือความดันที่เกิดขึ้นในพลาสติกเหลว คำนวณได้จากขนาดของแรงกระทำหารด้วยพื้นที่ของแรงกระทำ ความดันมีหน่วยเป็น กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร หรือบาร์ (kgf/cm^2 or bar) บางครั้งจะใช้หน่วยเป็น Mpa ซึ่ง 1 Mpa มีค่าประมาณ 10 bar

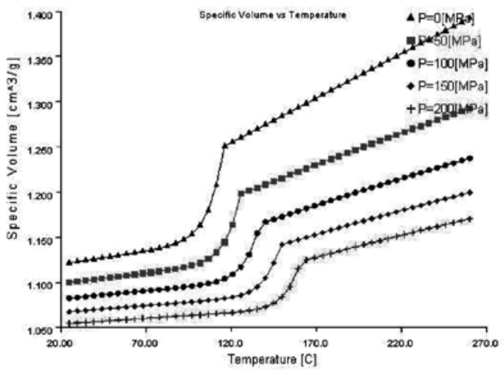
V (Volume) คือปริมาตรของเหลว ซึ่งแปรผันไปตามความดันและอุณหภูมิที่เกิดขึ้นกับของเหลว ปริมาตรที่ใช้ในการฉีดพลาสติกมีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

T (Temperature) คืออุณหภูมิของพลาสติกเหลว มีหน่วยเป็น (°C)

การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร PVT นั้นหากให้อุณหภูมิ (T) คงที่และพิจารณาเฉพาะ ความดัน (P) กับปริมาตร (V) ถ้าความดันสูงขึ้นจะทำให้ปริมาตรของพลาสติกเหลวลดลง ในขณะที่คาวิตี้ของแม่พิมพ์มีปริมาตรคงที่ ดังนั้นจะทำให้สามารถเติมพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้แม่พิมพ์ได้มากขึ้นหรือชิ้นงานฉีดมีน้ำหนักมากขึ้น เมื่อทำการฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์จนเต็มคาวิตี้แล้ว พลาสติกจะเริ่มแข็งตัวและเกิดการหดตัวตามมา ถ้าสามารถเติมเนื้อพลาสติกได้ในปริมาณที่มากขึ้น จะทำให้การหดตัวของชิ้นงานน้อยลงและทำให้ชิ้นงานฉีดมีขนาดใหญ่ขึ้น ในทางตรงกันข้าม ถ้าใช้ความดันที่น้อยลง จะทำให้การเติมพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้ได้ในปริมาณที่น้อยลงเช่นกัน ก็จะเกิดผลกับชิ้นงานฉีดในทางตรงกันข้ามกับการใช้ความดันที่สูงกว่า



รูปที่ 4 : แผนภาพ PVT ของ PS

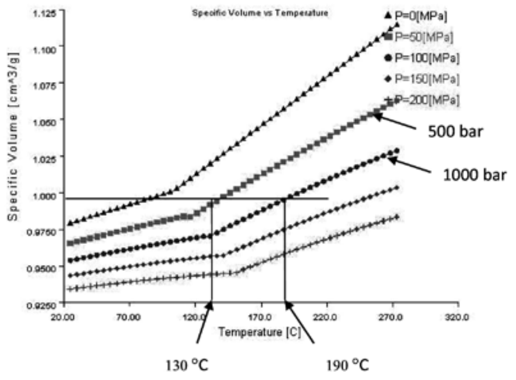


รูปที่ 5 : แผนภาพ PVT ของ PP

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

การทำให้ความดันของพลาสติกสูงขึ้นจะทำให้พลาสติกในคาวิตี้แม่พิมพ์มีปริมาณมากขึ้น ส่งผลให้ผิวของชิ้นงานฉีดตึงสวยงามและรอยยุบตัว (Sink Mark) ผิวชิ้นงานฉีดจะน้อยลงเนื่องจากชิ้นงานมีความหนาแน่นมากขึ้น

ถ้าเติมเนื้อพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้มากขึ้นจะทำให้น้ำหนักของชิ้นงานฉีดมากขึ้นด้วย ขนาดของชิ้นงานฉีดก็จะใหญ่ขึ้นตามไปด้วย แต่ถ้าเติมเนื้อพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้น้อยลง น้ำหนักของชิ้นงานฉีดจะน้อยลง ขนาดของชิ้นงานก็จะเล็กลงเช่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าน้ำหนักและขนาดของชิ้นงานฉีดมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นการควบคุมคุณภาพของโรงงานฉีดบางแห่งจึงใช้วิธีการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานฉีดด้วยวิธีการชั่งน้ำหนักชิ้นงาน ซึ่งทำได้ง่ายกว่าการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานทุกจุด โดยใช้หลักเกณฑ์ที่ว่า ถ้าเป็นชิ้นงานทั่วไปน้ำหนักจะยอมให้เบี่ยงเบนได้ไม่เกิน 0.5% (±0.25%) และชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรงสูงจะยอมให้น้ำหนักเบี่ยงเบนได้ไม่เกิน 0.05% น้ำหนักที่เบี่ยงเบนไม่เกินค่าดังกล่าว จะถือว่าขนาดของชิ้นงานฉีดผิดพลาดอยู่ในค่าพิกัดความคลาดเคลื่อนขนาดที่ยอมรับได้ ในกรณีที่มาตรฐานความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานฉีดแตกต่างออกไปจากนี้ ให้ใช้วิธีการชั่งน้ำหนักขนาดของชิ้นงานโตสุดและขนาดเล็กสุดที่สามารถยอมรับได้เอาไว้ แล้วใช้ค่าน้ำหนักที่วัดได้เป็นตัวควบคุมการตรวจสอบของระบบคุณภาพ



รูปที่ 6 : แผนภาพ PVT ของ PS แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันและอุณหภูมิ

ความสัมพันธ์ระหว่างความดัน (P) กับอุณหภูมิ (T) เมื่อปริมาตรคงที่ ถ้าความดันสูงขึ้นจะทำให้พลาสติกเหลวมีอุณหภูมิสูงขึ้นตาม ในทางตรงข้ามถ้าลดความดันลงอุณหภูมิของพลาสติกจะต่ำลงด้วยเช่นกัน ในการฉีดพลาสติกเมื่อให้ปริมาตรจำเพาะในคาวิตี้โดยประมาณมีค่าคงที่ ถ้าลดความดันจาก 1,000 บาร์ ซึ่งพลาสติกมีอุณหภูมิ 190°C มาสู่ความดัน 500 บาร์ อุณหภูมิของพลาสติกจะลดลงเหลือ 130°C ในทันที ดังแสดงในแผนภาพ PVT ของพลาสติก PS ในรูปที่ 6

การใช้ความดันพลาสติกในคาวิตี้แม่พิมพ์ต่ำ จะมีส่วนช่วยให้อุณหภูมิของพลาสติกต่ำลง ดังนั้นถ้าลดความดันย้ำ (Holding Pressure) ให้ต่ำลงจะช่วยเร่งการเย็นตัวของพลาสติกให้เร็วขึ้น นอกจากนี้แล้วการใช้ความดันที่ไม่สูงมากนัก จะช่วยให้แม่พิมพ์และเครื่องฉีดพลาสติกมีอายุการใช้งานที่ยาวขึ้น แม่พิมพ์ไม่บอบช้ำจากความดันของพลาสติกและระบบไฮโดรลิคจะเกิดการสึกหรอน้อยลงด้วย ถ้าเปรียบเทียบกับการใช้ความดันที่สูงกว่า

ในกรณีอุณหภูมิ (T) แปรผันกับปริมาตร (V) โดยคงความดันไว้ ถ้าอุณหภูมิของพลาสติกสูงขึ้น พลาสติกจะขยายตัวทำให้ปริมาตรมากขึ้น แต่คาวิตี้ของแม่พิมพ์มีปริมาตรคงที่ ดังนั้นน้ำหนักของพลาสติกในคาวิตี้จะน้อยลง

ถ้าเพิ่มอุณหภูมิของพลาสติกเหลวให้สูงขึ้นจะทำให้น้ำหนักของพลาสติกในคาวิตี้ลดลง การหดตัวของพลาสติกจะสูงขึ้นทำให้ขนาดของชิ้นงานเล็กลง เมื่ออุณหภูมิของพลาสติกสูงขึ้นจะทำให้ความหนืดของพลาสติกลดลง พลาสติกจะไหลได้ง่ายขึ้นในกรณีที่พลาสติกเริ่มแข็งตัวและไม่สามารถเติมเนื้อพลาสติกในส่วนปลายของการไหลได้ดีนัก การเพิ่มอุณหภูมิของพลาสติกจะทำให้น้ำหนักของพลาสติกมากขึ้น

ความเค้นตกค้างภายในชิ้นงาน (Residual Stress) เกิดจากการที่ใช้ความดันที่สูงเกินไปหรือคงความดันในระยะเวลาที่นานเกินไป ชิ้นงานที่มีความเค้นตกค้างภายในสูงจะทำให้เกิดการแตกหักหรือแตกร้าวได้ง่าย นอกจากนี้แล้วชิ้นงานที่มีความเค้นตกค้างภายในจะพยายามบิดตัวเพื่อคลายความเค้นให้ต่ำลง ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปชิ้นงานจะเกิดการโก่งงอเสียรูปขึ้น

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

ในชิ้นงานฉีดพลาสติกทั่วไป มักต้องการผิวงานที่สวยงาม ผิวเรียบตึงสวยงามไม่มีรอยยุบตัว หรือรอยย่นที่ผิวงาน ทำให้ช่างฉีดพลาสติกพยายามที่จะอัดเนื้อพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้ให้มากขึ้นเพื่อชดเชยการหดตัวของพลาสติก และแก้ไขปัญหาเรื่องความสวยงามของผิวชิ้นงาน การอัดเนื้อที่มากเกินไปจะทำให้ชิ้นงานฉีดมีความเค้นตกค้างอยู่ภายในสูง ทำให้เกิดปัญหาการแตกร้าวและการบิดงอเสียรูปในภายหลัง ดังนั้นถ้าชิ้นงานฉีดเห็นรอยยุบตัวหรือเห็นว่าผิวงานไม่ตึงมากเกินไป จะแสดงว่าชิ้นงานฉีดนั้นมีความเค้นตกค้างอยู่ภายในต่ำ ทำให้ทนต่อการแตกร้าวได้ดี และภายหลังการฉีดจะเกิดการบิดงอต่ำ งานที่ต้องการความแข็งแรงจึงควรยอมให้ชิ้นงานมีรอยยุบเล็กน้อย

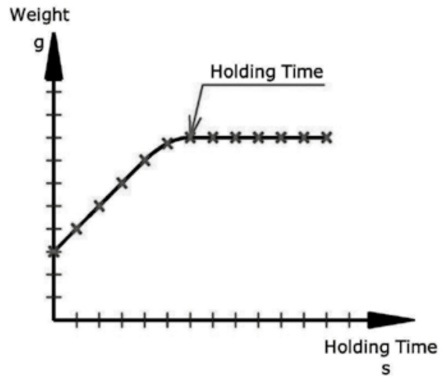
3. ความสัมพันธ์และผลกระทบต่อชิ้นงานฉีดของความดันฉีด ความดันย้ำและความเร็วฉีด

ความดันฉีด ความดันย้ำ และความเร็วฉีดในงานฉีดพลาสติกจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ และรูปร่างของชิ้นงานฉีด ความดันฉีดและความดันย้ำจะควบคุมด้วยความดันไฮโดรลิคของเครื่องฉีด และต้องมีค่ามากพอที่จะดันพลาสติกให้เต็มคาวิตี้โดยไม่เกิดรอยยุบตัวที่ผิวงาน การเกิดรอยยุบตัวที่ผิวงานจะขึ้นอยู่กับการออกแบบแม่พิมพ์แต่ละตัว ความเร็วฉีด อุณหภูมิการหลอมเหลวและรูปทรงของหัวฉีดพลาสติก

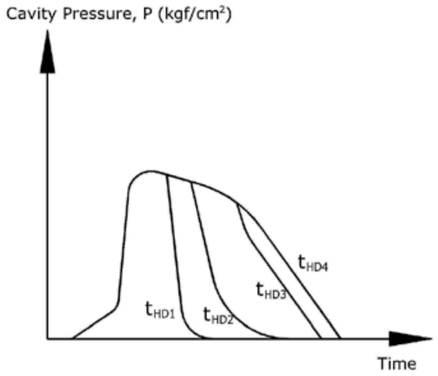
ความเร็วฉีดจะสัมพันธ์กับขนาดของชิ้นงานฉีด หลักการฉีดพื้นฐานคือ ควรฉีดพลาสติกให้เร็วที่สุดโดยไม่กระทบต่อคุณภาพของผิวงาน ความดันฉีดจะต้องมากพอที่จะดันให้สกรูฉีดเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (ความเร็วฉีดคงที่) ตามที่ได้ตั้งค่าไว้ให้เครื่องฉีดทำงาน ถ้าในระหว่างการฉีดพลาสติกความเร็วฉีดมีค่าลดลงแสดงว่าตั้งค่าความดันฉีดไว้ต่ำเกินไป หรือตั้งค่าความเร็วฉีดสูงเกินไป

เพื่อหลีกเลี่ยงข้อบกพร่องของผิวชิ้นงานในตำแหน่งใกล้กับทางเข้า เช่น Dull Spots, Cold Slug, Delamination ควรใช้ความเร็วฉีดต่ำก่อนในช่วงเริ่มต้นของการฉีด เพื่อให้ได้ผิวของชิ้นงานที่สม่ำเสมอ ในการฉีดพลาสติกจะต้องทำให้ความเร็วการไหลส่วนหน้าของพลาสติกใกล้เคียงกัน ถ้าบางบริเวณของชิ้นงานมีปริมาตรมากขึ้นหรือลดลงก็จะต้องปรับความเร็วในแต่ละช่วงของสกรูฉีดให้แตกต่างกัน เพื่อรักษาความเร็วการไหลของพลาสติกที่ผิวแม่พิมพ์ให้เท่ากัน การปรับความเร็วฉีดหลายขั้นความเร็วจะใช้ในการแก้ไขปัญหาที่เกิดจากสาเหตุการไหลเช่น การดักอากาศไว้ในคาวิตี้ (Entrapped air) รอยเชื่อมประสาน ฟองอากาศ (Bubbles) รอยหยด (Tear Drop) ริ้วรอยการไหล (Streaks) และรอยไหม้ที่ผิวงานพลาสติก

การลดความเร็วก่อนที่จะถึงตำแหน่งเปลี่ยนความดัน (Switch Over Point) จะช่วยรักษาระดับของความดันฉีดให้ต่อเนื่อง และช่วยป้องกันการไหลย้อนกลับของพลาสติกออกนอกคาวิตี้แม่พิมพ์ การเปลี่ยนความดันฉีดเป็นความดันย้ำในตำแหน่งที่ถูกต้อง เป็นองค์ประกอบสำคัญมากของการฉีดพลาสติก เพื่อป้องกันการอัดเนื้อพลาสติกเข้าแม่พิมพ์มากเกินไปหรือความดันในคาวิตี้ตกลง ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีดในด้านการเกิดครีบ การโก่งงอของชิ้นงานฉีด ผิวงานไม่สม่ำเสมอรวมทั้งรอยยุบที่ผิวชิ้นงาน



รูปที่ 7 : ความสัมพันธ์ของน้ำหนักชิ้นงานกับเวลาฉีดย้ำ



รูปที่ 8 : ลักษณะของเส้นกราฟของความดันในคาวิตี้กับเวลาความดันย้ำ

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

การเติมเนื้อพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้จะควบคุมด้วยความดันย้ำ เพื่อชดเชยการหดตัวของพลาสติกภายในแม่พิมพ์ขณะแข็งตัว หลักการปรับตั้งค่าความดันย้ำคือ ให้พยายามตั้งค่าความดันย้ำต่ำที่สุดเท่าที่ทำได้ ค่าความดันย้ำจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของชิ้นงาน เช่น ความแม่นยำขนาดของชิ้นงาน ความเค้นตกค้างภายในชิ้นงาน และสมบัติของผิวงาน เช่น รอยยุบตัวและข้อบกพร่องที่ผิวของชิ้นงาน

เวลาความดันย้ำควรกำหนดให้ทำงานจนกระทั่งทางเข้าของชิ้นงานพลาสติกแข็งตัวแล้ว ถ้าสิ้นสุดความดันย้ำแล้วทางเข้ายังไม่แข็งตัวจะทำให้พลาสติกในคาวิตี้ไหลย้อนออกสู่ภายนอก แต่ถ้าทางเข้าแข็งตัวแล้ว ความดันย้ำยังคงทำงานอยู่ พลาสติกจะไม่สามารถเติมเข้าสู่ภายในคาวิตี้ได้ พลาสติกที่เติมเข้าสู่แม่พิมพ์จะไปอยู่ในทางวิ่ง (Runner) ทำให้พลาสติกในทางวิ่งมีน้ำหนักมากขึ้น ซึ่งนอกจากสิ้นเปลืองพลาสติกมากขึ้นแล้ว ยังทำให้เวลาในการหล่อเย็นนานขึ้นด้วย เวลาความดันย้ำที่ต่ำที่สุด (อาจจะเรียกว่าเวลาที่ทางเข้าพลาสติกปิดแล้ว (Gate Sealing Time) สามารถหาได้โดยการชั่งน้ำหนักชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 7 หรือจากลักษณะของเส้นกราฟของความดันในคาวิตี้ ดังแสดงในรูปที่ 8

ในรูปที่ 7 เป็นการทดสอบโดยการชั่งน้ำหนักของชิ้นงานฉีดที่เวลาฉีดย้ำต่างๆ ถ้าเวลาฉีดย้ำนานกว่าเวลาที่ทางเข้าพลาสติกแข็งตัว น้ำหนักของชิ้นงานพลาสติกจะคงที่ เพราะไม่สามารถที่จะทำการเติมพลาสติกเข้าสู่คาวิตี้ได้แล้ว แต่น้ำหนักของพลาสติกในส่วนของทางวิ่งจะมากขึ้น เพราะภายหลังจากที่ทางเข้าแข็งตัว การเติมพลาสติกจะอยู่ในส่วนของระบบป้อนพลาสติก (Feeding System) ในแม่พิมพ์เท่านั้น ซึ่งนอกจะเป็นการเสียเวลาไปโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังสูญเสียวัสดุในส่วนของทางวิ่งที่มากขึ้นอีกด้วย ดังนั้นจึงควรต้องตั้งเวลาการฉีดย้ำให้มากกว่าเวลาที่ทางเข้าพลาสติกแข็งตัวเล็กน้อย หรือเป็นเวลาฉีดย้ำต่ำที่สุดที่น้ำหนักของชิ้นงานคงที่

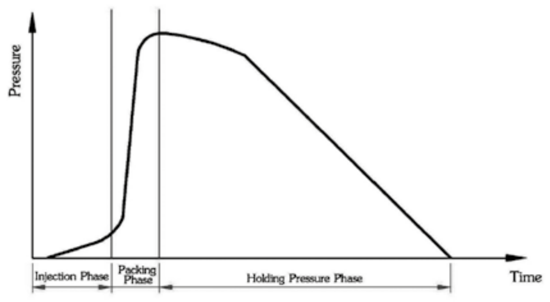
ในกรณีที่ติดตั้งตัววัดสัญญาณความดันในคาวิตี้แม่พิมพ์ (Cavity Pressure Sensor) จะทำให้เห็นลักษณะของเส้นกราฟความดันที่เกิดขึ้น ซึ่งจะช่วยให้หาเวลาที่ทางเข้าแข็งตัวได้ง่ายขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 8 เวลาที่น้อยกว่าเวลาที่แข็งตัวภายหลังจากที่ความดันได้ขึ้นไปสูงสุดแล้ว เส้นกราฟจะตกลงทันที แต่ถ้าใช้เวลาที่นานเกินไป เส้นกราฟจะเหมือนกับเวลาที่ทางเข้าแข็งตัว เส้นกราฟจะมีความต่อเนื่องและความดันจะค่อยๆ ลดลงสู่ความดันบรรยากาศ ในรูปที่ 8 เวลา t_{HD4} เป็นเวลาที่ควรใช้ในการตั้งค่าความดันย้ำ

การตั้งค่าการฉีด และการตรวจวัดค่าการผลิต (Optimization of machine settings, Production Monitoring)

ถ้าติดตั้งตัววัดความดันในแม่พิมพ์ โดยเริ่มต้นจากการฉีดพลาสติกจนกระทั่งสิ้นสุดเวลาหล่อเย็น แล้วนำมาสร้างกราฟโดยให้แกนนอนเป็นเวลา ส่วนแกนตั้งเป็นความดันในคาวิตี้แม่พิมพ์ กราฟที่ได้ในการฉีดพลาสติกเราสามารถแบ่งช่วงเวลาที่พลาสติกอยู่ในแม่พิมพ์ได้ 3 ช่วงคือ

1. **ช่วงการฉีดพลาสติก** (Injection Phase) เริ่มต้นตั้งแต่ทำการฉีดเข้าสู่คาวิตี้แม่พิมพ์ จนกระทั่งพลาสติกเกือบจะเต็มคาวิตี้ ความดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ช่วงนี้จะค่อนข้างต่ำ เวลาในช่วงนี้จะเสร็จก่อนที่จะถึงตำแหน่งเปลี่ยนความดัน (Switch Over Point) ช่วงการฉีดพลาสติกในความหมายนี้ไม่ได้หมายถึงเวลาการฉีดพลาสติก (Injection Time) ของเครื่องฉีดพลาสติก

2. **ช่วงการสร้างความดัน** (Packing Phase) เป็นเวลาก่อนที่พลาสติกจะเริ่มเต็มคาวิตี้ ในช่วงเวลานี้ความดันในคาวิตี้แม่พิมพ์จะค่อยๆ เพิ่มสูงขึ้น และจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากนั้นจะค่อยๆ ปรับลดลง เมื่อพลาสติกค่อยๆ แข็งตัวอยู่ภายในแม่พิมพ์ เวลาในช่วงนี้จะสิ้นสุดหลังจากที่ความดันในคาวิตี้ขึ้นสูงสุดเล็กน้อย



รูปที่ 9 : ช่วงเวลาที่พลาสติกอยู่ในแม่พิมพ์

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

	ช่วงการฉีดพลาสติก Injection Phase	ช่วงการสร้างความดัน Packing Phase	ช่วงการเติมเนื้อพลาสติก Holding Pressure Phase
ตัวแปรภายนอกที่มีผลต่อการทำงานในช่วงเวลานี้	• ความเร็วฉีด • น้ำมันที่ใช้ในเครื่องฉีด ประเภทของพลาสติก อุณหภูมิการฉีด • ค่าความหนืดของพลาสติก • ความหนืดของวัสดุ	• ตำแหน่งการเปลี่ยนความดัน (Switch Over Point) • การตั้งค่าจำกัดความดันฉีด (Injection Pressure Limit)	• ระยะเวลาและค่าความดันย้ำ • อุณหภูมิแม่พิมพ์ • การเสียรูปของแม่พิมพ์ • ความแข็งแรงของชุดปิดแม่พิมพ์ • ค่าแรงปิดแม่พิมพ์
ผลกระทบต่อสมบัติของวัสดุหรือพลาสติกที่ใช้ในการฉีด	• การเสื่อมสภาพโมเลกุลของพลาสติก • การเกิดผลึกของพลาสติก • การจัดเรียงตัวโมเลกุลที่ผิวชิ้นงานฉีด	• การเกิดผลึกของพลาสติก • Anisotropic	• การเกิดผลึก • การจัดเรียงตัวโมเลกุลภายในเนื้อพลาสติก • ค่าการหดตัวของพลาสติกภายในแม่พิมพ์
ผลกระทบต่อชิ้นงานฉีด	• ผิวสำเร็จของชิ้นงาน	• การเติมเนื้อพลาสติกให้เต็มคาวิตี้ • การเกิดครีบที่ชิ้นงานฉีด • น้ำหนักของชิ้นงานฉีด	• น้ำหนักของชิ้นงานฉีด • ความเสถียรของขนาดชิ้นงาน • โพรงอากาศ (Void) • รอยยุบตัวที่ผิวชิ้นงาน (Sink mark) • การคืนตัวภายหลังการฉีด (Relaxation) • ปัญหาการปลดชิ้นงาน

3. ช่วงการเติมเนื้อพลาสติก (Holding Pressure Phase) จะเริ่มต้นต่อจากช่วงการสร้างความดัน จนกระทั่งสิ้นสุดเวลาการหล่อเย็นของการฉีดพลาสติก เมื่อสิ้นสุดช่วงเวลานี้แม่พิมพ์จะเปิดออกแล้วปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ต่อไป

ในการฉีดชิ้นงานให้มีคุณภาพ เส้นกราฟของทั้ง 3 ช่วงเวลาจะต้องมีความต่อเนื่องและไม่เกิดการกระตุกของเส้นกราฟ ถ้าสามารถควบคุมเส้นกราฟให้เหมือนเดิมได้ทุกครั้ง จะทำให้ได้ชิ้นงานฉีดที่มีคุณภาพเหมือนกันทุกชิ้นอีกด้วย ชิ้นงานฉีดที่ต้องการคุณภาพสูงและมีคุณภาพคงที่ การควบคุมคุณภาพจะใช้เกณฑ์จากเส้นกราฟที่วัดจากตัววัดสัญญาณความดันและอุณหภูมิในแม่พิมพ์ เป็นเกณฑ์ตัวที่จะตรวจสอบคุณภาพของกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นจริง

พารามิเตอร์ของช่วงการฉีดต่างๆ จะมีผลต่อคุณภาพชิ้นงานฉีด ซึ่งการควบคุมคุณภาพการผลิตจะแตกต่างกันดังนี้

ช่วงการฉีดพลาสติก (Injection Phase) จะมีผลต่อคุณภาพชิ้นงานฉีดในประเด็นดังนี้

- สมบัติทางกล ได้แก่ความแข็งแรงของชิ้นงาน ความแข็งแรงของรอยเชื่อมประสาน การทนต่อการแตกร้าว
- ผิวสำเร็จของชิ้นงาน รอยยุบตัวที่ผิวงาน ริ้วรอยการไหล รอยย่นบนผิวงาน
- ความชัดเจนของรอยเชื่อมประสานที่มองเห็นได้ (Visibility of Weld Line)
- การบิดงอเสียรูป (Warpage)

โดย อาจารย์วิธาน จริยประเสริฐสิน

ในช่วงการสร้างความดัน (Packing Phase) หรืออาจจะเรียกช่วงนี้ว่าเป็นช่วงที่เกิดการเปลี่ยนความดันในคาวิตี้แม่พิมพ์ สามารถก่อให้เกิด

- ความสมบูรณ์ของการเติมเนื้อเข้าสู่คาวิตี้
- การเกิดครีบที่ชิ้นงานฉีด

สิ่งที่มีผลในช่วงการเติมเนื้อพลาสติก (Holding Pressure Phase) ได้แก่

- น้ำหนักของชิ้นงาน
- ความเสถียรของขนาดชิ้นงาน
- ค่าหดตัวของชิ้นงาน
- โพรงอากาศ (Voids)
- รอยยุบตัว (Sink mark)
- ปัญหาการปลดชิ้นงาน (Ejection Characteristics)
- ความแข็งแรงของรอยเชื่อมประสาน
- ความเที่ยงตรงของขนาดชิ้นงาน
- การบิดงอเสียรูปของชิ้นงาน

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการกำหนดกระบวนการผลิต (The Decision Process Parameter)

- อุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Mold Temperature)
- อุณหภูมิของพลาสติกเหลว (Melt Temperature)
- ความเร็วฉีด
- ความดันในคาวิตี้ (Cavity Pressure)

วิธีการควบคุมพารามิเตอร์ที่ดี

- การตั้งค่าต้องไม่ซับซ้อน (Simplifies setting) ทำความเข้าใจได้ง่าย
- ถ้าเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีข้อผิดพลาดขึ้นในกระบวนการผลิต จะต้องสามารถตรวจจับได้ง่าย

หัวข้อที่ได้กล่าวมาจะช่วยทำให้การปรับปรุงและการควบคุมคุณภาพของกระบวนการผลิตทำได้ง่าย ถ้าในกระบวนการผลิตต้องการความแม่นยำและรายละเอียดของข้อมูลพารามิเตอร์ของการฉีดพลาสติก ภายในแม่พิมพ์จะต้องติดตั้งตัววัดความดันในแม่พิมพ์ (Cavity Pressure Sensor) และตัววัดอุณหภูมิเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงที่อาจจะเกิดขึ้น เครื่องฉีดในปัจจุบันสามารถที่จะบันทึกข้อมูลของพารามิเตอร์การผลิตและกระบวนการเพิ่มเติมที่เกี่ยวข้อง การปรับกระบวนการผลิตให้เหมาะสม (Process Optimization) มีฟังก์ชั่นแจ้งเตือนเมื่อเกิดสิ่งผิดปกติในระหว่างกระบวนการผลิต และจัดทำเอกสารระบบการควบคุมกระบวนการผลิต สำหรับเครื่องฉีดรุ่นเก่า ฟังก์ชั่นหลักที่สำคัญนี้จะต้องติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมจากภายนอกเข้ามาควบคุมและตรวจจับกระบวนการผลิต

PTSC Tooling & Metrology Leader in Thailand

บริษัท เพรสซิชั่น ทูลลิ่ง เซอร์วิส จำกัด เชี่ยวชสญด้านการจัดหาคัตติ้งทูล และ เครื่องมือวัดจากทั่วทุกมุมโลก

TURIN หุ่นยนต์เชื่อมอัตโนมัติ

TURIN Robot เทคโนโลยีจากอิตาลี - แบรนด์ระดับโลก มี R&D โรงงานของตัวเอง เพื่อพัฒนาโปรแกรม และเทคโนโลยีของ Turin โดยเฉพาะ

Automator
Marking Systems

Automator ประสบการณ์กว่า 80 ในการผลิตเครื่องmarking จากอิตาลี มีความปรารถนาที่จะอัปเดตเทคโนโลยีใหม่อยู่เสมอ นำหน้าและมักจะเป็นผู้บุกเบิกและนักประดิษฐ์เทคโนโลยีใหม่ ๆ

UBI Basic - LASER MARKING SYSTEM

PTSC channel | @ptsc | renishawthai | www.ptsc.co.th

PRECISION TOOLING SERVICES CO., LTD. (PTSC)

88 อาคารนิมิตกุล ชั้น 3 ซอยพระรามเก้า 57/1 (วิเศษสุข2) แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

No. 88 Nimitikul Building, 3rd Fl., Rama 9 Soi 57/1 (Wisetsook 2), Suanluang, Suanluang, Bangkok 10250

Tel : 02-370-4900 (auto 10 สาย) Fax : 02-370-4920 Email : info@ptsc.co.th

คณะกรรมการบริหารสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย ชุดที่ 16

TDIA BOARD OF DIRECTORS 2022 - 2023 | วาระปี 2565-2566

1. **นายวิโรจน์ ศิริธนาศาสตร์** — **นายกสมาคม**
Mr. Viroj Sirithanasart — President
บริษัท มาสเตอร์เทค แอนด์ ซิสเต็มส์ จำกัด

2. **รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์** — **อุปนายก ฝ่ายวิชาการ**
Assoc.Prof.Dr. Varunee Premanond — Vice President
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

3. **นายชาตรี บุนฑารักษ์** — **อุปนายก ฝ่ายประชาสัมพันธ์และสมาชิกสัมพันธ์**
Mr. Chatree Boontharuk — Vice President
บริษัท เอ.เบสท์ อินเตอร์โปรดักส์ จำกัด

4. **นายไพศาล กสิกรรม** — **อุปนายก ฝ่ายกิจกรรมและจัดหารายได้**
Mr. Paisarn Kasikham — Vice President
บริษัท มาสทิป (ประเทศไทย) จำกัด

5. **นายเกรียงไกร มโนบูรชัยเลิศ** — **อุปนายก ฝ่ายต่างประเทศ**
Mr. Kriangkrai Manoburachailert — Vice President
บริษัท ซี.ซี.เอส แอดวานซ์ เทค จำกัด

6. **นายภานุรุจ มงคลบวรกิจ** — **เลขาธิการ**
Mr. Panuruj Mongkholbovornkij — Secretary General
บริษัท ไทย โมลด์ แอนด์ ดาย จำกัด

7. **นางสุนิมนต์ ตั้งสกุล** — **เหรัญญิก**
Mrs. Sunimol Tangsakul — Treasurer
ข้าราชการบำนาญ

8. **นายธนพล กอสุราษฎร์** — **ปฏิคม**
Mr. Thanapol Korsurat — Social Director
บริษัท ไทยรับเทค จำกัด

9. **นายภาณุทัต ลิมธงชัย** — **นายทะเบียน**
Mr. Panutat Limthongchai — Registrar
บริษัท คอนิเมก จำกัด

10. **นายดำรงศักดิ์ ดุริยพันธุ์** — **ประชาสัมพันธ์**
Mr. Damrongsak Duriyapan — Public Relations
บริษัท ไอ.อี.พรีซิชั่น จำกัด

11. **นายบุญเลิศ ชดช้อย** — **กรรมการ**
Mr. Boonlert Chodchoy — Board of Director
บริษัท ซี.ซี.ออโตพาร์ท จำกัด

12. **ดร.พิศิษฐ์ อริยเดชวณิช** — **กรรมการ**
Dr. Pisit Ariyadejwanich — Board of Director
บริษัท เอส.เอ.เอฟ. สเปเชียล สตีล จำกัด (มหาชน)

13. **นายสมเกียรติ ปาลาศ** — **กรรมการ**
Mr. Somkiat Palas — Board of Director
บริษัท เอ็ม.พี.พลาสเทค จำกัด

14. **นายอดิศร เฉลิมพัฒนสุข** — **กรรมการ**
Mr. Adisorn Chalermpatanasuk — Board of Director
บริษัท รุ่งโรจน์ ไฮเทค โมลด์ จำกัด

15. **นายจักรพงษ์ วุฒิภาพภิญโญ** — **กรรมการ**
Mr. Jakkapong Wuttipappinyo — Board of Director
บริษัท น้ำยงอุตสาหกรรมเคมี จำกัด

16. **รศ.ดร.ณัฐพล จันทร์พาณิชย์** — **กรรมการ**
Assoc.Prof.Dr. Nattapon Chantarapanich — Board of Director
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา

17. **ผศ.มนัส เหรัญญกิจ** — **กรรมการ**
Asst.Prof. Manat Hearunyakij — Board of Director
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

CIMATRON

"หากคุณคือ ผู้ผลิตแม่พิมพ์ เราคือ คำตอบ ในการผลิตของคุณ"

Cimatron

#mygrowtechthailand

MYGROWTECH
(THAILAND) CO., LTD.
Malaysia . Singapore . Thailand . Indonesia . Vietnam

บางนา กม.5

5 สิ่งสำคัญของซอฟต์แวร์ CAD/CAM
ที่ทำให้ คุณส่งแม่พิมพ์ ได้คุณภาพสูงกว่า และเร็วกว่า!!

Integrated
ส่งแม่พิมพ์ ได้เร็วกว่า จาก
การใช้โปรแกรมตัวเดียวกัน
ที่มีทั้ง CAD, Mold Design, CAM
(ไม่มีการสูญเสียจากการแปลงไฟล์ไปมา)

Dedicated
ออกแบบ แม่พิมพ์ได้เร็วกว่า
เพราะมีคำสั่งที่เป็น Automatic
สำหรับผู้ผลิตแม่พิมพ์
(ไม่ต้องสร้างแม่พิมพ์ใหม่ทุกครั้ง)

Cost-Effective
ทำงานได้ง่ายขึ้น ส่งงานได้เร็วขึ้น
คืนทุนได้เร็วขึ้น ด้วยราคาที่น่าลงทุน

Cutting-Edge
CAM ที่สามารถลดเวลา
การกัดหยาบได้มากกว่า 50%

Easy-to-Use
โปรแกรมที่ ฉลาด และ ใช้งานได้ง่าย
ไม่มีปัญหาเรื่องผู้ใช้งาน

ต้องการมืออาชีพ ติดต่อเรา 094-939-1639

บริษัท มายโกรว์เทค (ประเทศไทย) จำกัด

www.mygrowtechthailand.com | Line : @mygrowtechthailand | Tel: 02-130-6542

THE NEW VALUE FRONTIER

KYOCERA

TOOL SOLUTION of KYOCERA
DIE & MOLD APPLICATION

High Efficiency Coated Solid Carbide Drill

KDA

Lineup from Ø3mm~Ø6mm / 3D , 6D

Solid Ball Nose End Mill for Machining Hardened Material

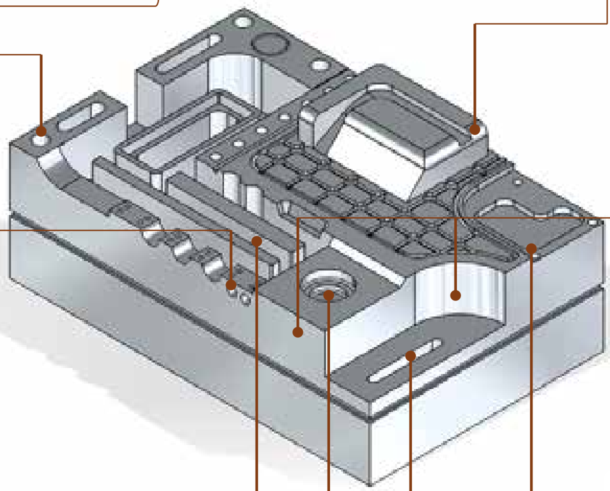
NEW 2KMB

High Efficiency Modular Drill

MagicDrill DRA

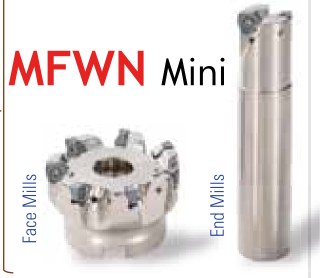
1.5D – 12D

Applicable to all drilling process by various chip breaker



FACING/SHOULDERING/SLOTING

MFWN Mini



MFH Boost

FACING/SHOULDERING/SLOTING/
POCKETING/CONTOURING/HELICAL/RAMPING

Z-Carb

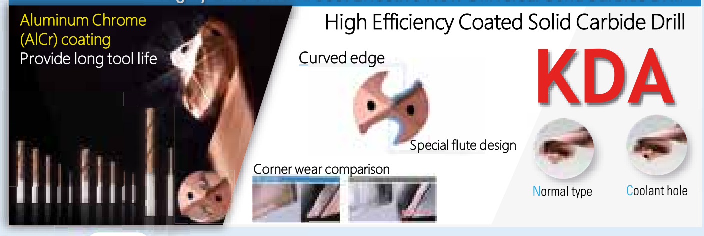
Z-Carb four-flute high performance end mills

MAGACOAT HARD EX Provides Long Tool Life, High Quality and Stable Machining

Solid Ball Nose End Mill (Micro Solid Tools)

2KMB

Highly Efficient and Cost Effective New Universal Solid Carbide Drill



High Efficiency Coated Solid Carbide Drill

KDA

LINE — @Kyocera.tool.thai

Facebook — Kyocera Asia Pacific Cutting Tools

YouTube — Kyocera Asia Pacific Cutting Tool

Mold VTR — Scan & Watch Mold VTR

KYOCERA APP

Download and search for your item now!

KYOCERA Asia Pacific (Thailand) Co., Ltd. Head Office

1 Capital Work Place Building 7th Floor, Soi Chamchan, Sukhumvit 55 Road, Klongton Nua, Wattana, Bangkok 10110, Thailand Tel: (66) 2–030–6688 Fax: (66) 2–030–6600

A. BEST INTER PRODUCTS
www.abest.co.th

Manufacturing Plastic & Aluminium Containers and Premium Products

Aluminium Caps and Pans , Powder Brush-on Compacts Plastic and Metal Closures For Bottles and Jars Complete Set of Bottles and Jars for Cosmetic Health & Spa Products

Cosmetic Packaging

Plastic Jar & Aluminium Cap

Spray Coating

Tube

Decoration Printing

CERTIFICATE NO #1030

254, 256 Soi Bangkradee 25, Samaedam, Bangkhuntien, Bangkok, 10150, Thailand
Tel. (662) 867 3278-80 (Auto) Fax : (662) 867 3281 E-mail : abi@abest.co.th
www.abest.co.th

CHS-ASIA CO., LTD
22/6 Moo 4, Rinchockchai Soi, Thepharak Rd, Bangplee Yai,
BangPlee, Samutprakarn Tel : (66) 2762 0573-4 Fax : (66) 385 5117
E-mail : sales@chs-asia.co.th Website : www.chs-asia.co.th

ISO 9001 : 2015

Your Partner for all Your Heat Treatment Requirements

Vacuum Heat Treatment Furnace

- Hardening
- Bright Annealing
- Brazing

Our Furnace Types

- **Vacuum Furnace**
- Pit Furnace
- Continuous Furnace
- Car Bottom Furnace
- Oven

Our Spare Parts

- Mesh belt
- Anti Carburizing Stop-off
- Heating Element
- Oxygen sensor
- Shot Blasting Machine and Spare Part

CHS-ASIA CHEMICAL CO., LTD
22/6 Moo 4, Rinchockchai Soi, Thepharak Rd, Bangplee Yai,
BangPlee, Samutprakarn 10540 Thailand
Tel : (66) 2084 1928 - 9 Fax : (66) 385 5117 Line ID : @98oils
E-mail : info@98oils.com Website : www.98oils.com

RoHS ISO 9001 : 2015

SCAN ME

Responding to Customer satisfaction Through Quality and Service

Advantages Lubricant Engineering for Industry

- Rust Preventives น้ำมันป้องกันสนิม
- Neat Cutting Oils น้ำมันตัด
- Water Soluble Cutting น้ำยาหล่อเย็น
- Forming Oils น้ำมันขึ้นรูป

Premiun Diesel Enging Oil

- The high levels of detergency
- Highly dependable เพิ่มความมั่นใจให้มากขึ้น
- Long operational life เพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ให้ยาวนาน

ERAWANRUBBER CO.,LTD.

บริษัท เอราวัณรับเบอร์ จำกัด

WE ARE THE MANUFACTURER

OF RUBBER PARTS.

ERAWANRUBBER CO.,LTD.

12 ซอยบางบอน1ซอย11 แขวงคลองบางพราน เขตบางบอน กรุงเทพฯ 10150

โทร : 02-899-2946-9 E-mail : sales@erawanrubber.com

INDUSTRY LEADING PERFORMANCE

MINSTER / VAMCO

EV/LAMINATION SOLUTION

Revolutionize your shop with the EV market's leading system solution provided by Nidec Minster and Nidec Vamco. Achieve superior part quality, longer tool life and increased operational efficiency— all while being backed by the support of a global supply chain partner, whenever and wherever business takes you.

Learn more or experience this technology today.

SOLE AGENT IN THAILAND D.B. DIAMOND (THAILAND) COMPANY LIMITED

CONTACT PERSON : MR. CHOKECHAI NITITHAROTHAI

MOBILE : 66-81-840-4828 / TEL. : 662-2953795-7

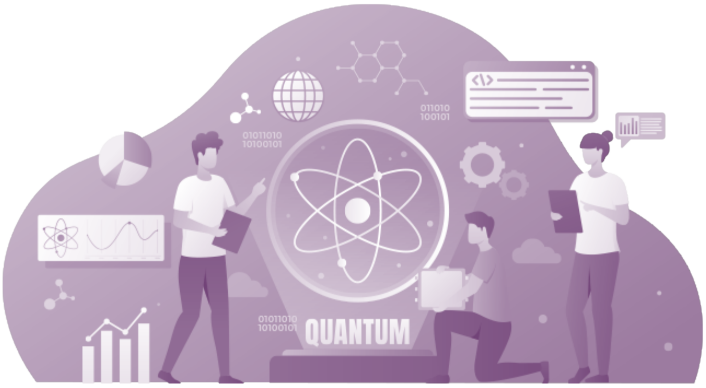
(chokechai.nititharothai@gmail.com)

Nidec PRESS & AUTOMATION

www.nidecpa.com

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

หรือจะถึงยุค Quantum Marketing



การตลาดเปลี่ยนไปอย่างมหาศาลในช่วงไม่กี่ปีมานี้.....
การตลาดกลายเป็นงานที่ต้องใช้ข้อมูลเป็นตัวขับเคลื่อนมากขึ้น และหลายอย่างเกิดขึ้นแบบเรียลไทม์ (Realtime)
Sunil Gupta : the Edward W. Carter Professor of Business Administration and Chair of the General Management Program at Harvard Business School.

หลายท่านที่ทำงานด้านการตลาด อาจจะคิดว่ามีอะไรกันนักกันหนาอีกกับการตลาด ในเวลานี้ก็ทำ Digital Marketing (ซึ่งควรจะเรียกว่า Digital Media Marketing มากกว่า), Online Marketing, Content Marketing, Story Marketing (มีการสร้างเรื่องราวให้กับแบรนด์ (Storytelling)) กันอยู่แล้ว ทำไมยังต้องมาเรียนรู้อะไรทางการตลาดเพิ่มขึ้นอีก ดังที่ Sunil Gupta ได้กล่าวไว้ว่าการตลาดเปลี่ยนไปมหาศาล ทำให้การทำงานด้านการตลาดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงทั้งวิธีคิดและวิธีปฏิบัติ

ผมยังมีความเชื่อในพื้นฐานของกลยุทธ์การตลาดที่ว่าด้วยเรื่องของการกำหนดตลาดเป้าหมาย (Targeting), การวางตำแหน่งทางการตลาด (Positioning) และการใช้กลวิธี (Tactic) ทางการตลาดที่เป็นเรื่องของ 4P’s และ 7P’s ในส่วนของ Digital (Media) Marketing นั้นเป็นการเลือกช่องทางในการสื่อสาร (Communicate) การตลาด การสื่อสารการตลาดนั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อการแจ้งข่าว (Inform) เพื่อการโน้มน้าว, ชักชวน (Persuade) และเพื่อการย้ำเตือน (Remind) ด้วยการเลือกใช้สาร (Message) และสื่อดิจิทัลต่างๆ นั่นเอง

หลักคิดสำคัญของการสื่อสารการตลาดก็คือ ต้องรู้ก่อนว่าผู้รับสาร (Receiver) เป็นใคร หมายถึงผู้รับสารเป้าหมาย (Target Audience) เนื้อหาหรือสาร (Content, Message) ที่ตั้งใจจะให้เขาได้รับคืออะไร โดยใช้อารมณ์และความรู้สึก (Mood and Tone) เป็นอย่างไร และควรให้เขาได้รับสารที่เราต้องการสื่อออกไปนั้นผ่านช่องทางใด ด้วยความถี่เท่าไร ซึ่งเรื่องเหล่านี้ไม่ใช่การใช้สามัญสำนึก หรือสัญชาตญาณ หรือคิดเองเออเอง แต่ต้องอาศัยกระบวนการคิด วิเคราะห์ และแยกแยะ จากการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data) ของผู้บริโภค, ลูกค้า เช่น เขาคิดและรู้สึกอย่างไร ได้ยินอะไร มองเห็นอะไร พูดและทำอะไรบ้าง ปัญหาของเขาคืออะไร เขาต้องการอะไร ทัศนคติต่อแบรนด์เป็นเช่นไร พฤติกรรมการซื้อการใช้เป็นอย่างไร ความชื่นชอบรูปแบบการใช้จ่าย

เทคโนโลยีหลากหลายอย่างที่ช่วยนักการตลาดให้สามารถนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้ไปใช้เพื่อการวางแผนงานการตลาดต่างๆ ดังนั้นผู้บริหารหรือเจ้าของกิจการควรต้องหาความรู้ในเรื่องของ Marketing Technology (MarTech) เพื่อให้สามารถเลือกใช้เทคโนโลยีที่มีอยู่อย่างมากมายนั้นให้ได้เหมาะสม ตรงตามความต้องการของเป้าหมายการตลาด ด้วยราคาที่สมควร และเกิดประสิทธิภาพ

ต้นปี 2021 Philip Kotler และคณะ ได้สร้างความฮือฮาในแวดวงการตลาดด้วยการออกหนังสือ Marketing 5.0 ในหนังสือนี้ Kotler ได้แนะนำให้นักการตลาดประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับมนุษย์ เพื่อสร้าง สื่อสาร ส่งมอบ และเพิ่มคุณค่าใน Customer Journey และได้แสดงส่วนประกอบของการตลาด 5.0

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

Kotler ได้เสนอว่าการนำการตลาด 5.0 มาใช้ต้องทำการขับเคลื่อนการตลาดด้วยข้อมูล (data driven) ด้วยการสร้างนิเวศของข้อมูล (data ecosystem) แล้วนักการตลาดต้องพยากรณ์ด้วยการประมาณผลตอบแทนจากการลงทุนด้านการตลาด นักการตลาดต้องเข้าใจบริบทที่เฉพาะเจาะจงของลูกค้า ณ จุดขาย มีเทคโนโลยีที่ตอบสนองลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งต้องจัดรูปองค์กรที่คล่องตัวสามารถปรับตัวได้ตามสถาการณ์การตลาดที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วได้ทันท่วงที

หนังสือนี้เป็นการขยายภูมิทัศน์การตลาดดิจิทัลต่อจากหนังสือ Marketing 4.0 ที่กล่าวถึงเส้นทางลูกค้า (Customer Path) การบูรณาการการตลาดแบบดั้งเดิม (Traditional Marketing) กับ การตลาดดิจิทัล (Digital Marketing)

ขณะเดียวกัน Kotler ได้ร่วมมือกับ Waldemar Pfoertsch และ Uwe Sponholz ซึ่งเป็นศาสตราจารย์ด้านการบริหาร ออกหนังสือ H2H Marketing : The Genesis of Human-to -Human Marketing ซึ่งแนวคิด H2H Marketing นี้ได้รับอิทธิพลมาจาก ความคิดการออกแบบ (Design Thinking), Service-Dominant Logic (ซึ่งเกี่ยวกับวิทยาการบริการ (Service Science) และระบบบริการ (Service System) แนวคิดของ Service Dominant Logic มองการบริการเป็นธุรกิจเอก ส่วนสินค้ากายภาพเป็นตัวสนับสนุน) และ Digitalization Kotler เป็นนักวิชาการคนแรกๆ ที่พูดถึงความรับผิดชอบต่อสังคมของธุรกิจมากว่า 40-50 ปีที่แล้ว ขณะเดียวกันเขาก็ได้เน้นย้ำความเป็นมนุษย์ของผู้บริโภค, ลูกค้า ซึ่งจะพบได้ในหนังสือ Marketing 3.0 ของเขา (Human-centricity) ไม่ว่ากิจกรรมการตลาดใด แม้ใน Digital Media ก็ต้องคำนึงด้วยว่าผู้รับสารก็มีความเป็นมนุษย์ มีความรู้สึก ความนึกคิด อารมณ์ และอยู่รวมกันเป็นสังคมมนุษย์ แม้ในหนังสือ Marketing 5.0 เขาก็ได้กล่าวว่าการนำ Marketing 5.0 มาใช้นั้นนักการตลาดต้องประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับมนุษย์

ทั้ง Kotler และผู้แต่งหนังสือร่วมท่านอื่นๆ เป็นนักวิชาการมากกว่าการเป็นนักการตลาดที่เป็นผู้ปฏิบัติงานอยู่ในตลาดจริง ในปีที่แล้วเช่นกัน Raja Rajamanar (Chief Marketing & Communications Officer and President, Healthcare Business, Mastercard.) Raja CMO ของ Mastercard ซึ่งได้เริ่มทำงานด้านการตลาดตั้งแต่เรียนจบปริญญาโทจากสถาบันการจัดการแห่งอินเดียในบังกาลอร์ เขาคลุกคลีกับงานด้านการตลาดมากว่า 25 ปี ตั้งแต่ยุคการตลาดแบบดั้งเดิมจนเปลี่ยนผ่านมาสู่ยุคดิจิทัล จากประสบการณ์และด้วยความเป็นนักคิดและนักปฏิบัติ เขาจึงได้เขียนหนังสือ Quantum Marketing เพื่อช่วยชี้แนวทางให้นักการตลาดรุ่นเก่าได้เห็นว่าการตลาดจะเดินทางไปในทิศทางใด ซึ่งถ้านักการตลาดรุ่นเก่าไม่ปรับตัวตามบริบทที่เปลี่ยนไปงานการตลาดของพวกเขานั้นก็จะล้มเหลว และ Raja ได้เสนอแนวทางเพื่อการปรับตัวให้ด้วย สำหรับนักการตลาดรุ่นหลังรวมทั้งนักศึกษาการตลาดที่กำลังจะเรียนจบสามารถใช้แนวทางที่เขาคิดไว้ในหนังสือเพื่อพัฒนางานการตลาดให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นได้ และบรรลุเป้าหมาย

ก่อนจะเข้าเรื่องราวของ Quantum Marketing เขาก็ได้แบ่งการตลาดเป็น 5 ยุค ทำนองเดียวกับที่ Kotler ทำในหนังสือ Marketing 5.0 (แต่มีการใช้หลักเกณฑ์ที่แตกต่างกัน) การแบ่งการตลาดเป็นยุคต่างๆ นั้นเป็นการทำให้นักการตลาดรุ่นเก่ามองเห็นภาพพัฒนาการของตลาดและงานด้านการตลาดที่เปลี่ยนไป พวกเขาจะได้เข้าใจบริบทของแต่ละยุคและเห็นถึงว่ามีปัจจัยอะไรที่ทำให้ตลาดเปลี่ยนไปจนทำให้งานการตลาดก็ต้องเปลี่ยนตามไปด้วย สำหรับนักการตลาดรุ่นหลังและนักศึกษาจะได้เข้าใจความเป็นมาของแนวคิดทางการตลาดเพื่อต่อยอดแนวคิดในการทำงานการตลาดให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น

(ในหนังสือหลายเล่มของ Kotler (ถ้าได้ติดตามงานของเขา) จะพบว่าเขาคิดว่าคำว่า marketing ควรเขียนว่า market-ing เช่นล่าสุดในบทที่ 2 ของหนังสือ Marketing 4.0 เขาอธิบายว่าที่เสนอให้เขียนเช่นนี้เพราะการเขียนใหม่นี้เป็นการเตือนให้รู้ว่าการตลาดเป็นการทำงานเกี่ยวกับตลาดที่มักจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ เพื่อให้เข้าใจการตลาดที่ล้ำสมัย (cutting-edge) จึงควรเข้าใจพัฒนาการของตลาดว่ามีอะไรที่เกี่ยวข้องหรือเปลี่ยนแปลงในช่วง 2-3 ปีนี้บ้าง)

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

ยุคที่ 1

เป็นการเน้นที่ผลิตภัณฑ์โดยเน้นย้ำคุณลักษณะต่างๆ ที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญ จึงต้องนำเสนอผลิตภัณฑ์ที่เหนือกว่าและดีกว่าของคู่แข่ง ยุคนี้เชื่อกันว่า ผู้บริโภค, ลูกค้าซื้ออย่างมีเหตุผลและใช้ตรรกะ

ยุคที่ 2

นักการตลาดเชื่อว่าผู้บริโภค, ลูกค้า ซื้อด้วยอารมณ์ล้วนๆ มีการนำเสนอประสบการณ์ที่นอกเหนือจากตัวผลิตภัณฑ์ตรงๆ มีการเชื่อมโยงอารมณ์ให้เข้ากับผลิตภัณฑ์ นักการตลาดจะขุดกับดักอารมณ์ให้ลูกค้าตกลงไป ดังนั้นนักการตลาดจึงต้องเข้าใจวิธีคิด แรงจูงใจ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้บริโภคด้วย เพื่อใช้ในการทำงานด้านการตลาด ในยุคนี้การตลาดได้เริ่มมีการวิจัยผู้บริโภคโดยวัดจากทัศนคติ และหลักจิตวิทยาอื่นๆ ด้วย มีการใช้คนดังเพื่อการอ้างอิงแบรนด์

ยุคที่ 3

การเกิดขึ้นของอินเทอร์เน็ต และการตลาดเชิงข้อมูล มีการใช้ข้อมูลที่ทำให้การตลาดสามารถกำหนดเป้าหมายได้ชัดเจนกว่าเดิม มีการทำคลังข้อมูล (Data Warehouse) เพื่อนำไปใช้กับการทำเหมืองข้อมูล (Data Mining) โดยการพิจารณาความเชื่อมโยง และความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ของผู้บริโภค เพื่อตอบโจทย์ทางการตลาดที่ตั้งไว้ ในยุคนี้ยังไม่ได้มีการใช้ดิจิทัลอย่างเต็มตัว มีการใช้ Direct mail การตลาดแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-one Marketing) มีการใช้ข้อมูลลูกค้าเพื่อการสร้างความสัมพันธ์ (Customer Relation Management) จนลูกค้ารู้สึกว่าตนเองถูกล่วงล้ำความเป็นส่วนตัวมากเกินไปแล้ว การวัดผลการตลาดมีการขยับจากการวัดผลการโฆษณามาเป็นการวัดผลจากการเข้าถึงเว็บไซต์ เขาใช้เวลาในการเยี่ยมชมเว็บไซต์อยู่นานเท่าไร สนใจในส่วนใดของเว็บไซต์นั้น และไปที่เว็บไซต์ใดต่อไปจากการกดลิงก์หรือไม่ ทำให้นักการตลาดรู้ถึง พฤติกรรมความชื่นชอบ และรูปแบบการใช้จ่ายของลูกค้า

ในยุคนี้ข้อมูลช่วยให้นักการตลาสามารถคำนวณมูลค่าตลอดช่วงชีวิตของลูกค้า (Customer Lifetime Value) ได้ทำให้นักการตลาดสามารถตอบ CFO ได้ว่าการลงทุนในงานการตลาดแล้วควรจะได้ผลตอบแทนเท่าไร และมีการนำข้อมูลทางการตลาดไปใช้ร่วมกับหลักของ 4P’s , 7P’s ด้วย

ยุคที่ 4

Facebook, Social Media และ iPhone ได้เปลี่ยนภาพรวมของผู้บริโภคอย่างสมบูรณ์ โทรศัพท์มือถือและอุปกรณ์เคลื่อนที่อื่นๆ กลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตมนุษย์จนแทบจะเป็นส่วนหนึ่งของร่างการมนุษย์ทีเดียว

องค์ประกอบพื้นฐานที่นำไปสู่ยุคที่ 4 คือ การประมวลผลมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเป็นทวีคูณ อุปกรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ มีขนาดเล็กลง มีการใช้อินเทอร์เน็ตกันอย่างแพร่หลาย มีแพลตฟอร์มโซเชียลมีเดียต่างๆ ในยุคนี้มีการใช้งานโซเชียลมีเดียอยู่เสมอๆ และทำให้ผู้ใช้งานนั้นเสียสมาธิจากเรื่องอื่นๆ ได้ ทำให้ไม่มีช่วงเวลาทอง (Primetime) อีกแล้ว เพราะต่างคนต่างสามารถเปิดและใช้งานอุปกรณ์ได้ตลอดเวลาที่ตนต้องการ โซเชียลมีเดียให้ผลได้ทั้งด้านบวกเมื่อผู้ชมเห็นดีเห็นงามกับสารที่ได้สื่อออกมา หรือแสดงผลในด้านลบเมื่อโซเชียลมีเดียออกมาในลักษณะขัดแย้ง หรือสร้างความรู้สึกขัดแย้งขึ้นในสังคม กิจกรรมแบบเรียลไทม์ (Realtime) ซึ่งเริ่มมาตั้งแต่ยุคที่ 3 มีผลกระทบต่อการตลาดอย่างมหาศาล เพราะมันเป็นช่วงเวลาแห่งความจริง (Moment of Truth) ความชำนาญด้านข้อมูลกลายเป็นคุณสมบัติที่ต้องมีอยู่ในตัวของผู้บริหารการตลาด

การตลาดเป็นเรื่องของศาสตร์มากกว่าความเป็นศิลป์ ในยุคนี้ การวางแผนสื่อเป็นไปโดยอัตโนมัติ มีการประเมินว่าโฆษณาดิจิทัลกว่า 65% ในปี 2019 มีการซื้อและให้บริการโดยอัลกอริทึม สิ่งนี้ทำให้ผู้บริโภคมีความกังวลในความเป็นส่วนตัวของข้อมูลของตนจนมีการออกกฎหมายเพื่อการคุ้มครองข้อมูลของผู้บริโภค

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

ยุคที่ 5

การตลาดควอนตัม Raja ได้ให้ความหมายของควอนตัมทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปว่า

1. ผลกระทบที่ไม่อาจอธิบายด้วยแนวทางแบบเดิมๆ
2. การพัฒนาด้วยความรวดเร็ว หรือในปริมาณที่มิอาจวัดได้

การตลาดควอนตัมคือกรอบการทำงานใหม่สำหรับโลกแห่งอนาคต เพราะโลกกำลังเปลี่ยนแปลงด้วยความเร็วและมีการพลิกผันอย่างที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน ทำให้ทฤษฎี กลยุทธ์ และแนวปฏิบัติด้านการตลาดแบบคลาสสิกจะใช้ไม่ได้อีกต่อไป เป็นการใช้วิธีการและเครื่องมือใหม่ๆ ที่ขัดแย้งกับข้อจำกัดที่เรารู้จักและมีอยู่เดิม

ภาพรวมของสิ่งที่กำลังเกิดขึ้น

1. โลกทุกวันนี้มีข้อมูลอยู่จำนวนมาก มีเซนเซอร์ที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตของผู้บริโภค เครื่องใช้ต่างๆ มีการเชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต เช่น เครื่องใช้ในบ้าน (การควบคุมอุณหภูมิในบ้าน เครื่องล้างจาน เครื่องซักผ้า ตู้เย็น ฯ) อุปกรณ์สวมใส่ (นาฬิกาสายรัดข้อมือเพื่อสุขภาพ) รถที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ต หรือรถไร้คนขับ เซนเซอร์เหล่านี้เก็บข้อมูลทุกการกระทำของผู้บริโภคอย่างที่ไม่เคยมีมาก่อน นักการตลาดที่รู้จักนำข้อมูลควอนตัมนี้ไปใช้อย่างไร ก็จะเข้าใจลูกค้าจนสามารถมีแผนการตลาดที่มีประสิทธิภาพ และสามารถกระตุ้นการมีส่วนร่วมของผู้บริโภคได้อย่างมาก

2. ปัญญาประดิษฐ์ *(Artificial Intelligence : AI คือเครื่องจักร (machine) ที่มีฟังก์ชันที่มีความสามารถในการทำความเข้าใจ เรียนรู้องค์ความรู้ต่างๆ เช่น การรับรู้ การเรียนรู้ การให้เหตุผล และการแก้ปัญหาต่างๆ)* AI สามารถอ่านข้อมูลทุกประเภทที่เข้ามาอย่างไม่จำกัดจากแหล่งที่มาต่างๆ และทำความเข้าใจ แล้วสร้างข้อมูลเชิงลึกที่เป็นประโยชน์เพื่อให้นักการตลาดนำไปใช้อย่างที่ไม่มีสิ่งใดทำได้มาก่อน นอกจากนี้ AI สร้างข้อมูลได้แบบเรียลไทม์ นักการตลาดจึงลงมือทำงานได้ทันทีโดยไม่ต้องรอหรือแทบไม่ต้องรอ *(Agile Marketing คือหลักการที่จะช่วยให้ออกแคมเปญการตลาดได้รวดเร็ว และนำผลตอบรับจากผู้บริโภคไปปรับปรุงแคมเปญให้ตรงใจลูกค้ามากขึ้น อีกทั้งออกแคมเปญได้ในเวลาที่เหมาะสมทันต่อเหตุการณ์ ซึ่งจะช่วยสร้างโอกาสทางธุรกิจใหม่ๆ หรือหาทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้แบบเรียลไทม์)* เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้ง AI วัดผลการทำงานการตลาดได้แบบเรียลไทม์ AI ทำการวิเคราะห์เชิงคาดการณ์ที่ซับซ้อน ทำให้นักการตลาดทำการตลาดแบบ Predictive *(Predictive Marketing : คือการทำการตลาดแบบคาดการณ์พฤติกรรมของกลุ่มเป้าหมายได้ล่วงหน้า โดยใช้ประโยชน์จากข้อมูลที่มีอยู่ เพื่อปรับธุรกิจ ทำการตลาดและตอบสนองความต้องการของกลุ่มเป้าหมายให้ได้อย่างดีที่สุด นอกจากนี้ ยังสามารถวิเคราะห์แนวโน้มทางการตลาดว่าทางไหนจะสำเร็จ ทางไหนจะล้มเหลว)* ได้อย่างดี การใช้ประโยชน์จึงเกิดขึ้นแบบเรียลไทม์ นี่คือ Quantum Marketing

3. Blockchain *(บล็อกเชน : คือเทคโนโลยีตัวช่วยด้านความปลอดภัย (Security) และความน่าเชื่อถือ (Trust) ในการทำธุรกรรมการเงินโดยไม่ต้องอาศัยคนกลาง)* ห่วงโซ่คุณค่าทางการตลาดก็คือลำดับของกระบวนการหรือกิจกรรมทางการตลาดที่เพิ่มคุณค่าเข้าไปในแต่ละขั้น ในการลงโฆษณาในพื้นที่ดิจิทัลของนักการตลาด จะมีบุคคลที่เข้ามาเกี่ยวข้องมากมาย มีทั้งบริษัทเทคโนโลยีและบริษัทเกี่ยวกับโฆษณา ซึ่งงบประมาณด้านการตลาดต้องถูกจ่ายให้กับคนกลางเหล่านี้ นักการตลาดต้องการรู้ว่าเงินที่จ่ายไปนั้นได้ถูกนำไปใช้อย่างจริงจังไม่ถูกฉ้อโกงหรือเบียดบังเพื่อทำให้โฆษณานั้นเกิดประโยชน์สูงสุด บล็อกเชนจะเข้ามาช่วยในเรื่องเหล่านี้ คนกลางที่ไม่จำเป็นจะหายไป เป็นการทำสัญญาดิจิทัลโดยตรงระหว่างผู้ลงโฆษณากับสิ่งที่เผยแพร่โฆษณา ไม่มีใครแอบแก้ไขข้อมูลได้ ข้อมูลจะอัปเดตโดยอัตโนมัติตามเงื่อนไขที่กำหนดว่าโฆษณานั้นจะเผยแพร่อย่างไร ที่ไหน เมื่อไร ในรูปแบบใด บล็อกเชนช่วยยืนยันว่าผลิตภัณฑ์เป็นของแท้ช่วยป้องกันของปลอมหรือของเลียนแบบได้

4. เครือข่าย 5G ช่วยในการขับเคลื่อนการทำงานของเทคโนโลยีต่างๆ เช่นเครื่องใช้ที่ต่ออินเทอร์เน็ต ยานยนต์ขับเคลื่อนอัตโนมัติ ซึ่ง 5G นี้จะช่วยทำให้นักการตลาดจะใช้ VR *(Visual Reality : คือการจำลองสภาพแวดล้อมจริงเข้าไปให้เสมือนจริงโดยผ่านการรับรู้จากการมองเห็น เสียง สัมผัส แม้กระทั่งกลิ่น โดยจะตัดขาดเราออกจากสภาพแวดล้อมปัจจุบันเพื่อเข้าไปสู่ภาพที่จำลองขึ้นมาตัวอย่างเช่น การจำลองสถานที่ google street view)* หรือประสบการณ์ในรูปแบบ 3 มิติกับผลิตภัณฑ์

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

และบริการของตนจากระยะไกลแบบเรียลไทม์ นักการตลาดจับสัญญาณและประมวลผลสัญญาณต่างๆ จากเซนเซอร์รวมถึงกิจกรรมของผู้บริโภคแล้วนำมาวิเคราะห์และเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมได้ทันที มีเทคโนโลยีอีกจำนวนมากที่จะเป็นไปได้ในเครือข่าย 5G

เทคโนโลยีที่จะเกิดขึ้น

- **Augmented reality หรือ AR** คือ การรวม สภาพแวดล้อมจริง กับ วัตถุเสมือน เข้าด้วยกันในเวลาเดียวกัน โดยวัตถุเสมือนที่ว่านั้น อาจจะเป็น ภาพ, วิดิโอ, เสียง, ข้อมูลต่างๆ ที่ประมวลผลมาจากคอมพิวเตอร์, มือถือ, เทปเล็ต, หรืออุปกรณ์สวมใส่ขนาดเล็กต่างๆ และทำให้เราสามารถตอบสนองกับสิ่งที่จำลองนั้นได้ ตัวอย่างของการใช้งาน AR ก็คือ เกม Pokemon Go ถือเป็นปรากฏการณ์ครั้งสำคัญของนักเล่นเกมทั่วโลก

- **Virtual reality หรือ VR** (ความเป็นจริงเสมือน) เป็นเทคโนโลยีที่คอมพิวเตอร์จำลองสภาพแวดล้อมเสมือนขึ้นโดยส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับการมองเห็น แสดงทั้งบนจอคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์แสดงผลสามมิติ โดยผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับสิ่งแวดล้อมเสมือนได้ทั้งการใช้อุปกรณ์นำเข้ามาตรฐานเช่น แป้นพิมพ์ หรือเมาส์ สภาพแวดล้อมจำลองยังสามารถทำให้คล้ายกับโลกจริงได้เช่น การจำลองสำหรับการฝึกนักบิน

- **3D Printing การพิมพ์ 3 มิติ** ทำให้สามารถผลิตชิ้นงาน ณ จุดที่ต้องการใช้ จะมีพัฒนาการให้สมบูรณ์มากขึ้นเรื่อยๆ ซึ่งเทคโนโลยีนี้อาจเปลี่ยนระบบห่วงโซ่อุปทาน และระบบการจัดจำหน่าย

- **รถยนต์อัตโนมัติ และรถยนต์เชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต** ทำให้ผู้บริโภคใช้เวลาที่มีมากขึ้นจากการที่ไม่ต้องขับรถเองในการหาประสบการณ์จากอุปกรณ์ที่ต่ออินเทอร์เน็ตทั้งที่มีติดตั้งอยู่ในรถหรือแบบพกพาขณะเดินทาง

- **Internet of Things : IOT Master Card** กล่าวว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตทุกชิ้นคืออุปกรณ์การขาย และ Raja ขยายความว่าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับอินเทอร์เน็ตคืออุปกรณ์การตลาด ในไม่ช้าผู้บริโภคจะพูดกับอุปกรณ์ในบ้าน เช่น ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องล้างจาน เครื่องควบคุมอุณภูมิ และอื่นๆ แล้วอุปกรณ์เหล่านั้นจะตอบกลับได้ด้วย นี่คือสื่อใหม่ที่นักการตลาดนำไปใช้ประโยชน์ได้

- **ลำโพงอัจฉริยะ** แม้ว่าอุปกรณ์นี้ใช้ IOT แต่ที่แยกออกมาเพราะในอเมริกาได้มีการใช้อุปกรณ์ทำนองเดียวกันนี้ผ่านการพูด เพื่อการค้นหาข้อมูล, ข่าวสาร และสิ่งบันเทิง เพื่อการสอบถาม การตั้งปลุก การเตือน และการสั่งซื้อสิ่งของ นักการตลาดจึงต้องนำเสนอแบรนด์ของตนผ่านอุปกรณ์ไร้ภาพนี้ (เป็นการสร้าง Sonic Brand)

- **Wearables (อุปกรณ์สวมใส่)** เหล่านี้อาจเป็นการติดตามสุขภาพ วัดภาวะอารมณ์ ฯ จึงเป็นเครื่องมือสำหรับนักการตลาดในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสื่อสารข้อมูล

- **Robot & Drone** ในอเมริกามีการใช้หุ่นยนต์ในโรงแรมหรือร้านอาหาร ซึ่งในประเทศไทยก็เริ่มมีร้านอาหารหลายแห่งใช้หุ่นยนต์ในการเสิร์ฟอาหาร Amazon ก็ใช้โดรนในการจัดส่งพัสดุ ซึ่งเทคโนโลยีทั้ง 2 นี้จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบการจัดจำหน่ายและการจัดส่งสินค้า

การเปลี่ยนแปลงในเทคโนโลยี ข้อมูลที่มีปริมาณมหาศาล กระบวนการตัดสินใจซื้อที่เปลี่ยนไป โอกาสหรือภัยของการกระทำแบบเรียลไทม์ ทำให้นักการตลาดควอนตัมต้องปรับตัวอย่างแรง แบรนด์ต้องสร้างความตื่นเต้น ทำให้เกิดการมีส่วนร่วมและแรงบันดาลใจสำหรับผลิตภัณฑ์และบริการของตนด้วยเทคโนโลยีใหม่ สื่อใหม่ กรอบความคิดใหม่ และความเข้าใจใหม่

พันธกิจของนักการตลาดควอนตัม

แต่เดิมนักการตลาดจำนวนมากเข้าใจว่าการทำการโฆษณาคือการทำการตลาด การส่งเสริมการขาย *(Sale Promotion : เป็นกิจกรรมทางการตลาดที่สามารถกระตุ้นผู้บริโภคให้เกิดการซื้อผลิตภัณฑ์ สินค้าหรือบริการได้ทันทีทันใด โดยอาจจัดหาสิ่งจูงใจพิเศษ หรือคุณค่าพิเศษของผลิตภัณฑ์สินค้าหรือบริการ)* คือการทำการตลาด เมื่อเข้าสู่ยุคดิจิทัลเขาก็ยังเข้าว่า Digital (media) Marketing คือการทำการตลาด แท้จริงแล้วสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมาเป็นเพียงบางส่วนของการตลาด

โดย สุชาติ กิติเฉลิมเกียรติ

ใน Quantum Marketing ได้กำหนดพันธกิจของนักการตลาดไว้ 4 ประการ คือ

1. การสร้างแบรนด์ แบรนด์เป็นการสร้างความแตกต่างและการรับรู้คุณค่า เป็นข้อได้เปรียบในการแข่งขัน การสร้างแบรนด์ให้ยิ่งใหญ่สำคัญมากต่อสภาวะของบริษัททั้งระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว นักการตลาดคือผู้ดูแลปกป้องแบรนด์และจำเป็นต้องสร้างแบรนด์เพื่ออนาคต

2. การดูแลชื่อเสียง เวลามีโพสต์ใน Social Media อาจส่งผลในการสร้างสรรค์หรือไม่ก็เป็นการทำลายแบรนด์ นักการตลาดจำเป็นต้องมีแผนการปกป้องแบรนด์และรักษาชื่อเสียงของตนไว้ไม่ให้ความไว้วางใจของผู้บริโภคสั่นคลอน ซึ่งเป็นงานหลักของนักการตลาดควอนตัมในการบริหารจัดการแบรนด์

3. การขับเคลื่อนการเติบโตของธุรกิจ หน้าที่รับผิดชอบสำคัญของการตลาด คือต้องช่วยขับเคลื่อนการเติบโตของบริษัทให้มีกำไร องค์กรส่วนใหญ่ไม่ได้ขับเคลื่อนด้วยการตลาด การสร้างแบรนด์ให้ยิ่งใหญ่ จะไม่มีประโยชน์อะไรเลยถ้าหากว่าการตลาดไม่ช่วยขับเคลื่อนการเติบโตของธุรกิจและสร้างผลกำไร

4. การสร้างแพลตฟอร์มต่างๆ เพื่อสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันที่ยั่งยืน การสร้างความได้เปรียบทางการแข่งขันที่ยั่งยืนด้วยแพลตฟอร์มต่างๆ รวมถึงหุ้นส่วนธุรกิจ ทรัพย์สินทางปัญญา เป็นบทบาทหน้าที่ที่สำคัญ และมีความหมายอย่างมากของนักการตลาดควอนตัม นักการตลาดสร้างแพลตฟอร์มจากการใช้ประโยชน์ของทรัพย์สิน ทรัพย์สินทางปัญญา เครื่องมือการตลาดต่างๆ เพื่อสร้างความแตกต่างของแบรนด์ และการรักษาความแตกต่างนั้นไว้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน รวมทั้งการพัฒนาผลิตภัณฑ์หรือบริการเพื่อแก้ปัญหาให้กับลูกค้า

บริษัทจำเป็นต้องมีนักการตลาดที่มีส่วนผสมที่ดีและเหมาะสมทั้งประเภทนักการตลาดยุคคลาสสิก นักการตลาดยุคใหม่ นักการตลาดเชิงผลประกอบการ และนวัตกรที่มีจิตวิญญาณของนักการตลาด คนเหล่านี้ต้องได้รับการบ่มเพาะ และฝึกฝนความถนัดข้ามประเภท เพื่อให้เกิดทั้งการตลาดเชิงคุณภาพ การตลาดเชิงปริมาณ การตลาดเชิงผลประกอบการ การบริหารจัดการกระบวนการทางการตลาด หรือนวัตกรรมที่ใช้ในการตลาด

นักการตลาดควอนตัมต้องเป็นผู้จัดการทั่วไปที่มีความชำนาญรอบด้าน ต้องมีความเข้าใจเรื่องข้อมูล เทคโนโลยีดิจิทัล การเงินของบริษัท กลไกขับเคลื่อนการเติบโต และต้องมีความรู้ลึกรู้จริงด้านการตลาด มีจิตวิญญาณของผู้บริหารธุรกิจ ต้องสร้างแรงดลใจให้ทีมคิดใหญ่ และคิดนอกกรอบ ชี้แนะแนวทางให้กับทีมงานได้เมื่อจำเป็น

การเปลี่ยนแปลงเชิงควอนตัมครั้งใหญ่ใกล้จะมาถึงแล้ว นักการตลาดจำเป็นต้องเปิดใจให้กว้าง และตามทันเทคโนโลยี ต้องทำความเข้าใจเทคโนโลยี และการประยุกต์การใช้งานได้อย่างช่ำชอง ถ้าไม่เตรียมตัวให้ดี คลื่นการแข่งขันและพลังการตลาดที่ถาโถมเข้ามาอาจทำให้งานการตลาดและบริษัทล้มได้

จุดมุ่งหมายของข้อเขียนนี้ผมต้องการกระตุ้นให้ SME’s ได้ตระหนักว่าเทคโนโลยี และข้อมูลมีความสำคัญต่อธุรกิจมากขึ้นเรื่อยๆ สิ่งที่ต้องการคือให้ผู้ประกอบการรู้ว่ามีความจำเป็นที่ต้องศึกษาเทคโนโลยีเพิ่มขึ้น และนำมาใช้เท่าที่เหมาะสมกับกิจการของตนในเวลานี้ บางหัวข้ออาจดูลึกซึ้ง ซับซ้อน หรือยังไกลตัวเกินกว่าธุรกิจของเราในขณะนี้ แต่อย่างไรมันต้องมาในเร็ววันนี้อย่างแน่นอน ได้มีเตรียมการล่วงหน้าหรือยัง

Line ID : 062 949 4156 | E-mail : kitichart@gmail.com

9 Soft Skills ที่คนทำงานยุคนี้ต้องมี ถ้าอยากโดดเด่นเข้าตาองค์กร

ปัจจุบันแค่มีทักษะที่เกี่ยวข้องกับสายงานโดยตรงยังไม่พอ เพราะบริษัทต่างๆ ยังมองไปถึง "Soft Skills" ของพนักงานด้วย ซึ่ง Soft Skills ก็คือทักษะที่ค่อยๆ พัฒนาจากการใช้ชีวิต การเข้าสังคม และการทำงาน ซึ่งเป็นทักษะที่เอาไปปรับใช้ได้กับทุกสายงาน แล้วมี Soft Skills อะไรบ้างที่ทำให้เรากลายเป็นพนักงานที่โดดเด่นเข้าตาองค์กร

1. การบริหารเวลา (Time Management)

เรื่องการบริหารเวลาเราต้องวางแผน ควบคุม กำหนดระยะเวลา และจัดลำดับความสำคัญของงานให้ชัดเจน รวมถึงควบคุมตัวเองให้มีวินัยจนทำตามแผนที่วางไว้ได้ ลองเริ่มจากลิสต์งานที่อยู่ในความรับผิดชอบของเราทั้งหมด ดูว่าแต่ละงานมีเดดไลน์เมื่อไหร่ อาจจะเขียนลง Post It แปะไว้ให้เห็นชัดๆ หรือว่าเขียนลงปฏิทินไว้เลยก็ได้ จากนั้นก็วางแผนเป็นภาพรวมว่างานไหนสำคัญและต้องรีบทำให้เสร็จก่อน แล้วในแต่ละวันที่มาทำงานก็ตั้งเป้าเอาไว้ด้วยว่าวันนี้จะทำอะไรบ้าง และพยายามทำตามให้ได้มากที่สุด

2. การเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life-Long Learning)

การก้าวกระโดดของเทคโนโลยีทำให้เกิดนวัตกรรม ทำให้วิธีการทำงานเปลี่ยนแปลงไป การมีความรู้ในสาขาวิชาเดียวไม่เพียงพอ เราจึงต้องเตรียมพร้อมและเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา เพื่อเอาความรู้ที่หลากหลายมาประยุกต์ใช้ร่วมกันและหาแนวทางใหม่ๆ ในการทำงาน

นอกจากนั้นความสามารถอ่านจับใจความสำคัญ สรุปประเด็น และเชื่อมโยงข้อมูลความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน รวมทั้งวิเคราะห์ความเหมือนและความแตกต่างจากสิ่งที่เรียนรู้มาได้ด้วย ซึ่งทักษะนี้จะช่วยให้การทำงานมีประสิทธิภาพและเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้

3. ความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional Intelligence)

ไม่ว่าจะเป็นพนักงานบริษัท หรือ Freelance จำเป็นต้องติดต่อสื่อสารหรือประสานงานกับคนอื่นทั้งนั้น Emotional Intelligence จึงสำคัญและส่งผลอย่างมากต่อการทำงาน เพราะคนที่มีความฉลาดทางอารมณ์ คือคนที่มีความสามารถสังเกต ทำความเข้าใจ จัดการและแสดงออกทางอารมณ์ของตัวเองได้อย่างดี รวมถึงสังเกตและทำความเข้าใจอารมณ์ของคนอื่นด้วย ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถควบคุมอารมณ์ และแสดงออกได้อย่างเหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ รวมไปถึงการบริหารจัดการกับความเครียดที่จะส่งผลต่อการสร้างสรรค์ผลงานให้ออกมาได้อย่างมีคุณภาพ เช่น เมื่อมีปัญหาในการทำงานและรู้สึกไม่พอใจ เราก็จะไม่รีบไม่เหวี่ยงวีน แต่จะพยายามทำความเข้าใจเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น วิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อหาทางแก้ไขปัญหา มากกว่าจะระเบิดอารมณ์ออกไปจนกลายเป็นเพิ่มปัญหากับเพื่อนร่วมงานเข้าไปอีก

4. ความสามารถในการปรับตัว (Adaptability)

ในยุคที่ความรู้ ข่าวสารไม่หยุดนิ่ง และเปลี่ยนแปลงทำให้ต้องเรียนรู้และปรับตัวตลอดเวลา เราจึงต้องมีทักษะในการปรับตัวและมีความยืดหยุ่นทางความคิด เพื่อที่จะสามารถรับมือกับความเปลี่ยนแปลง และพลิกแพลงหาวิธีที่เหมาะสมกับสถานการณ์หรือเหตุการณ์ต่างๆ ได้

ยกตัวอย่างคือเวลาที่เราได้รับมอบหมายให้ทำโปรเจกต์ใหม่ที่ไม่คาดคิดและเราไม่มีความรู้ในเรื่องนั้น บางคนอาจเลือกที่จะปฏิเสธ ไม่มีความรู้ ไม่ถนัด ขอไม่รับงานนี้ แต่ถ้าเรามีทักษะเรื่องการปรับตัวและมีความยืดหยุ่นทางความคิด เราจะลองศึกษาหาความรู้ดูก่อน แล้วเอาความรู้ที่เรามีมาปรับใช้กับความรู้ใหม่ๆ ที่เราศึกษามาสร้างสรรค์งานร่วมกัน หรือถ้าทำงานเป็นทีมที่แต่ละคนมีแนวความคิด หรือวิธีทำงานที่แตกต่างกันไป เราจะไม่ยึดติดว่าความคิดหรือวิธีของเราดีที่สุด แต่เราจะศึกษาหาข้อดี ข้อเสีย จุดแข็ง และจุดอ่อนของแต่ละความคิด แต่ละวิธีการนำมาปรับใช้ด้วยกันได้

5. การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration)

การทำงานร่วมกับคนที่หลากหลาย ทั้งในแง่ของสายงาน ช่วงวัย หรือรูปแบบการทำงาน องค์กรจึงต้องการคนที่มีทักษะในการทำงานร่วมกับคนอื่น เพื่อสร้างสรรค์ผลงานที่มีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นการทำงานร่วมกันภายในทีมตัวเอง หรือการทำงานร่วมกับคนอื่น ทักษะในการบริหารคน จึงไม่ได้จำกัดอยู่แค่คนทำงานระดับหัวหน้าอีกต่อไป แต่จำเป็นสำหรับคนทำงานในทุกระดับ ลองคิดถึงเวลาที่เรามีโปรเจกต์ และต้องขอความช่วยเหลือจากคนอื่น เราก็จะต้องรู้ว่าคนไหนเหมาะที่จะให้เราปรึกษาเรื่องอะไร หรือใครคือคนที่จะช่วยเราได้ แล้วเราจะใช้วิธีไหนในการทำงานร่วมกับเขา รวมไปถึงรู้ว่าเวลาไหนที่เราควรจะนำ หรือเวลาไหนที่เราควรถอยเมื่อต้องทำงานเป็นทีม

6. การสื่อสาร (Communication)

การทำงานต้องมีการติดต่อสื่อสารกัน ซึ่งการสื่อสารที่ถูกต้องตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพจะช่วยให้เกิดความร่วมมือและการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทำให้การทำงานเป็นไปอย่างราบรื่น โดยเราต้องรู้ว่าเรื่องที่ต้องการจะสื่อสารนั้นใจความสำคัญคืออะไร ใครเป็นผู้รับสาร ควรใช้วิธีและภาษาแบบไหนในการสื่อสาร เช่น ถ้าเราเป็น HR ต้องประกาศให้พนักงานทั้งบริษัทร่วมกันใส่เสื้อที่มีโลโก้บริษัทในวันครบรอบการก่อตั้ง เราอาจจะส่งอีเมลถึงพนักงานทุกคน โดยใช้ภาษาที่ทำให้พวกเขารู้สึกว่ากำลังถูกขอความร่วมมือ ทำให้มีความรู้สึกภูมิใจอยากจะเป็นส่วนหนึ่งในการเฉลิมฉลองบริษัท ไม่ใช่ถูกสั่งให้ทำ นอกจากนั้นยังรวมไปถึงทักษะการประสานงาน และการเจรจาต่อรองอย่างไร เพื่อให้สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และมีทางออกแบบ Win-Win Situation หรือสถานการณ์ที่ได้ประโยชน์ทั้ง 2 ฝ่าย

7. การแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อน (Complex Problem Solving)

ยุคนี้แค่ทักษะการแก้ไขปัญหาธรรมดาๆ ไม่พอ ต้องเป็นการแก้ไขปัญหาที่มีความซับซ้อนและหลากหลายมากขึ้น ซึ่งอาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์กรแบบรอบด้าน ทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างไปจากอดีต การแก้ปัญหาหนึ่งจุดอาจจะส่งผลกระทบต่อเนื่องเป็นลูกโซ่ เกิดปัญหาอื่นตามมา การหาวิธีแก้ไขปัญหาในการทำงานจึงต้องคิดอย่างรอบครอบ มองปัญหาหลายๆ ด้าน และต้องหาวิธีแก้ไขปัญหาหลายๆ แบบ เช่น กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ที่เมื่อก่อนจะเป็นการใช้แรงงานคนทำงานกับเครื่องจักร ตอนนี้กระบวนการผลิตเริ่มนำระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้อัลกอริทึ่มต่างๆ ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร ผสมผสานกับระบบเครือข่าย หรือระบบ Cyber มากขึ้น องค์กรจึงต้องอาศัยคนที่มองเห็นและแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนเหล่านั้นได้ โดยทักษะนี้ต้องอาศัยหลายทักษะย่อย เริ่มจากเมื่อเรารู้แล้วว่ามีปัญหาเกิดขึ้นเราก็ต้องเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ เพื่อระบุปัญหาและความต้องการว่าอยากจะให้ผลลัพธ์ออกมาเป็นแบบไหน แล้วหาวิธีที่จะแก้ปัญหา ซึ่งอาจต้องแยกปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยก่อน แล้วแก้ไปทีละจุด โดยประเมินว่าวิธีที่คิดนี้ได้ผลลัพธ์ออกมาประมาณไหน จากนั้นก็ต้องติดตามผลการแก้ไขปัญหา

8. การคิดเชิงวิเคราะห์และเลือกตัดสินใจ (Critical Thinking and Decision-making)

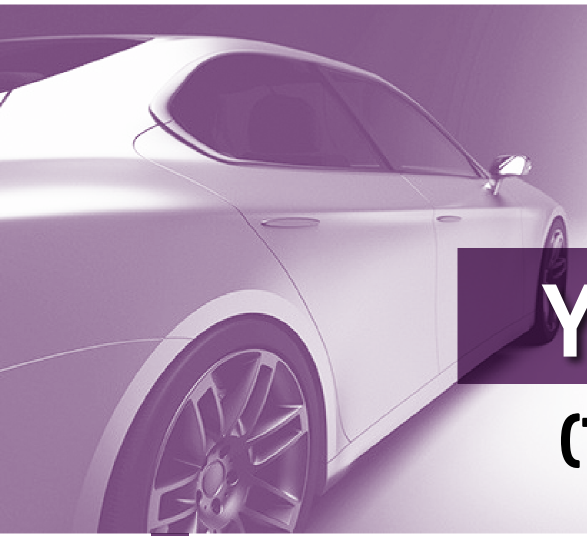
โลกที่เต็มไปด้วยข้อมูลมหาศาล หรือ Big Data แบบทุกวันนี้ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ตีความ จะช่วยให้เราย่อยข้อมูลจำนวนมากได้ จนทำให้สามารถรู้ลึกถึงเบื้องหลังของข้อมูลที่ได้มา แล้วตัดสินใจได้ถูกต้องแม่นยำ ถึงแม้ว่า AI จะเริ่มถูกนำมาใช้ในการทำงานมากขึ้นในหลายส่วน รวมไปถึงการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ Big Data ที่ทำได้แม่นยำและเร็วกว่ามนุษย์ แต่ AI ก็ยังทำได้แค่วิเคราะห์ข้อเท็จจริงและความน่าจะเป็น ซึ่งทั้งหมดที่ AI ทำได้ก็เกิดจากการป้อนข้อมูลของมนุษย์ และยังไม่มีความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์มากเท่ามนุษย์อยู่ดี นอกจากนั้นในโลกที่สิ่งต่างๆ รวมถึงผู้คนเต็มไปด้วยความซับซ้อน และปัญหามีหลายแง่มุม แค่ข้อเท็จจริงและความน่าจะเป็นมันไม่พอ ยังต้องอาศัยความเข้าใจบริบทของปัญหา และความเหมาะสมของวิธีการต่างๆ ในแต่ละสถานการณ์ เพื่อให้ตัดสินใจ และแก้ไขปัญหาได้อย่างดีด้วย ซึ่งเรื่องพวกนี้ AI ยังสู้มนุษย์อย่างเราไม่ได้

9. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)

ความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นทักษะที่มีคุณค่ามากที่สุดเลยก็ว่าได้ เพราะไม่มีหลักสูตรตายตัวในการเรียนการสอน ซึ่งการที่เราจะมีความคิดสร้างสรรค์ได้นั้น เราต้องช่างสังเกต อยากรู้อยากเห็น และเปิดใจกว้าง รวมถึงเสพข้อมูลต่างๆ อย่างหลากหลาย มีไหวพริบที่จะแก้ไขปัญหา หรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ที่พูดถึงนี้ไม่ใช่แค่การสร้างสรรค์งานศิลปะเท่านั้น แต่ยังหมายถึงการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์หรือบริการ ที่จะช่วยแก้ปัญหาให้ลูกค้าบริษัทต่างๆ จึงต้องการคนที่มีทักษะนี้มาร่วมงาน เพราะพวกเขาจะสามารถหยิบเทคโนโลยี หรือความรู้ใหม่ๆ มาพลิกแพลง ต่อยอด และสร้างสรรค์ไอเดียดีๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์หรือบริการของบริษัทนั้นแปลกใหม่ โดดเด่น และน่าสนใจได้

เราจะเห็นว่าในโลกของการทำงาน Soft Skills นั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่า Hard Skills ถ้าคนทำงานอย่างเราสามารถเรียนรู้และนำไปปรับใช้ให้เหมาะกับตัวเองได้ ก็จะส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นแน่นอน

ที่มา : ขอขอบคุณ Jobthai
ภาพ : www.freepik.com

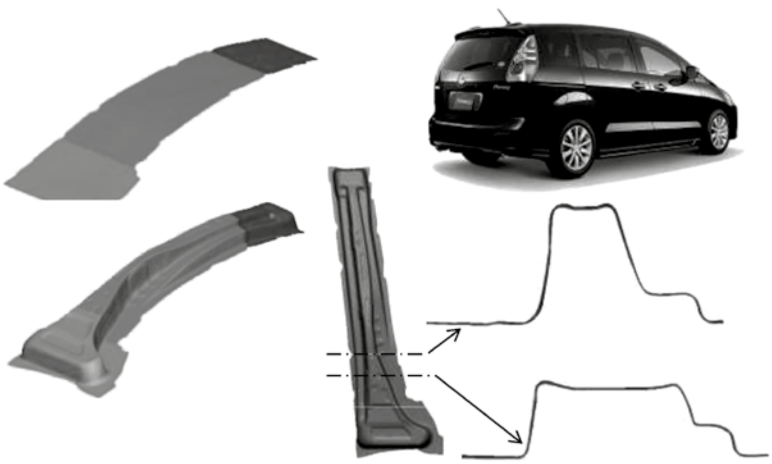


Knowing of the Yoshida-Uemori model

ทำความรู้จักกับ Yoshida-Uemori โมเดล (The Y-U model)

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์
คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วังไกลกังวล

ในบทความฉบับนี้ผู้เขียนมีความตั้งใจนำเสนอถึงประวัติและที่มาของ The Y-U model ที่นิยมใช้ในการทำนายผลของการดีดตัวกลับ (Springback) กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยเฉพาะถูกนำไปใช้ในการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ทั่วโลกดังรูปที่ 1 โดยจะกล่าวถึงประวัติของผู้ที่สร้างโมเดล ซึ่งหลายท่านอาจจะยังไม่รู้จักผู้คิดค้นว่าคือใคร และมีความเป็นมาในการคิดค้นอย่างไรดังนั้นในบทความนี้ผู้เขียนจึงถือโอกาสเล่าเรื่องความเป็นมาของ The Y-U model และกล่าวถึงประวัติของ Prof.Dr. Fusahito Yoshida และ Assoc.Dr. Takeshi Uemori ซึ่งเป็นอาจารย์ของผู้เขียนเองในมุมมองที่แตกต่างไปจากที่หลายๆ ท่านได้รับทราบ ทั้งนี้การเขียนชื่อของอาจารย์ทั้งสองท่านผมเลือกที่จะใช้ภาษาอังกฤษ เพื่อป้องกันความผิดพลาดของการสะกดคำในภาษาไทยครับ



รูปที่ 1 : การใช้ The Y-U model จำลองขึ้นรูป B-pillar ของ MAZDA 2005 model
ที่มา : Power point ของ Prof.Dr. Fusahito Yoshida

อาจารย์ Yoshida ในวัยเด็ก
รูปถ่ายจากงานเกษียณอายุ ในปี 2015

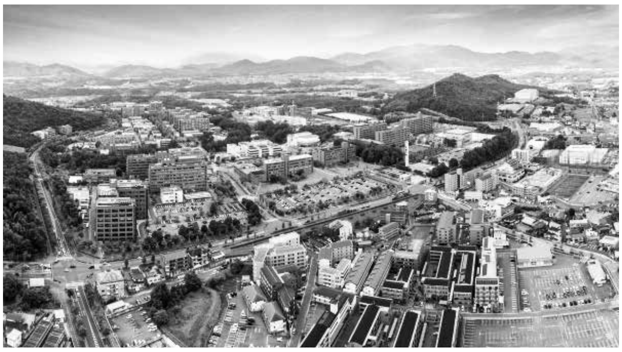
รูปที่ 2 : อาจารย์ Yoshida

Prof.Dr. Fusahito Yoshida เกิดวันที่ 25 (วันคริสต์มาส) ธันวาคม 1949 ที่เมือง Tateyama ในหมู่บ้านชาวประมงในจังหวัด Chiba ประเทศญี่ปุ่น (รุ่นน้องของผมเอาวันเกิด + เดือนเกิดของอาจารย์ Yoshida ตั้งเป็นรหัส

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์

เข้าห้องทำงาน ทุกคนเลยจำได้ ท่านใดจะเอาวันเกิดและเดือนเกิดของเจ้านายไปตั้งเป็นรหัสบ้างก็ได้นะครับ เจ้านายปลื้มแน่นอน!!)

ในเดือนมีนาคม 1972 อาจารย์ Yoshida จบการศึกษาระดับปริญญาตรี Department of Mechanical and Physical Engineering ที่สถาบัน Tokyo Institute of Technology (TIT) ภายหลังจากจบการศึกษาหนึ่งเดือนได้รับตำแหน่ง Assistance Professor ทำงานวิจัยในหัวข้อ Plasticity ภายใต้ Professor Eiryo Shiratori และ Professor Kozo Ikegami ที่สถาบัน Tokyo Institute of Technology จากนั้นได้รับปริญญาเอกจาก Tokyo Institute of Technology ในปี 1980



รูปที่ 3 : Hiroshima University ในปี 2023

จากโตเกียวสู่ฮิโรชิมา

ในปี 2014 ผมมีโอกาสได้นำเสนองานวิจัยในการประชุมวิชาการ (JSTP) ที่เมือง Okayama เมื่อเสร็จงานเราทั้งคู่ก็ต้องนั่งชินคังเซนกลับฮิโรชิมา แต่ในวันนั้นเกิดมีพายุทำให้ชินคังเซนหยุดวิ่งเป็นช่วงๆ เราจึงมีเวลานั่งอยู่ในสถานีนานกว่าทุกครั้งหรือเรียกว่าเสียเวลาก็ว่าได้ เราจึงมีเวลาคุยเรื่องสัพเพเหระกัน ผมจำได้ดีว่าเราพูดคุยกันหลายเรื่องจนกระทั่งวนมาถึงเรื่องการย้ายจากโตเกียวมาทำงานที่ฮิโรชิมา ซึ่งผมเองคิดว่าคงจะเป็นเรื่องลำบาก เนื่องจาก 30 กว่าปีที่แล้วอาจารย์เองมีครอบครัวอยู่ที่โตเกียว การย้ายมาไกลถึงฮิโรชิมาคงไม่สะดวกสบายนัก เพราะ Campus ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ Hiroshima University ไม่ได้อยู่ในเมือง แต่อยู่ที่ Higashi Hiroshima นั่งรถไฟ JR 37 นาที แล้วนั่งรถบัสต่อไปอีก 15 นาที มหาวิทยาลัยตั้งอยู่บนภูเขาค่อนข้างไกล ผมจึงถามว่า "อาจารย์ใช้เวลาตัดสินใจนานไหมครับกับการย้ายมาทำงานในที่ห่างไกล" อาจารย์ยิ้ม "5 นาที" นั่นคือคำตอบ!!! อาจารย์เล่าว่าปรึกษากับภรรยาแล้วว่าต้องการมาทำงานที่ Hiroshima University เนื่องจากสามารถมีความก้าวหน้าในหน้าที่การงาน *(ในมหาวิทยาลัยญี่ปุ่น 1 ห้องแล็บมี Professor ได้คนเดียว ถ้าอยากเป็น Professor ต้องไปอยู่ที่ใหม่หรือสร้างแล็บใหม่ขึ้นมา)* สมัยนั้นชินคังเซนก็มีแล้วการเดินทางคงไม่ลำบาก เมื่อเป็นเช่นนี้อาจารย์จึงได้ตัดสินใจอย่างรวดเร็วที่สุดที่จะย้ายครอบครัวมาที่ Hiroshima University ในปี 1980 ในตำแหน่ง Associate Professor

ก้าวเข้าสู่ศาสตราจารย์ที่ Hiroshima University

อาจารย์ Yoshida ทำวิจัยหลายด้านทั้ง Manufacturing และ Modeling จนได้รับตำแหน่งศาสตราจารย์ที่ Hiroshima University ในปี 1980 และงานที่ประสบความสำเร็จมีชื่อเสียงที่สุดคือการสร้าง The Yoshida-Uemori model (Y-U model) ที่ใช้ในการทำนายพฤติกรรมการดีดตัวกลับซึ่งเผยแพร่ในปี 2002 และจากเวบไซต์ของ Scopus ได้แสดงถึงจำนวนงานวิจัยของอาจารย์ Yoshida มากถึง 269 เรื่อง และได้รับการนำไปใช้อ้างอิงถึง 3,146 ครั้ง *(อ้างอิงจาก https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7102630034)* ปัจจุบันอาจารย์ Yoshida เกษียณอายุและรับตำแหน่ง Emeritus professor ที่ Hiroshima University นอกจากนี้อาจารย์ Yoshida ยังเป็น CEO ของ CEM Inst Co. Ltd. (Computational and Experimental Mechanics) ซึ่ง CEM นั้นเป็นบริษัท ที่ดำเนินการโดยอาจารย์ Yoshida เป็นหลัก และร่วมกับเพื่อนที่เกษียณอายุแล้วอีกหนึ่งท่าน ผมเองเคยไปเยือนหลายครั้ง ซึ่งใน CEM มีเครื่องทดสอบแรงดึง คอมพิวเตอร์ และอุปกรณ์สำหรับทำงานวิจัยอีกมากมาย

รูปที่ 4 : เมื่อเดือนมีนาคม 2561

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์

อาจารย์ Yoshida กับตัวผมนั้นมีความผูกพันธ์กันในฐานะศิษย์-อาจารย์ ท่านเป็นคนฉลาดมาก ใจดีสุดๆ วางตัวได้ดีมากทุกสถานการณ์ ทุกครั้งที่ผมไปร่วมงานประชุมวิชาการในญี่ปุ่นเมื่ออาจารย์ Yoshida ขึ้นบรรยายผู้ฟังจะแน่นจนล้นห้อง (ยืนจนไม่มีที่จะยืน) ผมทั้งตกใจและภูมิใจ ที่มีผู้ฟังมากเหลือเกิน ในเวลาพักหรืองานเลี้ยงช่วงเย็นอาจารย์ Yoshida จะเดินถือของกินเดินไปมาคอยตอบคำถามคนที่มาฟัง เรียกว่าผลัดกันเข้ามาถามจนจบงาน สุดท้ายอาจารย์ Yoshida ต้องแอบไปกินหลังม่าน ผมเห็นก็ยังอดหัวเราะไม่ได้ ระหว่างที่เดินกลับไปด้วยกันผมถามว่า "เป็นแบบนี้ทุกทีเหรอครับ" ท่านก็ยิ้มตอบว่า "แบบนี้ทุกครั้งแหละนะแต่ก็สนุก" หลังจากผมจบการศึกษาท่านก็เคยมาเยี่ยมผมที่หัวหิน Campus ก็คงมาดูว่าลูกศิษย์มีสภาพความเป็นอยู่อย่างไรบ้าง

Associate professor Takeshi uemori

อาจารย์ Uemori เป็นหนึ่งในผู้สร้าง Y-U model ในปี 2002 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ที่ Applied Solid Mechanics Laboratory, Okayama University ผมกับอาจารย์ Uemori ถือเป็นลูกศิษย์ของอาจารย์ Yoshida ทั้งคู่ ในครั้งแรกที่ผมได้ยินเกี่ยวกับ Y-U model ผมเองก็คิดว่าทั้งคู่เป็นเพื่อนร่วมงานกัน แท้จริงแล้วอาจารย์ Uemori คือลูกศิษย์คนนึงของอาจารย์ Yoshida ระหว่างที่ผมเรียนในปี 2012-2015 ผมพบกับอาจารย์ Uemori บ่อยๆ ในฐานะรุ่นพี่กลับมาช่วยสอนรุ่นน้องและทำงานวิจัยร่วมกัน นักศึกษาปริญญาโทของอาจารย์ Yoshida หลายคนก็ได้อาจารย์ Uemori เป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ บุคลิกของอาจารย์ Uemori นั้นเป็นคนใจดีมาก ยิ้มง่าย พูดช้าและขี้เกรงใจอยู่ตลอดเวลา รุ่นน้องผมหลายคนพูดบ่อยๆ ว่าอาจารย์ Uemori เป็นครูที่ดีมากสอนทุกรายละเอียด อาจารย์ Uemori นั้นศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยตัวเอง และด้วยความเชี่ยวชาญส่วนนี้จึงเป็นผู้เขียน Subroutines ของ Y-U model ในช่วงแรกๆ ของการพัฒนา

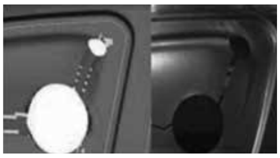
อาจารย์ Uemori จบการศึกษาระดับปริญญาตรี-โท และเอก ที่ Hiroshima University จากนั้นรับตำแหน่ง Assistance professor ที่ Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering ที่ Kindai University ซึ่งเป็น

รูปที่ 5 : อาจารย์ Uemori
ที่มา : https://www.mech.okayama-u.ac.jp/en/labo/labo_2.html

มหาวิทยาลัยเอกชน และในปี 2014 ย้ายมารับตำแหน่งรองศาสตราจารย์ที่ Applied Solid Mechanics Laboratory, Okayama University จนถึงปัจจุบัน

The Yoshida-Uemori model ในอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะแผ่น

จากการที่อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ได้หันมาใช้เหล็กกล้าที่มีความแข็งแรงมากขึ้นเพื่อเสริมความปลอดภัยให้กับโครงสร้าง จากยุคก่อนที่ใช้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 590 MPa และ780 MPa ขณะที่ปัจจุบันโครงสร้างหรือชิ้นส่วนบางชิ้นมีความแข็งแรงสูงถึง 1.5 GPa สิ่งที่เป็นปัญหามากในการขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงคือ การดีดตัวกลับ (Springback) รอยย่น (Wrinkle) การแตกร้าว (Cracking)



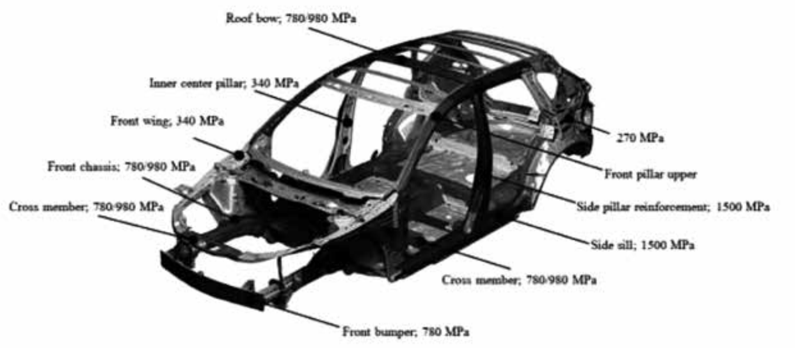
การแตกร้าว (Cracking)

รอยย่น (Wrinkle)

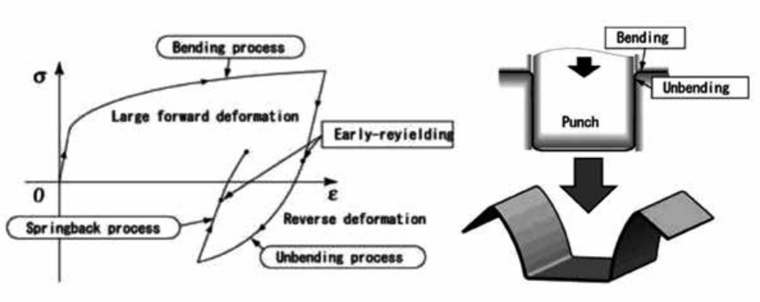
การดีดตัวกลับ (Springback)

รูปที่ 6 : ปัญหาในการขึ้นรูปเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง
ที่มา : https://www.esi.com.au/software/pamstamp-features/springback-hss/

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



รูปที่ 7 : การประยุกต์ใช้เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงบนโครงสร้างรถยนต์



รูปที่ 8 : ความสัมพันธ์ของความเค้น-ความเครียดในระหว่างการดัดและการดีดตัวกลับบนชิ้นงาน
ที่มา : https://www.esi.com.au/software/pamstamp-features/springback-khm/

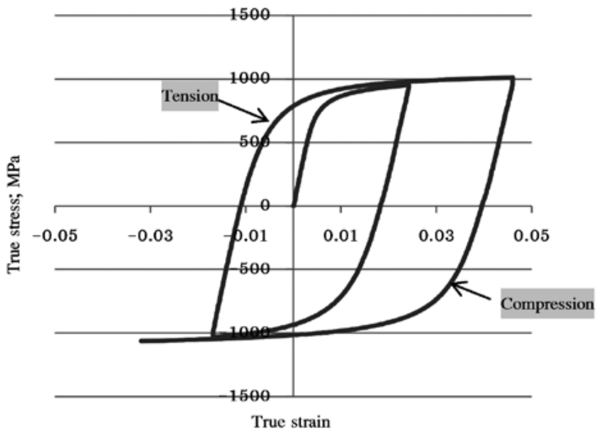
และเนื่องจากเหล็กกล้าทั่วไปสามารถประเมินสมบัติของค่า Young's modulus ได้ใกล้เคียงกับพฤติกรรมจริง แต่เหล็กที่มีความแข็งแรงมากขึ้นและความหนาลดลงส่งผลให้สมบัติทางกลบางค่าเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นการทำนายการดีดตัวกลับจึงต้องพัฒนาให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด การพัฒนาโมเดลที่ใช้ทำนายการดีดตัวกลับของวัสดุจึงเป็นสิ่งใหม่ที่จำเป็นสำหรับอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ด้วยเหตุนี้ The Y-U model จึงให้ความสำคัญกับการทดสอบหาค่า Young's modulus และการตรวจจับอิทธิพลของ Bauschinger effect ที่เกิดขึ้นในระหว่างการขึ้นรูป เนื่องจากขณะขึ้นรูปแผ่นชิ้นงานจะถูกกระทำด้วยความเค้นดึงและความเค้นอัด ในการคำนวณของ The Y-U model จึงใช้การทดสอบวัสดุแบบ Cyclic testing เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับสภาวะการขึ้นรูปจริงมากที่สุด

การทดสอบดึง-อัด (Cyclic testing) ในรูปที่ 9 สำหรับใช้ในการทำนายการเกิดการดีดตัวกลับนั้นเป็นหัวใจสำคัญสำหรับ The Y-U model เนื่องจากรูปร่างชิ้นงานในอุตสาหกรรมมีความซับซ้อนมาก และในขณะที่แผ่นโลหะถูกเปลี่ยนรูปด้วยแม่พิมพ์แผ่นชิ้นงานจะถูกกระทำด้วยความเค้นดึง-ความเค้นอัด ดังนั้นการทดสอบสมบัติทางกลแบบดึง-อัดสลับกันไปมาจึงสัมพันธ์ใกล้เคียงกับการขึ้นรูปจริง และนี่คือสาเหตุที่ The Y-U model สามารถทำนายพฤติกรรมของชิ้นงานภายหลังการขึ้นรูปได้อย่างแม่นยำ

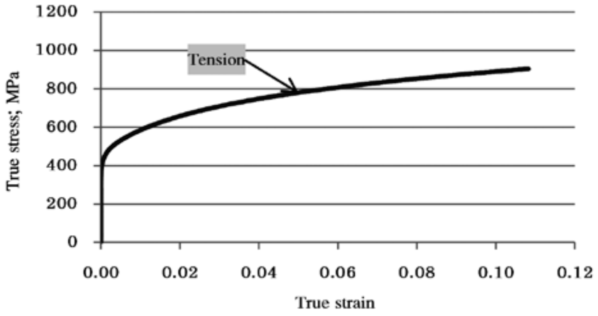
ในขณะที่การคำนวณด้วยหลักการของ Isotropic hardening Model ที่ใช้เพียงค่า Stress coefficient; K และ Strain hardening exponent; n โดยอาศัยแค่ผลการดึงแกนเดี่ยวดังรูปที่ 10 ซึ่งเป็นการทดสอบสมบัติทางกลที่ง่ายและไม่ซับซ้อน แต่พบว่าผลของการจำลองการขึ้นรูปนั้นห่างไกลจากความเป็นจริงค่อนข้างมาก (เนื่องจาก Isotropic hardening Model ไม่พิจารณา Bauschinger effect) เมื่อพิจารณากลับไปที่สภาวะการขึ้นรูปจริงจะพบว่าในขณะที่แผ่นชิ้นงานถูกเปลี่ยนรูปนั้น พบทั้งความเค้นดึง-ความเค้นอัดและมีความซับซ้อน ดังนั้นการใช้ผลของการทดสอบแรงดึงแกนเดี่ยวที่พิจารณาแค่ความเค้นดึงเพียงอย่างเดียวนั้น ไม่สามารถตอบสนองกับลักษณะงานในปัจจุบันได้เพียงพอ

แม้ว่าการทดสอบสมบัติทางกลดึง-อัด นั้นจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะการขึ้นรูปจริงแต่ก็มีความซับซ้อนและยุ่งยากเป็นอย่างมาก ที่จะติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานทดสอบทำให้ไม่แพร่หลายในอุตสาหกรรมในประเทศไทยนัก จึงเป็นอุปสรรคที่ส่งผลไปยังความนิยมที่ต้องการจะใช้ The Y-U model ตามไปด้วย จากประสบการณ์ของผมเองนั้นการทำนายผลการขึ้นรูปโดยอาศัยแค่ผลของความเค้นดึงเพียงอย่างเดียวนั้น ก็สามารถทำได้เช่นกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานนั้นๆ ว่ามีความซับซ้อนมากเพียงใดและชนิดของวัสดุว่าเป็นเหล็กกล้าเกรดใด มีความหนาเท่าใด หากชิ้นงานเป็น

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



รูปที่ 9 : True stress-strain จากการทดสอบดึง-อัด เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 780 MPa



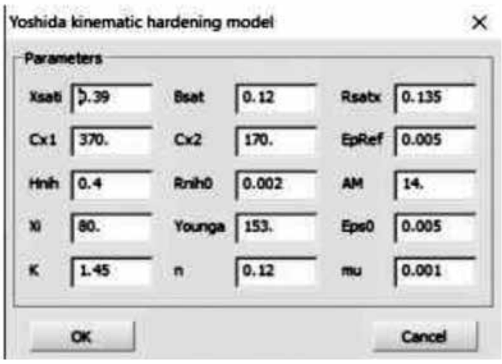
รูปที่ 10 : True stress-strain ของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 780 MPa

เหล็กกล้าที่ไม่มีความแข็งแรงสูงมากและรูปร่างไม่ซับซ้อน The Y-U model อาจจะไม่จำเป็นสำหรับการคำนวณก็เป็นได้

ผลจากการงานวิจัยที่ได้ตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติหลายฉบับทำให้ The Y-U model ถูกนำมาใช้งานบนซอฟต์แวร์สัญชาติฝรั่งเศส PAM-STAMP ในปี 2006 ทำให้วงการอุตสาหกรรมขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์ได้ใช้กันอย่างแพร่หลาย และผลการยอมรับจากทั่วโลกว่าการทำนายผลของการดีดตัวกลับที่แม่นยำของ The Y-U model ส่งผลให้ในปัจจุบัน The Y-U model ถูกนำไปบรรจุอยู่ในหลายๆ ซอฟต์แวร์ เช่น J-Stamp, LS-dyna, AutoForm ซึ่ง The Y-U model มีความสามารถการทำนายการดีดตัวกลับไม่เพียงแค่กับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเท่านั้น ยังสามารถใช้กับอะลูมิเนียม แมกนิเซียม และโลหะอย่างอื่นได้อีกด้วย ทั้งนี้ความแม่นยำขึ้นอยู่กับผลการทดสอบดึง-อัดของวัสดุนั้นๆ

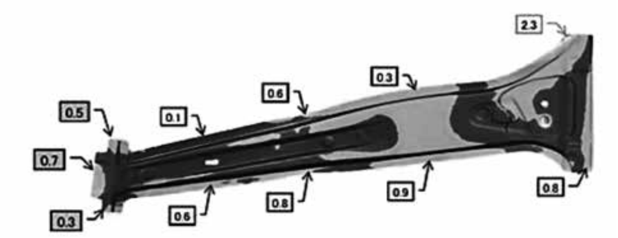
ตัวอย่างของ Material parameters ของ The Yoshida-Uemori model ใน PAM-STAMP

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วก่อนหน้าว่าผลความแม่นยำจากการคำนวณด้วย The Y-U model นั้น จำเป็นต้องใช้ True stress-True strain จากการทดสอบดึง-อัด (รูปที่ 9) จากนั้นจึงนำผลของการทดสอบสมบัติทางกลมาคำนวณหา Material parameters ให้ได้ดังรูปที่ 11 เพื่อนำไปใส่ในซอฟต์แวร์ต่างๆ จึงจะสามารถทำนายการดีดตัวกลับได้อย่างแม่นยำ ในรูปที่ 12 แสดงการใช้ The Y-U model คำนวณชิ้นส่วน B-Pillar พบว่าผลการสแกนรูปร่างของชิ้นงานจริงกับผลการคำนวณให้ความแม่นยำถึง 95.8% (ระยะความเผื่อที่ ± 1 mm)ในขณะที่ Isotropic hardening Model (IH Model ใช้เพียงค่า K และ n ในการคำนวณ) ให้ความแม่นยำเพียง 52.3% แม้ว่าการใช้ The Y-U model จะให้ผลการคำนวณที่แม่นยำแต่ปัญหาหลักๆ คือการทดสอบสมบัติทางกลแบบดึง-อัด ที่มีความซับซ้อนมากรวมไปถึงการคำนวณเพื่อหา Material parameters ซึ่งมีหลายค่าทำให้ค่อนข้างยุ่งยากในการใช้งาน

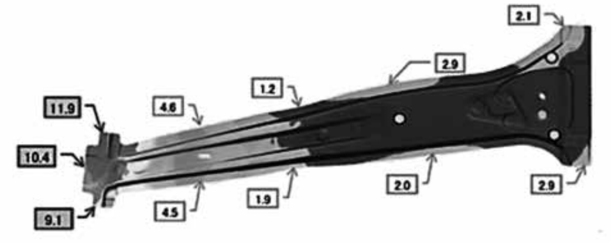


รูปที่ 11 : The Y-U parameters สำหรับซอฟต์แวร์ PAM-STAMP

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



B-Pillar คำนวณด้วย The Y-U model ความแม่นยำ 95.8% (±1 mm)



B-Pillar คำนวณด้วย Isotropic hardening Model
ความแม่นยำ 52.3% (±1 mm)

รูปที่ 12 : การเปรียบเทียบผลการคำนวณชิ้นส่วน B-Pillar ด้วย Isotropic hardening Model กับ The Y-U model บนซอฟต์แวร์ PAM-STAMP
ที่มา : https://www.esi.com.au/software/pamstamp-features/springback-khm/

จะหา Material parameters ของ The Yoshida-Uemori model ได้อย่างไร?

แม้ว่า The Y-U model นั้นจะให้ผลการคำนวณการดีดตัวกลับได้ใกล้เคียงกับชิ้นงานจริง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานเนื่องจาก Material parameters ที่ต้องนำไปใส่ในซอฟต์แวร์หลายค่าซึ่งทุกค่าส่งผลต่อความแม่นยำของการคำนวณ ทำให้ผู้ใช้งานเข้าถึงได้ยาก ปัญหานี้อาจารย์ Yoshida เองก็ทราบเรื่องนี้ดี จึงได้สร้างซอฟต์แวร์ที่ช่วยในการคำนวณหา Material parameters นั่นคือซอฟต์แวร์ MatPara ดังรูปที่ 12 ทำให้สามารถกำหนด Material parameters สำหรับ The Y-U model ได้อย่างง่ายดาย

สำหรับซอฟต์แวร์ MatPara นั้น ถูกสร้างขึ้นโดยอาจารย์ Yoshida ภายใต้บริษัท CEM Inst Co. Ltd. (Computational and Experimental Mechanics) ซึ่ง CEM เป็นบริษัทที่มีความร่วมมือระหว่างภาคอุตสาหกรรมและภาควิชาการของมหาวิทยาลัยฮิโรชิม่า รูปที่ 14 อาคาร VBL Office ตั้งอยู่ด้านหน้าของมหาวิทยาลัยฮิโรชิม่า (Gate 8 เป็นเส้นทางที่โมมิจิสวยที่สุด)

รูปที่ 13 : ซอฟต์แวร์ MatPara
ที่มา : www.cem-inst.com

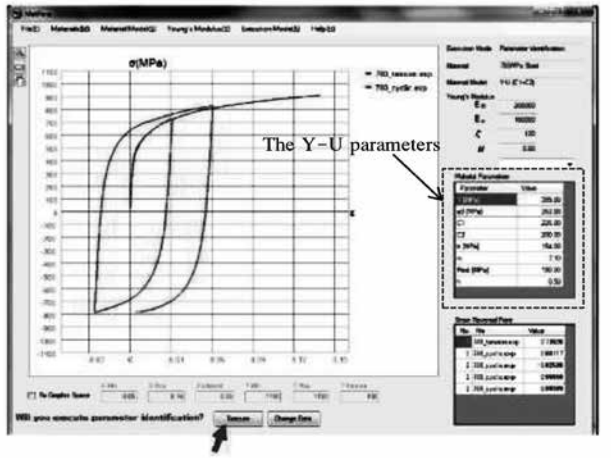
広島大学産学連携センター—VBL-Office

รูปที่ 14 : อาคาร VBL Office
ที่มา : www.cem-inst.com

ซึ่งความสามารถของซอฟต์แวร์ MatPara นั้นไม่เพียงแค่คำนวณ Material parameters สำหรับ The Y-U model ได้ แต่ยังสามารถคำนวณ Material parameters สำหรับโมเดลประเภทอื่นได้อีกด้วยเช่น Swift, Armstrong-Frederick ซึ่งหลักการใช้งานนั้นผมขอสรุปสั้นๆ ดังนี้

1. ทำการทดสอบแรงดึงแบบแกนเดี่ยว (Uniaxial) หรือแบบดึง-อัด (Cyclic)
2. สร้าง True stress-strain โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ
3. นำไฟล์ข้อมูลใส่เข้าไปในซอฟต์แวร์ MatPara
4. เลือก Material parameters ตามที่เราต้องการเช่น The Y-U model, Swift, Armstrong-Frederick
5. Run

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



รูปที่ 15 : ผลคำนวณหา Material parameters ด้วย MatPara

** ผลที่ได้จากการนำ True stress-strain ไปคำนวณหา Material parameters แสดงในรูปที่ 15 เมื่อได้ค่าเป็นที่เรียบร้อยจึงนำไปใช้ร่วมกับ PAM-STAMP, J-Stamp, LS-dyna, AutoForm ได้ตามความต้องการ **

ข้อเสนอแนะ

ผลการคำนวณ Material parameters ไม่ว่าจะเป็น Y-U model, Swift, Armstrong-Frederick, Power law, Krupkowsky law ล้วนแต่ถูกคำนวณจาก True stress-strain ดังนั้นการใช้ Engineering stress-strain จะทำให้ผลการคำนวณคลาดเคลื่อนไปอย่างมาก ยิ่งไปกว่านั้น พื้นฐานการคำนวณหาค่า True stress-strain จากการทดสอบสมบัติทางกลก็ต้องระมัดระวังตลอดเวลา

บทส่งท้าย

การประยุกต์ใช้ The Y-U model อาจจะเป็นเรื่องค่อนข้างยุ่งยากในการคำนวณหาค่า Material parameters แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้แล้วก็ถือว่าคุ้มค่า อุปสรรคที่พบในการใช้งานที่พบกลับไม่ใช่เรื่องของความยุ่งยากในการทดสอบ แต่หากว่าเป็นเรื่องของการหาวัสดุมาทดสอบ เนื่องจากหลายครั้งการผลิตแม่พิมพ์ถูกสร้างขึ้นมาก่อนที่วัสดุชิ้นงานจะมาถึงมือทำให้ในขั้นตอนของ Die design ต้องสร้างจากประสบการณ์หรือการประมาณค่าความแข็งแรงของชิ้นงานนั่นจะทำให้ต้องแก้แม่พิมพ์หลายครั้งทำให้สูญเสียทั้งเวลาและงบประมาณ ดังนั้นการแสวงหาวัสดุชิ้นงานจึงเป็นเรื่องสำคัญหากว่าได้วัสดุชิ้นงานอยู่ในมือแล้วจึงไม่ใช้เรื่องยากที่จะทดสอบสมบัติทางกล+คำนวณหา Material parameters

สุดท้ายนี้หากท่านใดประสงค์ที่จะทดลองใช้ The Y-U model สามารถติดต่อเข้ามาได้ที่สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (ผ่านคุณจารุณี) หรือคุณชาคริตจาก ESI Group ได้ที่อีเมล cak@esi-group.com ทั้งสองท่านจะส่งผ่านข้อมูลมายังผมเพื่อการทดสอบวัสดุหรือแชร์ Material parameters ครับ ผมจะยินดีมากหากว่าผมสามารถให้คำปรึกษาท่านเกี่ยวกับการใช้งาน The Y-U model ซึ่งถือว่าได้เป็นการตอบแทนพระคุณของอาจารย์ Yoshida ได้เป็นอย่างดีครับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ESI group ที่ให้การสนับสนุนโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ PAM-STAMP V.2020

UPCOMING
EVENTS

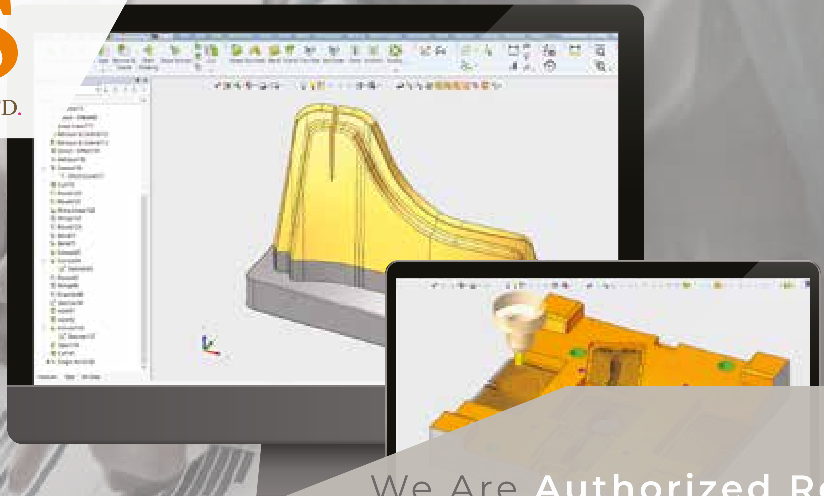
ปฏิทินงานแสดงสินค้า ปี พ.ศ. 2565 (2022)

งานแสดงสินค้าในประเทศ		
16-19 พฤศจิกายน 2565		
METALEX 2022	ศูนย์นิทรรศการและการประชุม ไบเทค บางนา (BITEC, Bangkok)	www.metalex.co.th

งานแสดงสินค้าต่างประเทศ		
6 - 9 July 2022		
INTERMOLD Nagoya 2022	Portmesse Nagoya	www.intermold.jp
19 - 26 October 2022		
K 2022	Messe Düsseldorf GmbH, Messeplatz, Stockumer Kirchstrasse 61, 40474 Düsseldorf, Germany	www.k-online.com
26 – 28 October 2022		
International Metal Technology Indonesia	Jakarta International Expo, Indonesia	www.imt-indonesia.com
8 - 13 November 2022		
JIMTOF 2022	Tokyo International Exhibition Center (Tokyo Big Sight)	www.jimtof.org

MBS 1994

MYGROWTECH BEST SERVICE CO., LTD.



We Are **Authorized Reseller** for

CAD CAM CAE SOFTWARE

with **28 Years** Experienced.

ABOUT
OUR PRODUCTS

CIMATRON

ซอฟต์แวร์ CAD/CAM
สำหรับนักออกแบบแม่พิมพ์
โมลด์, ดายน์ ครบจบในตัวเดียว

GIBBSCAM

CAM ซอฟต์แวร์สำหรับ
เขียนโปรแกรมควบคุม
เครื่อง CNC ทุกชนิด

HEXAGON MANUFACTURING INTELLIGENCE | FTI FORMING TECHNOLOGIES

ซอฟแวร์วิเคราะห์ความสามารถ
ในการขึ้นรูปและประมาณราคา
ต้นทุนการผลิตชิ้นงานปั๊มโลหะ

ZWCAD

ซอฟต์แวร์เขียนแบบ 2D
ที่ดีที่สุดทดแทน ACAD
ได้อย่างดี

ABOUT
OUR COMPANY

บริษัท มายโกรว์เทค เบสท์ เซอร์วิส จำกัด

ก่อตั้งขึ้นจากผู้บริหารที่มีประสบการณ์จริงในการทำงานด้าน CAD/CAM มากว่า 28 ปี โดยได้เริ่มดูแลรับผิดชอบโปรแกรม CIMATRON ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 จนถึงปัจจุบัน นับเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการให้บริการ CIMATRON ยาวนานมากที่สุดในประเทศไทย

บริษัท มายโกรว์เทค เบสท์ เซอร์วิส จำกัด มีนโยบายที่เกิดขึ้นจากผู้บริหารที่ทำงานด้าน SERVICE มาก่อน จึงเข้าใจถึงปัญหาต่าง ๆ ของลูกค้าเป็นอย่างดี และได้ให้นโยบายต่อพนักงานทุกคนให้เข้าถึงคำว่า **"SERVICE"** จึงทำให้ลูกค้ามั่นใจว่า **"เราคือผู้ที่เข้าใจ และแก้ปัญหางานให้ลูกค้าได้จริง"** รวมถึงให้ลูกค้าได้ใช้โปรแกรมที่มีเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดในราคาที่เหมาะสม

CONTACT US

WEBSITE : www.mbs.co.th
www.cimatronthai.com

TEL : 02-990-9859
095-294-1635

FACEBOOK

LINE@

บริการแบบ Door-to-Door ครบวงจร ด้วยความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมพื้นผิว มาตรฐานสากล

บริการที่ทันสมัย ตอบสนอง ในทุกกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ ของคุณ ด้วยรูปแบบดิจิตัล

- รับ-ส่ง ด้วยพนักงานโลจิสติกของเราเอง
- ติดตาม สถานะการบริการแบบ เรียลไทม์ door-to-door
- พนักงานขาย และแผนกบริการลูกค้าแบบ ดิจิตัล

Metal Forming
แม่พิมพ์ขึ้นรูปเหล็ก
เจาะ ปั๊มเหล็ก

Plastic Processcing
แม่พิมพ์พลาสติก ฉีด
ขึ้นรูปพลาสติก

Die Casting
แม่พิมพ์ดาย คลาสติ้ง

Cutting Tools
ปรับคืนสภาพเครื่องมือตัด

บริษัท เออร์ลิคอน บัลเซอร์ส โค้ทติ้ง (ไทยแลนด์) จำกัด
นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ ชลบุรี เฟส 4 700/538 หมู่ 6 ต. ดอนหัวฬ่อ อ. เมืองชลบุรี ชลบุรี
T. 038-454-201-4 E. info.balzers.th@oerlikon.com www.oerlikon.com/balzers/th

oerlikon balzers

Defining the Art of Precision Mold Making

F8 | F9

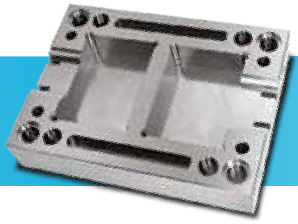
3-Axis Vertical Machine

- Higher Accuracy
- Superior Surface
- Shorter Cycle time

Center Console
Size : 1,240 x 340 x 270 mm

Door Panel

Engine Cover



Mold Base

Makino (Thailand) Co Ltd

+66 (0)2 017-0123

www.makino.com.sg

1555 Pattanakarn Road, Suanluang
Suanluang, Bangkok, 10250

Follow Us

Learn More About Us

MAKINO
Promise of Performance

TGSS | บริษัท ทีจี สเปเชียล สตีล จำกัด
TG SPECIAL STEEL CO., LTD.

บริษัท ทีจี สเปเชียล สตีล จำกัด เป็นบริษัทในเครือของ TG (Tiangong International Company Limited) ผู้ผลิตเหล็กกล้าความเร็วสูง (High Speed Steel) อันดับหนึ่ง และเหล็กกล้าเครื่องมือ (Tool Steel) อันดับสองของโลกในปี 2019 ซึ่งมีสำนักงานขายอยู่ทั่วโลก
เอเชีย : ไทย, เกาหลีใต้, ไต้หวัน, อินเดีย / อเมริกาเหนือ, กลาง : สหรัฐฯ, แคนาดา, เม็กซิโก / ยุโรป : สาธารณรัฐเช็ก,อิตาลี,รัสเซีย,ตรุกี

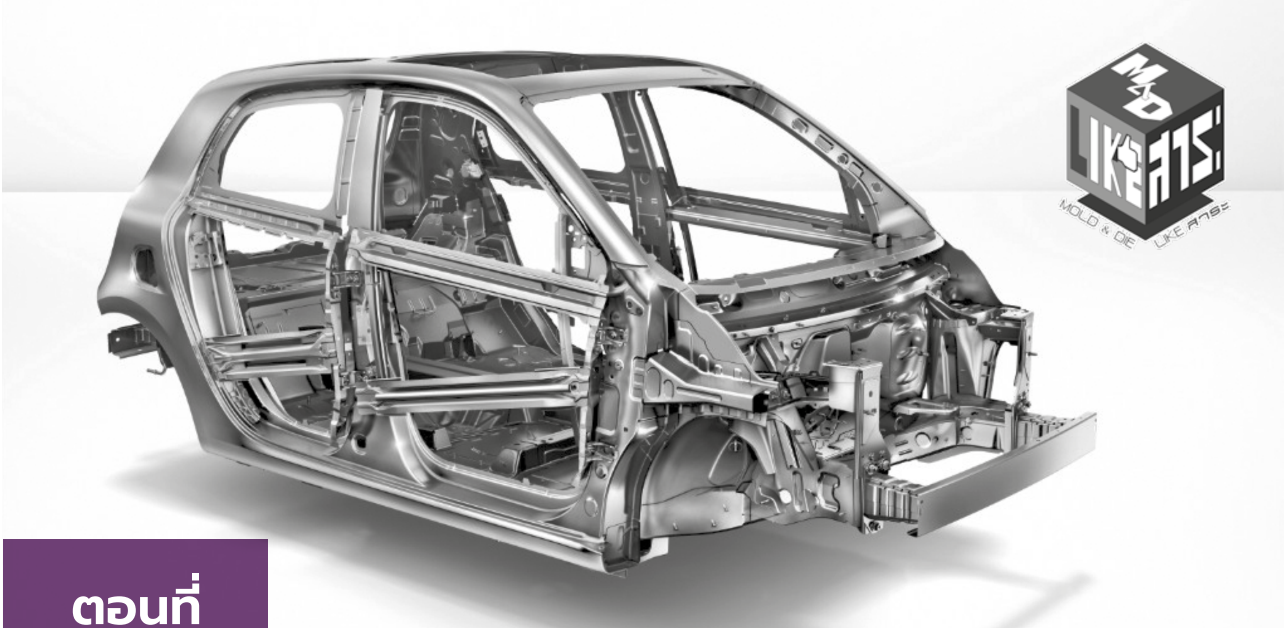
TGSS - TG Special Steel Company Limited an affiliated company of TG (Tiangong International Company Limited) a 2019 number one global producer in HSS and number two in Tool Steel Our global sales office
Asia : Thailand, South Korea, Taiwan, India / North and Central America : USA, Canada, Mexico / Europe : Czech Republic, Italy, Russia, Turkey

สามารถผลิต Hot / Cold Work Tool Steel และ High Speed Steel ด้วยเทคโนโลยี Spray Ingot Material and Powder Material

PRODUCER OF HOT / COLD WORK TOOL STEEL AND HIGH SPEED STEEL WITH NEW TECHNOLOGY OF SPRAY INGOT MATERIAL AND POWDER MATERIAL

TG (Tiangong International Company Limited) has a full production equipment including electric arc furnace, finery, intermediate frequency furnace, electroslag remelting furnace, HSS conticaster, quick foring, 300 350 400 550 650 rolling mill complex, continuous rolling, cold rolling, cold drawing, continuous annealing furnace, vacuum annealing furnace, coal gas producer, electrical annealing furnace, stepping furnace, rolling blank induction heating equipment, which is in the leading place in China or even in the world.

02 116 9454
www.tgspecialsteel.com
2070 หมู่ 1 ต.สำโรงเหนือ อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10270
www.facebook.com/ทีจี จำหน่ายเหล็กกล้าเกรดพิเศษ



ตอนที่ 1 AHSS : เหล็กกล้าสำหรับยนตรกรรมสมัยใหม่

โดย : อาจารย์คันธพจน์ ศรีสถิตย์ กลุ่มวิจัยคาทิพ (C^{3}ATIP) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

สวัสดีครับพี่น้องสมาชิกของสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยทุกท่าน ผมได้รับแจ้งจากท่านบรรณาธิการของวารสารแม่พิมพ์ว่า ในปี 2565 นี้จะมีการปรับเปลี่ยนวาระของการออกวารสารจากเดิม 4 ฉบับต่อปีเป็น 2 ฉบับต่อปี ก่อนหน้านั้นผมก็เขียนต้นฉบับของคอลัมน์ "MOLD & DIE LIKE สาระ" ฝากไว้ให้กับทางสมาคมฯ ไว้ตั้งแต่เนิ่นๆ รวมกันก็หลายตอนมาก ถ้าจำไม่ผิดน่าจะถึง 2 ปีกันเลยทีเดียว จนบัดนี้สต๊อกของบทความหมดแล้ว และได้รับแจ้งจากท่านบรรณาธิการว่า ให้ผมเริ่มเขียนบทความส่งทางสมาคมฯ อีกครั้งได้แล้ว แต่กระนั้นผมก็ยังงงๆ อยู่ว่าวารสารราย 2 ฉบับต่อปีนั้น มันเริ่มต้นที่มกราคม หรือมิถุนายนกันแน่ ถ้าผมเข้าใจผิด ก็อาจจะมีคอลัมน์ประจำของผมหายไปหนึ่งฉบับสำหรับปีนี้กระมังครับ

ผมพยายามนึกอยู่ว่าในฉบับนี้จะเขียนบทความเรื่องอะไรกันดี จนกระทั่งเวลาล่วงเลยมาได้สักระยะ ผมสังเกตเห็นเทรนด์ของรถยนต์สมัยใหม่ เริ่มเข้าสู่โหมดของรถไฟฟ้า (Electric Vehicle) หรือที่เราๆ อาจจะเรียกกันติดปากว่า EV กันนั่นแหละครับ คนที่ชื่นชอบนวัตกรรมสมัยใหม่ทุกวันนี้ หายใจเข้าออกก็คงเป็น EV กันเป็นแน่แท้ เทรนด์ที่พยายามแจ้งเกิดในแบบไฮบริด (Hybrid) ก่อนหน้านี้ก็เริ่มเหี่ยวเฉาลง เสมือนคลื่นลูกเก่าก็ย่อมถูกกลืนด้วยคลื่นลูกใหม่เป็นธรรมดา ผมก็เลยคิดว่าบทความในฉบับนี้คงจะต้องเป็นอะไรสักอย่างที่เกี่ยวเนื่องสัมพันธ์กับเรื่องของ EV ครับ เกริ่นมานาน ขอเข้าเรื่องที่มีสาระตามแบบฉบับของคนชอบไลค์สาระกันดีกว่านะครับ ในฉบับนี้ผมจะให้ข้อมูลเกี่ยวกับเหล็กกล้าสำหรับยนตรกรรมสมัยใหม่ครับ หลายท่านอาจจะเคยได้ยินเหล็กกล้าที่ชื่อ AHSS กันมาบ้าง หรือบางท่านอาจจะเพิ่งเคยได้ยิน เรามาลองทำความรู้จักกับเจ้าเหล็กกล้าตัวนี้กันดูนะครับ

โลกของเราเปลี่ยนไปมาก แต่เดิมเราใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิลกันมานานมากครับ ไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน (ดังรูปที่ 1) แน่นอนว่ามันมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอยู่พอสมควร เช่น ในไอเสียของรถยนต์จะมีการปล่อยก๊าซที่ไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมหลายตัว อาทิ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) รวมทั้งสารพิษตัวอื่นๆ อีกหลายตัว จนองค์กรระดับโลกหลายฝ่ายเริ่มตระหนักและแสดงความวิตกกังวลกัน จึงพยายามเปลี่ยนรูปแบบ

ของการใช้เชื้อเพลิงจากฟอสซิล มาเป็นพลังงานที่สะอาดขึ้น และรูปแบบของพลังงานสะอาดที่ว่าและผู้คนทั้งโลกเข้าถึงง่ายที่สุดก็คงหนีไม่พ้น "พลังงานไฟฟ้า" ดังนั้นจึงเริ่มมีเทรนด์ที่จะปรับเปลี่ยนจากรถยนต์ที่ใช้ดีเซลและเบนซิน มาเป็นรถยนต์ EV ด้วยประการฉะนี้

หลายท่านอาจจะเริ่มงงว่า แล้วเจ้า EV มันเกี่ยวข้องอะไรกับเหล็กกล้า AHSS ที่ผมจั่วหัวไว้ให้ล่ะ ลองมาตอบคำถามต่อไปนี้ครับ

1. ท่านขับรถแล้วอยากให้เกิดอุบัติเหตุหรือไม่ (ทุกท่านคงตอบว่า ไม่อยากให้เกิดสิ)
2. ถ้าเกิดอุบัติเหตุแล้ว ท่านอยากปลอดภัยหรือไม่ (ทุกท่านคงตอบว่า อยากปลอดภัยสิ)
3. ถ้าอยากปลอดภัยแล้ว ตัวรถจะต้องแข็งแรงหรือไม่ (ทุกท่านคงตอบว่า ต้องแข็งแรงสิ)
4. ท่านขับรถแล้วท่านอยากให้รถของท่านประหยัดเชื้อเพลิงหรือไม่ (ทุกท่านคงตอบว่า อยากให้ประหยัดสิ)
5. ถ้าอยากประหยัดแล้ว ตัวรถจะต้องน้ำหนักเบาหรือไม่ (ทุกท่านคงตอบว่า ต้องน้ำหนักเบาสิ)
6. เมื่อท่านอยากได้ตัวรถที่แข็งแรง ท่านคิดว่ารถจะมีน้ำหนักเป็นอย่างไร (ทุกท่านคงตอบว่า ก็ต้องหนักขึ้นสิ)
7. เมื่อท่านอยากได้ตัวรถที่น้ำหนักเบาลง ท่านคิดว่ารถจะมีความแข็งแรงเป็นอย่างไร (ทุกท่านคงตอบว่า ก็ไม่แข็งแรงสิ)

สังเกตคำตอบในข้อ 6 กับข้อ 7 สิครับ มันย้อนแย้งกัน ถ้าอยากให้รถแข็งแรง รถอาจจะต้องมีน้ำหนักมาก ถ้ารถมีน้ำหนักมาก ก็สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงมาก หรือไม่ประหยัดนั่นเอง ภาษาอังกฤษเรียกว่า เทรดออฟ (Trade off) ตรงกับสำนวนไทยว่า ได้อย่างเสียอย่าง หรือเมื่อท่านอยากได้สิ่งหนึ่ง ก็ต้องยอมละทิ้งอีกสิ่งหนึ่งไป เป็นการยากที่จะได้ทั้งสองสิ่ง

ความจริงแล้ว การจะออกแบบและสร้างรถยนต์ขึ้นมาคันหนึ่ง คงไม่ได้พิจารณาเพียงเรื่องความแข็งแรงและการประหยัดพลังงานเท่านั้น แต่มีปัจจัยอื่นๆ อีกมากมายที่ใช้เป็นประเด็นในการออกแบบ ทั้งนี้จะต้องตอบสนองต่อทั้งความต้องการของผู้ใช้งานและความเป็นไปได้หรือข้อจำกัดในการผลิตด้วย ซึ่งพี่น้องทุกท่านอยู่ในวงการคงทราบกันดี

การออกแบบยนตรกรรมสมัยใหม่อย่าง EV จะพยายามตอบโจทย์ให้ได้ทั้งสองประเด็นที่ย้อนแย้งกันให้ได้ นั่นคือ วัสดุใดที่ทำให้รถยนต์มีความแข็งแรงแต่มีน้ำหนักเบา ซึ่งวัสดุแบบเดิมที่เราๆ ท่านๆ คุ้นเคยกันนั้นไม่ใช่คำตอบสำหรับโจทย์นี้ จึงเป็นเหตุผลของการศึกษาวิจัยอย่างหนัก เพื่อพัฒนาเหล็กกล้าตัวใหม่ตัวหนึ่งที่มีชื่อว่า **AHSS (Advanced High-Strength Steels)** ขอสารภาพว่าผมไม่ทราบเหมือนกันว่ามีการบัญญัติศัพท์สำหรับวัสดุชนิดนี้ไว้แล้วหรือไม่ แต่ผมขออนุญาตแปลเป็นไทยว่า **"เหล็กกล้าความต้านทานแรงสูงขั้นสูงหรือเหล็กกล้าความต้านทานแรงสูงชนิดพิเศษ"** ไว้ในโอกาสต่อไปจะสืบค้นมาให้ท่านผู้อ่านทราบนะครับ

เมื่อรถยนต์เกิดการชนกันขึ้น นักออกแบบจำเป็นต้องยอมให้รถมีการดูดซับพลังงานไว้บางส่วน เป็นการเปลี่ยนรูปของพลังงานจลน์ไปทำให้ส่วนหน้าหรือส่วนท้ายของรถที่มีการชนนั้น เกิดการยุบตัวและเสียหาย เพื่อลดระดับความรุนแรงอันเนื่องจากพลังงานเข้าสู่ห้องโดยสาร ดังรูปที่ 2(a) ในขณะที่โครงรถยนต์ที่มีเสาค้ำยัน (Pillar) A/B/C/D ดังที่รูปที่ 2(b) ยังคงแข็งแรงและรักษาความปลอดภัยให้กับผู้โดยสารได้

(a) น้ำมัน

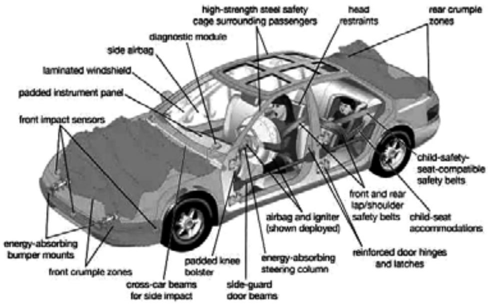
(b) ก๊าซธรรมชาติ

(c) ถ่านหิน

รูปที่ 1 : เชื้อเพลิงฟอสซิล

ในต่างประเทศมีการศึกษาวิจัยและพัฒนา AHSS มานานแล้วเกือบ 3 ทศวรรษ ในรูปที่ 3 บอกเป็นความสัมพันธ์ของความต้านทานแรง (Strength) และเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (Elongation) โดยจัดวางเหล็กกล้าที่มีการพัฒนาขึ้นในช่วงเวลาที่แตกต่างกันเป็นโซนหรือพื้นที่ และนิยมเรียกทับศัพท์ว่า บานาน่าเคิร์ฟ (Banana Curve) เนื่องจากมีลักษณะเป็นแถบโค้งคล้ายกับรูปทรงของผลกล้วยนั่นเอง จากรูปที่ 3 จะเห็นว่าเหล็กกล้า AHSS นั้นมีการพัฒนามาแล้วถึง 3 รุ่น (Generation) โดยตัวย่อของเหล็กกล้าชนิดต่างๆ ที่ปรากฏอยู่นั้นจะมีชื่อเรียกตามตารางที่ 1

- สำหรับ AHSS รุ่นที่ 1 มีโครงสร้างเป็นเฟส DP, TRIP, CP, MS และ PHS เหล็กกล้ารุ่นนี้สร้างขึ้นบนหลักคิดที่เน้นความปลอดภัยสูง จึงมุ่งไปที่การปรับโครงสร้างเหล็กให้มีความต้านทานแรงสูงมาก แต่ยืดตัวได้น้อยมากเช่นกัน จึงก่อให้เกิดอุปสรรคอย่างมากในกระบวนการผลิตไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการขึ้นรูป การตัดแต่งรูปทรงเพื่อลดน้ำหนักลง ทำให้เหล็กกล้ารุ่นนี้ไม่ได้รับความนิยมมากนัก



(a) การยุบตัวของส่วนหน้าหรือส่วนท้ายของรถยนต์

(b) เสาค้ำยันโครงรถ (A/B/C/D – Pillar)

รูปที่ 2 ส่วนสำคัญต่างๆ ของรถยนต์

ตารางที่ 1 ตัวย่อและชื่อเต็มของเหล็กกล้าแต่ละชนิด

ตัวย่อ	ชื่อเต็มของเหล็กกล้าแต่ละชนิด	ตัวย่อ	ชื่อเต็มของเหล็กกล้าแต่ละชนิด
IF	Interstitial Free	CFB	Carbide-Free Bainite
IF-HS	Interstitial Free - High Strength	TBF	TRIP-Aided Bainitic Ferrite
CMn	Carbon-Manganese	TR	Transformation Induced Plasticity (บางครั้งย่อเป็น TRIP)
BH	Bake Hardenable	QP	Quenching & Partitioning
LA	High Strength, Low Alloy (บางครั้งย่อเป็น HSLA)	TW	Twinning-Induced Plasticity (บางครั้งย่อเป็น TWIP)
		Med-Mn	Medium-Manganese (บางครั้งย่อเป็น MedMn)
DP	Dual Phase	RA	Retained Austenite (encompasses TRIP, QP, TW, MedMn, and others)
DH	Dual Phase - High Ductility		
CP	Complex Phase	MS	Martensitic
CH	Complex Phase - High Ductility	PQS	Press Quenched Steel
FB	Ferrite Bainite	PHS	Press Hardening Steel

• สำหรับ AHSS รุ่นที่ 2 มีโครงสร้างเป็นเฟส (TWIP) มีความต้านทานแรงสูง ในขณะเดียวกันก็สามารถยืดตัวได้มากด้วย เพื่อตัดข้อจำกัดที่พบในเหล็กกล้ารุ่นที่ 1 ทำให้มีโครงสร้างที่ซับซ้อน และจัดเป็นเหล็กกล้าผสมสูง ก่อให้เกิดปัญหาที่ท้าทายสำหรับการเชื่อมด้วยเทคนิคดั้งเดิม จำเป็นต้องศึกษาวิจัยเพิ่มเติมเพื่อให้สามารถทำกระบวนการเชื่อมที่สมบูรณ์ ซึ่งทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูงไปด้วย เหล็กกล้าชนิดนี้เริ่มจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ทั่วโลกแล้วประมาณปี 2020

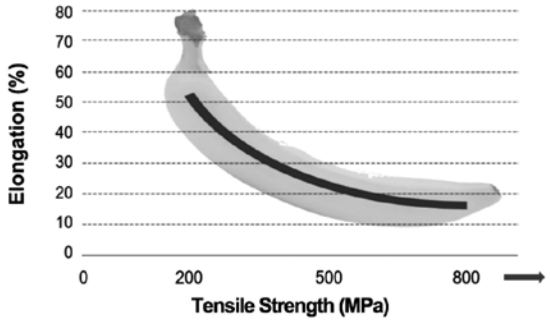
• สำหรับ AHSS รุ่นที่ 3 มีโครงสร้างเป็นแบบหลายเฟส ได้แก่ DH, CH, TBF, CFB แล QP เหล็กกล้ารุ่นนี้เป็นรุ่นที่สร้างขึ้นบนหลักคิดที่ว่า พยายามรักษาข้อเด่นแล้วกำจัดข้อด้อยของเหล็กกล้ารุ่นที่ 1 และ 2 จึงทำให้เหล็กกล้ารุ่นนี้เป็นลูกผสมของทั้งสองรุ่นก่อนหน้านั่นเอง ข้อเด่นของเหล็กกล้ารุ่นที่ 3 นี้คือ สามารถขึ้นรูปได้ง่ายและหลากหลายวิธีการมากยิ่งขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการดึง การเฉือน หรือการดัดงอ ทำให้เริ่มมีการนำเหล็กกล้ารุ่นนี้มาใช้ในเชิงพาณิชย์แล้วบางส่วน แต่โดยภาพรวมแล้วยังต้องมีการพัฒนาต่อไปอีกเรื่อยๆ ในห้องปฏิบัติการ ดังงานวิจัยหลายชิ้นจึงเรียกเหล็กกล้ารุ่นที่ 3 ที่กำลังอยู่ในช่วงพัฒนาต่อนี้ว่า เหล็กกล้ารุ่นที่ 3+ หรือ Gen 3+ โดยพยายามจะมีการเติมสัดส่วนของแมงกานีสให้มีค่าประมาณ 3 ถึง 12 เปอร์เซ็นต์ พร้อมกับมีการเติมธาตุบางอย่างลงไปด้วย เช่น ซิลิกอน อะลูมิเนียม และไมโครอัลลอย ซึ่งคาดว่าจะช่วยทำให้เฟสของออสเทนไนต์มีความเสถียรมากขึ้นที่อุณหภูมิห้อง และจะส่งผลให้ในระหว่างการปั๊มขึ้นรูปนั้น เหล็กกล้ามีความเหนียวมากยิ่งขึ้น (เรียกว่า TRIP Effect) แต่เทคนิคที่ว่านี้ยังเป็นเพียงความพยายามที่เกิดขึ้นในห้องวิจัยเท่านั้น และหากทำได้สำเร็จก็จะทำให้ได้เหล็กกล้า AHSS รุ่นที่ 3+ ที่พร้อมขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ในอนาคตได้

การจัดแบ่งระดับชั้น (Class) ของเหล็กกล้า AHSS

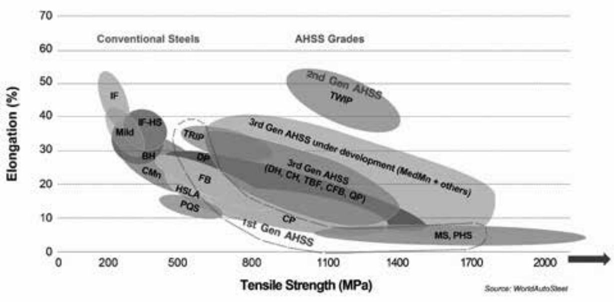
เหล็กกล้า AHSS มีวิธีการจัดแบ่งระดับชั้นหลายรูปแบบ หากใช้เกณฑ์ของค่าต่ำสุดของความต้านทานแรงดึง (Minimum UTS) จะได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจัดแบ่งระดับชั้นของเหล็กกล้า AHSS ด้วย Minimum UTS

Class	Minimum UTS Designation	
	MPa	kg / mm^2
440	440	45
590	590	60
780	780	80
980	980	100
1180	1180	120
1470	1470	150



(a) บานาน่าเคิร์ฟ (Banana Curve)



(b) AHSS ทั้งสามรุ่น

รูปที่ 3 โซนของการพัฒนา AHSS

ข้อมูลอื่นๆ ของเหล็กกล้า AHSS

ศูนย์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กไทย ได้ให้ข้อมูลว่ารถยนต์จาก Chevrolet, Kia และ Volkswagen กำลังใช้ AHSS สำหรับชิ้นส่วนบางรุ่น และมีการใช้เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในการสร้างยานพาหนะที่เบาขึ้น เพื่อความประหยัดน้ำมันมากขึ้น โดยไม่กระทบด้านความปลอดภัย ด้วยจุดแข็งที่ช่วยลดน้ำหนัก ทำให้เหล็กแผ่น AHSS ถูกใช้อย่างหลากหลาย ช่วยให้นักออกแบบออกแบบรูปร่างผิวโค้ง และไม่โต้ลมได้ดี ข้อดีอื่นๆ เช่น ซ่อมเชื่อมได้ รีไซเคิลได้ 100%

บริษัท Lucintel ได้เปิดเผยข้อมูลของการวิจัยตลาดออกมา ซึ่งสรุปว่า Chassis ที่ทำจากเหล็กกล้า AHSS จะมีน้ำหนักเบากว่าเหล็กปกติถึง 15% แต่ต้นทุนจะสูงกว่าเหล็กปกติ 35% ในขณะที่อะลูมิเนียมจะมีต้นทุนสูงกว่าเหล็กปกติ 2 เท่า และเมื่อใช้วัสดุเป็นพอลิเมอร์ที่มีการเสริมแรงด้วยเส้นใยคาร์บอน (Carbon Fibre Reinforced Polymer, CFRP) จะมีต้นทุนสูงกว่าเหล็กปกติถึง 8 เท่า นอกจากนี้ในกระบวนการผลิตเหล็กกล้า AHSS ยังปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์น้อยกว่ากระบวนการผลิตอะลูมิเนียม แมกนีเซียม และ CFRP ถึง 7-20 เท่าเลยทีเดียว ซึ่งนับว่าเหล็กกล้า AHSS นับเป็นวัสดุที่น่าจับตามอง เนื่องจากอยู่ในเทรนด์ของโลกยนตรกรรมสมัยใหม่ ที่ผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมยานยนต์ในประเทศไทยมิควรพลาดที่จะศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้สามารถอยู่ในตลาดที่มีการแข่งขันสูงยิ่งในปัจจุบันและอนาคต

สำหรับท่านผู้อ่านที่เพิ่งจะได้รับทราบข้อมูลเกี่ยวกับเหล็กกล้า AHSS ณ เวลานี้ผมเชื่อเหลือเกินว่า ท่านคงเริ่มเล็งเห็นประโยชน์และความมีอนาคตที่สดใสของเหล็กกล้า AHSS บ้างแล้วไม่มากก็น้อย และหากท่านจะเริ่มปรับประยุกต์กระบวนการผลิตใหม่ๆ เพื่อไว้รองรับกับเหล็กกล้าชนิดนี้ในกาลข้างหน้า ก็ถือว่ายังไม่สาย หรือหากท่านประเมินตัวเองและศักยภาพต่างๆ ประกอบกันแล้วยังไม่พร้อม ก็ถือว่ายังไม่เสียหายที่จะศึกษาและเรียนรู้ ผมเองในฐานะเป็นผู้ให้บริการวิชาการแก่สังคม ก็จะขันอาสาหาข้อมูลเกี่ยวกับเหล็กกล้า AHSS มาป้อนให้กับพี่น้องทุกท่านเพิ่มเติมในตอนต่อไปครับ

สำหรับฉบับนี้ผมขอจบเนื้อหาไว้เพียงเท่านี้ ก่อนจากกันขอฝากข้อคิดที่ผมเชื่อและปฏิบัติเสมอจากจากคำสอนของท่านศาสตราจารย์สังเวียน อินทรวิชัย ที่ว่า

**“สิ่งที่ถูกต้องคือถูกต้อง
แม้ไม่มีใครทำสิ่งนั้น
สิ่งที่ผิดคือผิด แม้ทุกคนทำสิ่งนั้น”**

แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

M&D

เอกสารอ้างอิง :

[1] WorldAutoSteel, 3rd Generation Steels. [Online Article]. Available from : <https://ahssinsights.org/ metallurgy/steel-grades/3rd-generation-steels/>. Accessed on 04 May 2022.

[2] WorldAutoSteel, Defining Steels. [Online Article]. Available from : <https://ahssinsights.org/metallurgy/defining-steels/>. Accessed on 05 May 2022.

[3] Hance, B., “Advanced High Strength Steel (AHSS) Performance Levels,” SAE Technical Paper 2018-01-0629, 2018, [doi:10.4271/2018-01-0629.]

7-8 เมษายน 2565

การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่อง
"เทคนิคการขัดเงาแม่พิมพ์"
ณ ห้องปฏิบัติการ Core ชั้น 1 (Shop A)
สถาบันไทย-เยอรมัน ศูนย์กรุงเทพฯ
(กล้วยน้ำไท)

วิทยากร :

1. ผศ.จิราพร ศรีประเสริฐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2. คุณเชาวลิต บุณยทรัพย์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท ซี.พี.โมลดิ้ง จำกัด

สนับสนุนโดย :

1. บริษัท เอส.เอ.เอฟ. สเปเชียล สตีล จำกัด (มหาชน)
2. บริษัท เกซซ์ไวน์สยาม จำกัด
3. บริษัท ที.เอ็ม.ซี. มาร์เก็ตติ้ง จำกัด

---

19 พฤษภาคม 2565

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "กระบวนการออกแบบเครื่องมือแพทย์"
บรรยายโดย : รศ.ดร.ณัฐพล จันทร์พาณิชย์ และอ.ประสิทธิชัย ณรงค์เลิศฤทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
สนับสนุนโดย : อินฟอร์มา มาร์เก็ตส์ ผู้จัดงานแสดงสินค้า INTERMACH

20
พฤษภาคม
2565

การประชุมใหญ่สามัญประจำปี 2564 สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
วันศุกร์ที่ 20 พฤษภาคม 2565 เวลา 13.30-16.00 น.
ห้อง MR 214-217 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค

โดย เชิดธวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

PART ตอนที่ 15

ซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ
Effective Plastic Injection Molding Simulation

Should know for Warpage Simulation : ข้อควรรู้เพื่อซิมูเลชั่น Warpage

ตอนก่อนหน้าเขียนถึงปัจจัยด้านการออกแบบชิ้นงานพลาสติกที่มีผลต่อการเกิด Warpage สาเหตุในแง่มุมต่างๆ ประกอบด้วย การออกแบบชิ้นงาน การออกแบบแม่พิมพ์ เงื่อนไขการตั้งค่ากระบวนการฉีด และคุณสมบัติของพลาสติกในตอนที่ 13 และการทำความเข้าใจผลลัพธ์ Warpage อย่างถูกต้อง ที่ประกอบด้วยเนื้อหาด้านเกณฑ์การออกแบบและเป้าหมายการออกแบบ วิธีการจำลองผลลัพธ์ วิธีการตรวจสอบผลลัพธ์ และการประเมินผลลัพธ์ในตอนที่ 14

สำหรับตอนที่ 15 นี้เป็นภาคต่อ เป็นเนื้อหาสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ “ความเข้าใจพื้นฐาน” เพื่อการจำลองการฉีดพลาสติกด้วยโปรแกรมซิมูเลชั่นอย่างมีประสิทธิภาพ

ความเข้าใจพื้นฐานเหล่านั้น ประกอบไปด้วย

สาเหตุของการเกิด Warpage

สาเหตุพื้นฐานของการเกิด warpage คือ ***การการหดตัวที่แตกต่างกันบนชิ้นงาน*** หากชิ้นงานหดตัวอย่างสม่ำเสมอในทุกทิศทางและทุกตำแหน่งของชิ้นงาน ชิ้นงานนั้นจะเพียงแค่เล็กลงแต่จะไม่เกิด warpage*

*Autodesk® Moldflow® Insight : Advanced Cool and Warp-Theory and Concepts. Student Guide (1st Edition)

การหดตัวของชิ้นงานเป็นสิ่งที่นักออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคุ้นเคยที่ต้องออกแบบโดยการขยายขนาดของชิ้นงานให้ใหญ่ขึ้นจากขนาดต้นแบบเพื่อชดเชยการหดตัวในการสร้างแม่พิมพ์เพื่อที่ชิ้นงานหลังจากฉีดออกมาแล้วมีขนาดตามแบบ

> **หากชิ้นงานหดตัวอย่างสม่ำเสมอในทุกทิศทางและทุกตำแหน่งบนชิ้นงาน ชิ้นงานจะเล็กลงจากตอนที่สิ้นสุดการฉีดชดเชยการหดตัว การเกิด warpage จะเกิดขึ้นน้อย**

การหดตัวที่แตกต่างกัน จำแนกได้เป็น 4 รูปแบบ คือ :

- ความแตกต่างของการหดตัวตลอดบนชิ้นงาน
- ความแตกต่างของการหดตัวด้านคอร์และคาวิตี้ตลอดหน้าตัดความหนาของชิ้นงาน
- ความแตกต่างของการหดตัวในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล
- ความแตกต่างของการหดตัวบนชิ้นงานและการหดตัวของส่วนที่ฝังตัวในแม่พิมพ์ (rib, boss, pin)

ความแตกต่างของการหดตัวตลอดบนชิ้นงาน

พิจารณาความแตกต่างของการหดตัวที่บริเวณใกล้กับเกตทางเข้า การหดตัวไกลจากเกต หรือ เป็นความแตกต่างของการหดตัวบนชิ้นงานที่หนาบางแตกต่างกัน หรือการหดตัวแตกต่างกันที่เป็นผลจากการออกแบบการหล่อเย็นที่ไม่สม่ำเสมอ เข้าใจในชื่อ Area Shrinkage การหดตัวของพื้นที่อยู่ไกลจากเกตออกไปจะมีการหดตัวสูง และหดตัวต่ำกว่าเมื่ออยู่ใกล้เกต เนื่องจากการไล่ระดับความดันลอดผ่านชั้นผิวแข็ง โอกาสที่การหดตัวสูงที่บริเวณใกล้เกตหรือรอบๆ เกตสามารถเกิดขึ้นได้ถ้าเมื่อเกิดการไหลย้อนกลับออกจากเกต

โดย เชิดรวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

ความแตกต่างของการหดตัวด้านคอร์และคาวิตี้ตลอดหน้าตัดความหนา

เกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิแม่พิมพ์ด้านคอร์และคาวิตี้ เมื่ออุณหภูมิผิวแม่พิมพ์ด้านคอร์และคาวิตี้แตกต่างกัน เกิดการเย็นตัวเข้าสู่กึ่งกลางความหนาด้วยอัตราที่แตกต่างกัน การหดตัวตลอดความหนาจะไม่เท่ากัน หากเส้นกึ่งกลางความหนาเป็นแกนหมุน อัตราการหดตัวที่แตกต่างนี้จะสร้างโมเมนต์รอบแกนหมุนนี้ ทำให้เกิดการบิดงอทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยว ด้านที่ร้อนกว่าจะยังคงหดตัวต่อเนื่อง

ความแตกต่างของการหดตัวในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล

เนื่องจากการเรียงตัวของเส้นใยแก้วหรือโมเลกุลพลาสติกมีความแตกต่างในการหดตัวในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล สำหรับวัสดุที่ไม่ได้เติมเส้นใยแก้วจะมีการหดตัวมากในทิศขนานกับทิศทางการไหล สำหรับวัสดุที่เติมเส้นใยแก้วการหดตัวมักจะถูกการวางตัวของเส้นใยชะลอการหดตัวไปในทิศทางการไหล แต่จะมีการหดตัวในแนวตั้งฉากกับการไหลมากขึ้น อย่างไรก็ตาม อิทธิพลของเส้นใยต่อการหดตัวนั้นมีความซับซ้อน และพฤติกรรมการหดตัวสามารถเปลี่ยนแปลงได้มากเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงในรูปทรงของชิ้นงาน การตั้งค่าตัวแปรการฉีด และชนิดของพลาสติกที่ต่างชนิด

ความแตกต่างของการหดตัวบนชิ้นงานและการหดตัวของส่วนที่ฝังตัวในแม่พิมพ์ (rib, boss, pin)

ชิ้นงานที่มีส่วนของชิ้นงานฝังตัวอยู่ในชิ้นส่วนคอร์จำนวนมาก หรือมีส่วนของเหล็กแม่พิมพ์กีดขวางการหดตัว เช่น ส่วนของชิ้นงานที่เป็นหน้าต่าง จะเกิดการหดตัวในทิศทางความหนาของชิ้นงานที่อยู่บนระนาบชิ้นงานสูงกว่าการหดตัวของชิ้นส่วนที่ฝังตัวอยู่ภายใต้ผิวแม่พิมพ์ด้านคอร์และตั้งฉากกับระนาบของชิ้นงานหลัก ลักษณะเช่นนี้ Moldflow เรียกว่า Corner effect

การหดตัวเชิงปริมาตรตามพฤติกรรมของพลาสติก

การหดตัวเชิงปริมาตรเป็นพฤติกรรมที่อยู่เบื้องหลังการหดตัวทั้งหมด การหดตัวเชิงปริมาตรถูกแยกย่อยเป็นการหดตัวเชิงเส้นในทิศทางความหนา ขนานและตั้งฉากกับการไหล พลาสติกมีการหดตัวเชิงปริมาตรสูงมาก ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะอยู่ที่ประมาณ 25% หากไม่มีการใช้ความดันฉีดย้ำชดเชยการลดลงของปริมาตรพลาสติกในขณะที่พลาสติกเย็นตัวลงจากอุณหภูมิฉีดจนถึงอุณหภูมิห้อง ความดันที่ใช้ในการฉีดมีผลต่อการหดตัว ข้อมูล PVT (P ความดัน / V ปริมาตร / T อุณหภูมิ) อธิบายความสัมพันธ์ของความดันและอุณหภูมิส่งผลต่อการหดตัวหรือการเปลี่ยนแปลงของปริมาตร

อัตราการเกิดผลึก (อัตราการหล่อเย็น)

สำหรับพลาสติกที่มีผลึก หากอัตราการเย็นตัวเกิดขึ้นรวดเร็ว อุณหภูมิผิวแม่พิมพ์ต่ำ อัตราการเย็นตัวรวดเร็วทำให้ผลึกไม่สามารถจัดเรียงให้เกิดโครงร่างผลึกได้สมบูรณ์ เนื่องจากพอลิเมอร์เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว จึงไม่มีเวลามากพอที่จะสร้างโครงร่างผลึก โครงร่างผลึกมากมีส่วนทำให้การหดตัวสูง การปรับเปลี่ยนอุณหภูมิสามารถช่วยลดการหดตัวเชิงปริมาตรลงได้

การเรียงตัวของโมเลกุลในช่วงการฉีด (Molecules Orientation)

การเรียงตัวของโมเลกุลไปตามทิศทางการไหลในขณะพลาสติกไหลจะเกิดความเค้นเฉือนขึ้นในทุกเลเยอร์ตลอดความหนาของชิ้นงานและมีความเค้นเฉือนสูงสุดที่บริเวณใกล้ชั้นผิวแข็งและเกิดขึ้นระหว่างการไหล

เมื่อพลาสติกหลอมเหลวไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ โมเลกุลจะเรียงตัวในทิศทางของการไหล ความเร็วฉีดสูงทำให้โมเลกุลเรียงตัวสูง ในแต่ละไซเคิลของการฉีดพลาสติกจากสถานะหลอมเหลวไปจนชิ้นงานแข็งตัว โมเลกุลจะมีเวลาในการที่จะจัดเรียงตัวเองใหม่ให้อยู่กลับสู่สภาวะที่โมเลกุลรู้สึกผ่อนคลาย ซึ่งทั้งพลาสติกอะมอฟัสและพลาสติกมีผลึกนั้นต่างก็ไม่ชอบสภาวะการเรียงตัวสูง (เรียงตัวสูง = โมเลกุลเหยียดตรง) ต่างก็พยายามที่จะกลับไปสู่สภาวะที่ผ่อนคลายที่สุด แต่โมเลกุลที่เรียงตัวสูงเหยียดตรงที่บริเวณผนังแม่พิมพ์เมื่อไหลผ่านผิวแม่พิมพ์อุณหภูมิพื้นผิวแม่พิมพ์จะทำให้เย็นตัวและโมเลกุลจะถูกตรึงและแข็งตัวไว้ที่พื้นผิวแม่พิมพ์เกิดการแข็งตัวขึ้นก่อน เรียกว่า ชั้นผิวแข็ง (Frozen layer) โมเลกุลที่ถูกแช่แข็งภายในชั้นผิวแข็งเรียงตัวสูงไม่สามารถกลับคืนสู่สภาวะผ่อนคลายได้ โมเลกุลในชั้นผิวแข็งเหล่านั้นจะอยู่ภายใต้ความเค้น และสามารถที่จะจัดเรียงตัวให้ผ่อนคลายใหม่ได้เมื่ออยู่ภายใต้อุณหภูมิที่สูงมากพอ (Tg)

การเรียงตัวของโมเลกุลได้รับอิทธิพลจาก :

- ตำแหน่งเกตทางเข้าและรูปแบบการฉีดเติมและความสมดุลในการไหล
- เงื่อนไขการฉีด โดยเฉพาะความดันและเวลาฉีดย้ำ
- การออกแบบระบบหล่อเย็น

โดย เชิดธวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

รูปแบบของการหดตัวของ Area Shrinkage VS Orientation Effects

ความแตกต่างระหว่างการหดตัวที่แตกต่างบนชิ้นงาน (Different Shrinkage) และผลจากการเรียงตัวของโมเลกุล (Orientation Effects) ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปร่างที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาชิ้นงานเริ่มต้นมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และมีทิศทางการไหลตามทิศของลูกศรที่ชี้ไปทางขวา สำหรับทุกองค์ประกอบในแบบจำลอง การหดตัวของชิ้นงาน และการหดตัวแบบขนานกับทิศทางการไหลและตั้งฉากกับการไหลจะถูกคำนวณ การหดตัวแบบ Area Shrinkage จะคงรูปร่างสี่เหลี่ยมจัตุรัสเพียงแต่จะมีขนาดเล็กลง ในขณะที่ผลจาก Orientation Effect จะเปลี่ยนรูปร่างสุดท้ายเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า พลาสติกที่ไม่มีการเติมเส้นใยแก้วจะมีพฤติกรรมการหดตัวในทิศทางการไหลสูงกว่าทิศทางตั้งฉากกับการไหล (รูปที่ 1)

การเย็นตัวขณะยังอยู่ภายในแม่พิมพ์ (Mold restrain)

ในขณะที่ชิ้นงานอยู่ในแม่พิมพ์ จะไม่สามารถหดตัวภายในระนาบของชิ้นงานได้(ระนาบชิ้นงาน = ระนาบ x-y, โดยความหนาของชิ้นงานวางตัวอยู่ในแกน z) ดังรูปที่ 2

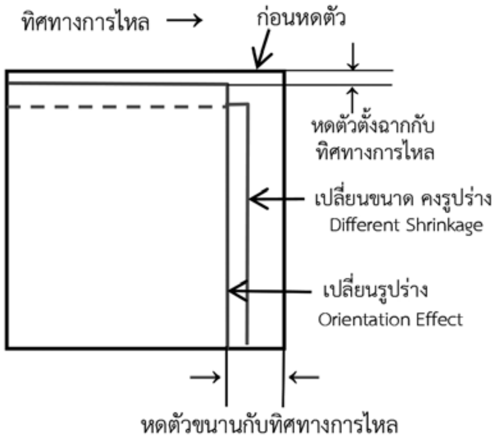
อย่างไรก็ตามชิ้นงานก็ยังสามารถหดตัวในทิศทางความหนาได้ ส่งผลให้มีการหดตัวสูงในทิศทางของความหนา (แกน z) ขณะชิ้นงานยังไม่ถูกกระทุ้งออกมา แต่ไม่ได้หมายความว่าในทิศทาง x และ y นั้นชิ้นงานไม่อยากหดตัวเพียงแต่เหล็กแม่พิมพ์นั้นขวางไว้ ดังนั้นสิ่งที่เกิดขึ้นคือการหดตัวสูงในทิศทางความหนา และการสะสมความอึดอัดในชิ้นงานในทิศทางที่หดตัวไม่ได้ ลักษณะเช่นนี้จะเกิดมีความเค้นภายใน เมื่อกระทุ้งชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วชิ้นงานจะยังคงเย็นลงและ อิสระจากแม่พิมพ์สามารถเสียรูปได้ในทุกทิศทาง ความอึดอัดหรือความเค้นภายในเหล่านั้นจะผ่อนคลายและทำให้ชิ้นส่วนเสียรูปหากความแตกต่างของการหดตัวมีมากในชิ้นงานจะบิดงอเสียรูปให้เห็นได้อย่างชัดเจน ซิมูเลชั่นสามารถแสดงผลความแตกต่างนี้ได้ก่อนที่จะตัดเหล็กทำแม่พิมพ์ อัตราการหล่อเย็นมีผลอย่างมากต่ออิทธิพลของการควบคุมการหดตัวภายในแม่พิมพ์ หากอุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงขึ้น ชิ้นงานต้องการเวลานานขึ้นในการลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิกระทุ้งชิ้นงาน หากยังคงใช้เวลาในแต่ละไซเคิลเท่าเดิม ชิ้นงานจะยังคงมีอุณหภูมิสูงในขณะเปิดแม่พิมพ์ และเมื่อออกจากแม่พิมพ์แล้วชิ้นงานจะยังคงลดอุณหภูมิลงสู่อุณหภูมิห้องในสภาวะอิสระ ความเค้นในชิ้นงานจะผ่อนคลายอย่างอิสระเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ในแง่มุมของสมบัติทางกายภาพของพลาสติก การผ่อนคลายความเค้นมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติความคืบตัว หรือ Creep resistant หมายถึง หากอยู่ภายใต้ความเค้น พลาสติกจะต้องมีความต้านทานการคืบตัวเพียงพอที่จะคงรูปร่างไว้ภายใต้การรับน้ำหนัก (แรง) เป็นเวลานาน พลาสติกที่มี Creep resistant สูง เมื่อถอดเอาน้ำหนักหรือแรงกระทำออกพบว่าเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างต่ำในช่วงแรกแต่พบว่าการหดตัวเกิดขึ้นมากเมื่อเวลาผ่านไป แสดงถึงการคลายความเค้นเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และพบว่าพลาสติกที่มี Creep resistant ต่ำจะคลายความเค้นเร็วเมื่อเวลาผ่านไปจะมีการหดตัวต่ำกว่า

*Autodesk® Moldflow® Insight : Advanced Cool and Warp-Theory and Concepts. Student Guide (1st Edition)

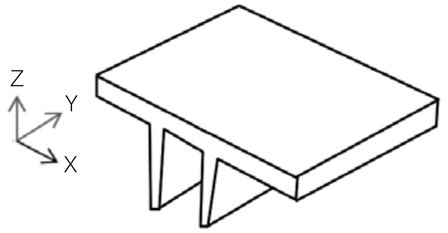
แบบจำลองการทำนายการหดตัวที่ใช้ในโปรแกรมซิมูเลชั่น

การศึกษาถึงตัวแบบการจำลองผลลัพธ์ของการหดตัวเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยให้วิศวกรที่ทำงานกับโปรแกรมซิมูเลชั่นมีความเข้าใจการทำงานของโปรแกรม ช่วยให้เข้าใจผลลัพธ์ที่ได้และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น แบบจำลองการทำนายการหดตัวนี้อ้างอิงจากโปรแกรม Autodesk Moldflow Insight ประกอบด้วย 2 กลุ่มหลักๆ คือ

- แบบจำลองการหดตัวสำหรับ Midplane และ Dual Domain mesh
- แบบจำลองการหดตัวสำหรับ 3D mesh



รูปที่ 1 รูปแบบของการหดตัวของ Area Shrinkage vs Orientation Effect



รูปที่ 2 ชิ้นงานในระนาบ X-Y และ (Z-Y)

โดย เชิดธวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

แบบจำลองการหดตัวสำหรับ Midplane และ Dual Domain mesh

แบบจำลองการหดตัวมีสองแบบที่ใช้กับ midplane และ Dual Domain ดังแสดงในรูปที่ 3 แบบจำลองทางซ้ายของแผนภาพเรียกว่าแบบจำลอง Residual Stress เป็นแบบจำลองทางทฤษฎีที่มีทั้งแบบที่ไม่ต้องการข้อมูลจากการทดลอง (Uncorrected Residual Stress) และต้องมีข้อมูลจากการทดลอง (Corrected Residual Stress) รูปแบบที่สองคือแบบจำลอง Residual Strain ถือเป็นแบบจำลองเชิงประจักษ์ จำเป็นต้องมีค่าการหดตัวจริงจากการทดลองเท่านั้น

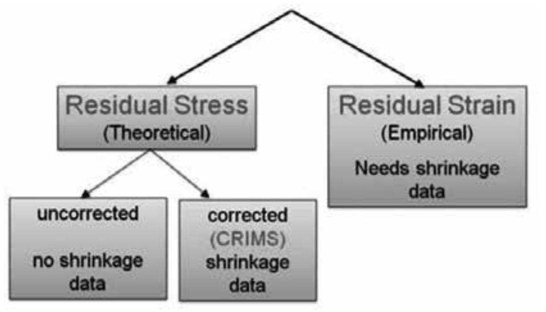
จากตรงนี้ผมขอหยิบเอาเนื้อหาจากหนังสือคู่มือ *Autodesk® Moldflow® Insight : Advanced Cool and Warp - Theory and Concepts. Student Guide (1st Edition) มาเขียนสรุปทีละตัวแบบ ซึ่งเมื่อได้เข้าใจถึงกลไกการทำงานของแต่ละตัวแบบแล้วจะสามารถเชื่อมโยงระหว่างซิมูเลชั่นและชิ้นงานจริงได้ดีขึ้นถึงผลลัพธ์การบิดงอเสียรูป

Uncorrected Residual Stress (ไม่มีข้อมูล shrinkage)

แบบจำลองความเค้นตกค้างจะคำนวณการกระจายความเค้นตกค้างสำหรับแต่ละอิเลเม้นต์เมช การกระจายนี้ทำให้เกิดความเค้นตลอดความหนาของแต่ละอิเลเม้นต์เมชในทิศทางขนานและตั้งฉากกับการไหล การวิเคราะห์ความเค้นนี้จะใช้การกระจายความเค้นเพื่อให้ได้รูปร่างที่เปลี่ยนไปของชิ้นงาน การคาดคะเนการหดตัวจะมีความแม่นยำยิ่งขึ้นหากมีข้อมูลการหดตัวจากการทดลองของชิ้นงานพลาสติก เราสามารถเห็นผลลัพธ์การหดตัวการบิดตัวเสียรูปของชิ้นงานได้จากกระบวนการนี้และเช่นเดียวกันกับกรณีที่พลาสติกเกรดนั้นไม่มีข้อมูลการหดตัวจากการทดลอง

General description of residual stress calculations

แบบจำลองความเค้นตกค้างอยู่ภายใต้สมมติฐานพฤติกรรมเชิงเส้นตรงของพลาสติกที่มีสมบัติเป็น Viscoelastic โดยคำนึงถึงความเค้นที่เกิดขึ้นในขณะที่พลาสติกเย็นตัวลงภายใต้ความดันในแม่พิมพ์ แบบจำลองนี้พิจารณาถึงความเค้นที่เกิดในชั้นผิวแข็งและการหดตัวของพลาสติกที่เกิดขึ้นตามมา รวมทั้งความเค้นที่เกิดจากความดันฉีด ตามทฤษฎีแล้ว โมเดลนี้สามารถใช้ได้แม้ว่าจะไม่มีข้อมูลการหดตัวจากการทดลอง แต่จะดีกว่าหากมีข้อมูลการหดตัว ซึ่งจะสามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างทั้งสองเงื่อนไขได้



รูปที่ 3 แบบจำลองใช้ใน Midplane และ Dual Domain mesh

ปัจจัยการของการหดตัวขึ้นกับฟอร์มของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของความเค้นและความเครียดแบบ Anisotropic ที่ซึ่งพลาสติกมีคุณสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันเมื่อวัดในทิศทางที่ต่างกัน เวลา-อุณหภูมิ และโมเดลเชิงเส้นตรงของความสัมพันธ์ของ Thermoviscoelasticity ซึ่งมีลักษณะเฉพาะด้วยสมการ WLF หรือสมการ Arrhenius ขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกและช่วงอุณหภูมิ โดยเฉพาะพลาสติกที่มีสมบัติไม่เป็นเนื้อเดียว เช่น พลาสติกเสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว เป็นต้น

พบว่าแบบจำลอง Thermo viscoelasticity มีความอ่อนไหวอย่างยิ่งต่อพลาสติกที่ไม่มีข้อมูลจากการทดลอง วิศวกรที่ทำงานซิมูเลชั่นที่มีความเข้าใจในส่วนนี้จะสามารถอธิบายความเชื่อมโยงจากผลลัพธ์จากซิมูลเลชั่นสู่ชิ้นงานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับพลาสติกที่ไม่เสริมแรงด้วยเส้นใยแก้ว แบบจำลองเป็นแบบ Isotropic พลาสติกมีคุณสมบัติทางกายภาพที่มีค่าเท่ากันเมื่อวัดในทิศทางที่ต่างกัน โดยคุณสมบัติทางกลถูกกำหนดโดยโมดูลัสและอัตราส่วนปัวซองของพลาสติกจากผลการทดลองในฐานข้อมูลของโปรแกรมซิมูเลชั่น (อ้างอิงจาก Moldflow) และค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนที่ใช้ในการกำหนดคุณสมบัติทางความร้อน คุณสมบัติทางความร้อนได้มาจากข้อมูล PvT สำหรับพลาสติกแต่ละเกรด

สำหรับวัสดุคอมโพสิตมีการคำนวณความเค้นจากการกระจายตัวและการทิศทางจัดเรียงตัวของเส้นใยหรือสารเติม (Fillers) ที่ได้จากการวิเคราะห์การไหล ตัวแบบจะทำนายความเค้นตามทิศทางการไหลและขวางทิศทางการเรียงตัวเส้นใยหรือสารเติม

แบบจำลอง Viscoelastic ความหนืด-ยืดหยุ่น ภายใต้ตัวแบบ Residual Stress สำหรับ Midplane และ Dual Domain mesh จะทำงานภายใต้สมมติฐานดังต่อไปนี้ :

โดย เชิดธวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

- จะไม่มีความเค้นที่เพิ่มขึ้นและสะสมในพลาสติกจนกว่าจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า Transition temperature (Tm or Tg)
- มีการกำหนดเงื่อนไขการเย็นตัวที่จำกัดตลอดเวลาที่ชิ้นงานยังอยู่ในแม่พิมพ์
- ละเลยความยืดหยุ่นของแม่พิมพ์
- วัสดุมีลักษณะเป็น Elastic Solid หลังจากกระทุ้งออกจากแม่พิมพ์
- และเงื่อนไขทางไฟไนต์อิเลเม้นต์อื่นๆ อีกที่ซึ่งอาจจะมีความซับซ้อนเกินไปที่จะมาเขียนไว้ในที่นี้

CRIMS Residual Stress

CRIMS ย่อมาจาก Corrected Residual In-Mold Stress เมื่อรวมข้อมูลการหดตัวที่วัดได้เข้ากับแบบจำลองความเค้นตกค้าง Residual Stress จะเรียกว่าแบบจำลองการหดตัวที่แก้ไขแล้ว หรือ CRIMS

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อความแม่นยำของการทำนายจากแบบจำลอง Uncorrected Residual Stress ได้แก่

- ความว่องไวของการหดตัวที่ Transition temperature (Tm หรือ Tg) และข้อมูล PvT ของพลาสติกแต่ละเกรด ข้อมูลที่ได้นั้นไม่เพียงพอที่จะสามารถแสดงพฤติกรรมของสภาวะการฉีดพลาสติกจริงได้
- ไม่มีข้อกำหนดสำหรับการกำหนดการเรียงตัวของโมเลกุล แบบจำลองไม่ได้ทำนายผลของ Anisotropic
- ไม่ซัพพอร์ตผลกระทบจากการหดตัวของผลึกในพลาสติกที่มีผลึก
- ขาดข้อมูล Relaxation สำหรับการคำนวณสมบัติ Viscoelastic

เมื่อพลาสติกมีการเก็บข้อมูลพฤติกรรมการหดตัวโดยห้องแล็ปส์ของ Moldflow ข้อมูลเหล่านั้นจะช่วยปรับปรุงความแม่นยำของแบบจำลอง Thermo viscoelasticity ทำได้โดยใช้ความเค้นตกค้างเป็นหนึ่งในตัวแปรอิสระในแบบจำลองไฮบริดที่สัมพันธ์กับข้อมูลการหดตัวที่วัดได้ เพื่อลดความคลาดเคลื่อนระหว่างค่าวัดและการคำนวณทำนายการหดตัว รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างการใช้ CRIMS เพื่อแก้ไขปรับปรุงผลลัพธ์การหดตัว ดังนั้นการซิมูเลชั่นเพื่อทำนายผลการหดตัวด้วย CRIMS จึงใกล้เคียงกับค่าการหดตัวในการทดลองจริงมากกว่าทั้งในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการ

Residual Strain

วิธีความเครียดตกค้างเป็นวิธีที่เก่าแก่ของซิมูเลชั่นเพื่อผลลัพธ์การหดตัวเมื่อเทียบกับ Residual Stress และ CRIMS ที่ใช้โดยโปรแกรม Moldflow ในการวิเคราะห์การบิดงอเสียรูป (warpage) ดังสมการ

$$S'' = a_1M_v + a_2M_c + a_3M_o'' + a_4M_r + a_5$$

$$S^{\perp} = a_6M_v + a_7M_c + a_8M_o^{\perp} + a_9M_r + a_{10}$$

โดยที่ :

$S^{\perp}$ และ S” เป็นค่าที่คาดการณ์ของการหดตัวเชิงเส้นตั้งฉากและขนานกับทิศทางของการไหล

a_1, ..., a_{10} เป็นค่าคงที่ของพลาสติก

M_v คือการวัดการหดตัวเชิงปริมาตร

M_c คือการวัดการตกผลึก

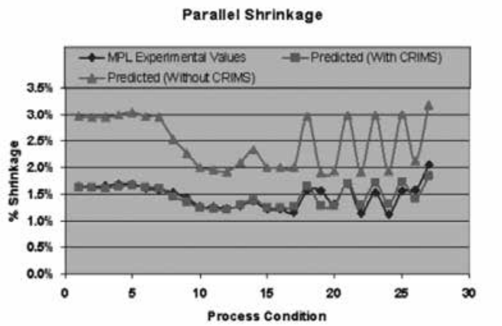
M_o'' คือการวัดการเรียงตัวของโมเลกุลในทิศทางขนานกับทิศทางการไหล

$M_o^{\perp}$ คือการวัดการเรียงตัวของโมเลกุลในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการไหล

Mr คือการวัดค่าหดตัวเนื่องจากการมีชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขัดขวาง (Mold restrain)

ค่าสัมประสิทธิ์ a1,...... ,a10 เป็นค่าคงที่ของพลาสติกจากข้อมูลการหดตัวที่ได้จากการทดลองคุณลักษณะเฉพาะตัวจากห้องแล็ปส์ ทำโดยการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานทดสอบมาตรฐานเพื่อวัดค่าเพื่อใช้กับสมการข้างต้น การวัดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการหดตัวเชิงปริมาตร การเกิดผลึก การเรียงตัวของโมเลกุล และการกีดขวางการหดตัวภายในแม่พิมพ์ จะนำไปคำนวณโดยโมดูลการจำลองการเกิด warpage ของโปรแกรม

แบบจำลองการหดตัวในสมการได้พิจารณาโมเมนต์การบิดตัวของชิ้นงานเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิของแม่พิมพ์ด้านคอร์และคาวิตี้เข้าไปด้วย ผลลัพธ์เหล่านี้จะทำให้ได้ผลการหดตัวในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหลของทุกๆ อิเลเมนต์ของชิ้นงานทั้งด้านที่สัมผัสกับคอร์และสัมผัสกับคาวิตี้



รูปที่ 4 ผลลัพธ์การหดตัวจากโปรแกรมซิมูเลชั่นโดยตัวแบบที่แตกต่างกันเทียบกับผลการทดลองจากการฉีดพลาสติกจริง

โดย เชิดรวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

แบบจำลองการหดตัวสำหรับ 3D เมช

สำหรับชิ้นงานพลาสติกที่อยู่ภายในคาวิตี้ของแม่พิมพ์ ในระหว่างการแข็งตัวของชิ้นงาน การหดตัวของชั้นผิวแข็งที่แข็งตัวจะยึดเกาะกับผนังแม่พิมพ์ไม่ให้ชั้นผิวแข้งที่ติดกับผนังแม่พิมพ์เคลื่อนที่ และชั้นผิวแข็งเลเยอร์ถัดลงไปที่ก่อตัวขึ้นใหม่จะเกิดมีแรงกระทำเนื่องจากการไหลและการเหยียดตัวขณะการไหล

ความเค้นตกค้างในชิ้นงานเกิดขึ้นระหว่างการแข็งตัว การกระจายความเค้นตกค้างส่วนใหญ่เกิดจากความดันฉีดที่แตกต่างกันบนชิ้นงาน ควบคู่ไปกับการเกิดชั้นผิวแข็ง เมื่อชิ้นงานถูกกระทุ้งออกจากแม่พิมพ์ ความเค้นตกค้างเหล่านี้จะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปแบบการหดตัว หากความเค้นตกค้างในชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ ชิ้นส่วนจะหดตัวอย่างสม่ำเสมอ และจะไม่เกิด warpage หรือมีความเค้นตกค้างในชิ้นงาน (Post-molded)

มีการหดตัว 2 ประเภทใน แบบจำลองการหดตัวสำหรับ 3D เมช :

- รูปแบบการหดตัวตลอดบนชิ้นงานที่แตกต่างกัน (Area shrinkage) สำหรับชิ้นงานผนังบางทั่วไป รูปแบบการหดตัวนี้แบ่งออกเป็นการหดตัวแตกต่างกันในทิศทางความหนาของชิ้นงาน และความแตกต่างของการหดตัวบนชิ้นงาน ความแตกต่างในทิศทางความหนามักเกิดจากการออกแบบการหล่อเย็นที่แตกต่างกัน
- ความแตกต่างของการหดตัวใน 2 ทิศทาง (Orientation effects) เป็นความแตกต่างระหว่างการหดตัวแบบขนานและแนวตั้งฉากกับทิศทางการไหล และคุณสมบัติของพลาสติก An-Isotropic ที่เกี่ยวข้องกับการกระจายการเรียงตัวของโมเลกุลในพลาสติกที่มีผลึกหรือในพลาสติกที่มีเส้นใยแก้ว

การหดตัวของชิ้นงานขึ้นอยู่กับพฤติกรรมทางอุณหพลศาสตร์ในระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้เข้าใจง่าย ในการพิจารณาโมเดลนี้ จะพิจารณาให้พฤติกรรมการยืดหยุ่นตัวแบบเชิงเส้น (Elastic behavior) เกิดในพลาสติกในส่วนที่เป็นของแข็งและพฤติกรรมแบบมีความหนืด (Viscous behavior) เกิดในพลาสติกหลอมเหลว ในการประมาณการการหดตัวแบบเชิงเส้นในเมชแบบ 3D เป็นการประมาณการหดตัวเชิงเส้นโดยมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเชิงเส้น เป็นตัวแปรสำคัญ การคำนวณการหดตัวในทิศทางขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหลเกิดขึ้นกับทุกๆ อิเลเม้นต์ 3D เมชของชิ้นงาน

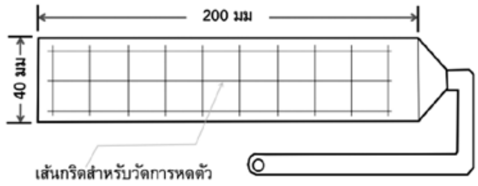
การทดสอบการหดตัวเพื่อฐานข้อมูล

แบบจำลองการหดตัวทั้ง CRIMS และ Residual Strain จำเป็นต้องมีข้อมูลการหดตัวจริงของพลาสติก ข้อมูลการหดตัวในฐานข้อมูลของโปรแกรม Moldflow ได้มาจากการฉีดชิ้นงานทดสอบจากแม่พิมพ์ชิ้นงานทดสอบขนาด 40 มม. x 200 มม. โดยมีเส้นกริดสำหรับวัดขนาดสลักอยู่บนชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 5 เส้นกริดจะถูกวัดหลังจากฉีดชิ้นงานแล้วและทำให้เย็นลงเป็นเวลาหลายวันในสภาพแวดล้อมที่มีการควบคุม การใช้เส้นกริด การหดตัวจะถูกวัดทั้งแบบขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล ชิ้นงานฉีดด้วยเมทริกซ์คอนดิชั่นการฉีดที่มีสภาวะต่างกัน 28 คอนดิชั่น รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิหลอมเหลว อุณหภูมิของแม่พิมพ์ อัตราการฉีด ความหนาของชิ้นงาน ความดันฉีดย้ำ และเวลาฉีดย้ำ

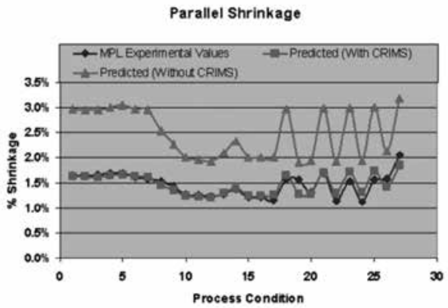
รูปที่ 6 แสดงให้เห็นว่าการซิมูเลชั่นด้วยแบบจำลอง CRIMS โชว์ผลลัพธ์การหดตัวในทิศทางขนานกับการไหลได้แม่นยำกับข้อมูลการหดตัวที่ได้จากค่าวัดมากกว่ามากเมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลอง Residual Stress (Uncorrected)

ควรใช้แบบจำลองใดในการทำ ซิมูเลชั่น

ชิ้นงานฉีดทุกชิ้นที่ทำการทดสอบการหดตัวจะถูกตรวจสอบเพื่อดูว่าตัวแบบจำลองการหดตัวแบบใดที่เหมาะสมกับพลาสติกเกรดนั้นมากที่สุดตามเงื่อนไขของระดับคุณภาพของข้อมูลคุณสมบัติเฉพาะตัวของพลาสติกแต่ละเกรด และพบว่าตัวแบบจำลอง CRIMS มีความเหมาะสมที่สุด หากไม่เช่นนั้นแล้ว จะใช้แบบจำลอง Residual Strain อันเป็นผลจากที่ทั้ง 2 ตัวแบบมีการนำข้อมูลการหดตัวของชิ้นงานจริงเข้ามาปรับปรุงตัวแบบ Residual Stress



รูปที่ 5 ชิ้นงานทดลองใช้เพื่อวัดการหดตัว



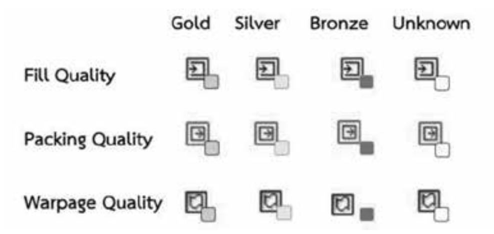
รูปที่ 6 ผลลัพธ์การหดตัวจากโปรแกรมซิมูเลชั่นเทียบกับผลการทดลองจากการฉีดพลาสติกจริงในเมชแบบ 3D

โดย เชิดธวัช วรราช บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

สำหรับพลาสติกที่ไม่มีข้อมูลการหดตัวจากการทดลอง จะใช้แบบจำลอง Residual Stress (Uncorrected)

ระดับคุณภาพของฐานข้อมูลพลาสติกต่อความแม่นยำของผลลัพธ์ Warpage

สิ่งแรกที่วิศวกรหรือผู้ทำงานกับโปรแกรมซิมูเลชั่นควรทราบ คือระดับคุณภาพของข้อมูลคุณสมบัติของพลาสติกเกรดที่ตนเองกำลังทำงานอยู่ เนื่องจากมีผลโดยตรงต่อความถูกต้องและแม่นยำของผลลัพธ์ คุณภาพของฐานข้อมูลนั้นขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของการทำการทดลองในห้องแล็ปส์พลาสติก (Material Data Completeness) ซึ่งจะทำแลปส์โดยสมบูรณ์ครบถ้วนทั้งหมดหรือไม่นั้นมีความเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายในการทดสอบและรวมถึงการเปิดเผยข้อมูลของผู้ผลิตเม็ดพลาสติก ความเชื่อมโยงของผลลัพธ์กับพฤติกรรมของพลาสติกมีความสัมพันธ์กันโดยตรง เนื่องจากตัวแบบจำลองการหดตัวและการเกิด warpage จำเป็นต้องใช้ข้อมูลต่างๆ นี้ของพลาสติกเป็นตัวแปรในการคำนวณ ยกตัวอย่างโปรแกรม Moldflow ได้จำแนกระดับคุณภาพของพลาสติกออกเป็น 3 ระดับคือ ระดับ Gold, Silver, และ Bronze ซึ่งเรียงลำดับตามระดับความน่าเชื่อถือของผลลัพธ์จากมาก-น้อย ในแต่ละรูปแบบของการจำลองผล Fill/Pack , Cool, Warp โดยหากระดับคุณภาพมีความน่าเชื่อถือสูงสุด ก็จะมีการระบุและแสดงสัญลักษณ์รูปเหรียญ Gold, Silver, และ Bronze กำกับที่แต่ละกระบวนการ ยกตัวอย่างเช่น Cool (Gold) + Fill / Pack (Gold) + Warp (Gold) มีความหมายว่า พลาสติกมีความสมบูรณ์ครบถ้วนของข้อมูลจากห้องแล็ปส์ในการจำลองผลการหล่อเย็น+การฉีดเติมและฉีดย้ำ + การจำลองการเกิด warpage ผลลัพธ์ที่ได้จากพลาสติกที่มีระดับ Gold กำกับนี้จะมีความแม่นยำน่าเชื่อมั่นสูงสุด เช่นกันกับระดับ Silver ความครบถ้วนของข้อมูลซึ่งบางข้อมูลไม่ได้ทำทดสอบ หรือบางข้อมูลได้มาจากข้อมูลส่วนเสริม (Supplemental Data) ผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อมั่นน้อยกว่าในระดับ Gold และเช่นกันในพลาสติกเกรดที่กำกับด้วย Bronze ที่มีความสมบูรณ์ของข้อมูลลดลงและสัมพันธ์กับผลลัพธ์ที่ได้โดยตรง เป็นต้น ดูรูปที่ 7



รูปที่ 7 ความสมบูรณ์ของการทำการทดลองในห้องแลปพลาสติก (Material Data Completeness)

บทสรุป : สาเหตุพื้นฐานของการเกิด warpage คือความไม่สม่ำเสมอของการหดตัวทั่วทั้งชิ้นงาน

การหดตัวแบบ Different Shrinkage หรือ Area Shrinkage พบว่ามักเกิดขึ้นระหว่างการฉีดเติมและฉีดย้ำที่ตำแหน่งไกลเกตที่ตลอดความหนาของชิ้นงาน และเกิดการหดตัวแตกต่างกันใน 2 ทิศทาง คือ ขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล

ปริมาณการหดตัวได้รับผลกระทบโดยตรงจากอัตราการเย็นตัว การเรียงตัวของโมเลกุลพลาสติก ข้อจำกัดของการออกแบบแม่พิมพ์ เช่น ชิ้นส่วน Lifter และการผ่อนคลายตัวเองหลังจากถูกกระทุ้งออกมาจากแม่พิมพ์ การเกิด Warpage ที่เกิดการบิดงอไปด้านใดด้านหนึ่งมักเกิดจากความแตกต่างของอุณหภูมิแม่พิมพ์ตลอดความหนาของชิ้นงาน

ในโปรแกรมซิมูเลชั่น (Moldflow) มีแบบจำลองการทำนายการหดตัว 3 แบบ ที่ช่วยให้วิศวกรหรือผู้ทำงานสามารถเชื่อมโยงผลลัพธ์จากโปรแกรมกับชิ้นงานจริง และเข้าใจถึงพฤติกรรมของซิมูเลชั่นและชิ้นงานจริง

- Residual Strain ที่คำนวณความเครียดในแต่ละองค์ประกอบในทิศทางขนานและตั้งฉากกับการไหลในทุกๆ อิเลเม้นต์ 3D เมช
- Residual Stress ซึ่งจะพิจารณาความเค้นตามความหนาของแต่ละอิเลเม้นต์ในทิศทางขนานและตั้งฉากกับการไหล
- CRIMS; Corrected Residual In-Mold Stress เป็นแบบจำลองที่ปรับปรุงตัวแบบ Residual Stress เพื่อให้ได้ความแม่นยำมากขึ้นของการหดตัวและการเกิด warpage ของซิมูเลชั่นด้วยข้อมูลการหดตัวที่วัดจริงจากการทดลอง

ในห้องปฏิบัติการ CRIMS เป็นแบบจำลองที่เหมาะสมที่สุดจะเป็นแบบจำลองการหดตัวและการเกิด warpage ของชิ้นงานฉีดพลาสติก

นอกจากนี้ผลลัพธ์ของการหดตัวและการเกิด warpage มีความสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของข้อมูลคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบคุณลักษณะของพลาสติกแต่ละเกรด ในฐานข้อมูลของโปรแกรมซิมูเลชั่นยังมีการจำแนกความสมบูรณ์หรือระดับคุณภาพของข้อมูลออกได้ได้ 3 ระดับคือ ระดับ Gold, Silver, และ Bronze ซึ่งเรียงลำดับตามระดับความแม่นยำของผลลัพธ์จากมาก-น้อย

ดังนั้น ข้อมูลทั้งหมดนี้จะช่วยให้วิศวกรและผู้ทำงานกับโปรแกรมซิมูเลชั่นได้เข้าใจได้ดีขึ้นเมื่อต้องเชื่อมโยงผลลัพธ์จากซิมูเลชั่นและกระบวนการฉีดพลาสติกจริง

ขอขอบคุณ TDIA, และขอขอบคุณ Autodesk Moldflow Insight Ultimate 2021 จาก SVOA สำหรับภาพสีคมชัดสามารถติดต่อได้จาก TDIA หรือ Email : support@fluent.co.th

วารสารแม่พิมพ์

Mould & DIE JOURNAL

ลด10% สำหรับสมาชิกสมาคมฯ

ปีที่ 34 ฉบับที่ 1 : มกราคม - มิถุนายน 2565

อัตราค่าโฆษณา :

☐	ปกด้านใน	50,000 บาท
☐	หน้า 1	45,000 บาท
☐	ติดหน้าสารบัญ	45,000 บาท
☐	ติดหน้าบรรณาธิการ	40,000 บาท
☐	ปกหลัง	65,000 บาท
☐	ปกหลังด้านใน	50,000 บาท
☐	เต็มหน้า 4 สี ทั่วไป	38,000 บาท
☐	เต็มหน้า 2 สี ทั่วไป	20,000 บาท

รูปแบบวารสาร :

วารสาร Mould & Die ราย 6 เดือน (1 ปี มี 2 ฉบับ)
ขนาด 8.25 x 11.5 นิ้ว จำนวน 68 หน้า

1. ปกกระดาษอาร์ตการ์ด พิมพ์ 4 สี เคลือบด้าน, Spot UV ความหนา 210 แกรม
2. เนื้อใน (หน้าโฆษณา) กระดาษอาร์ตด้าน พิมพ์ 4 สี ความหนา 120 แกรม
3. เนื้อใน (บทความ / คอลัมน์)
    - พิมพ์ 4 สี กระดาษอาร์ตด้าน ความหนา 120 แกรม
    - พิมพ์ 2 สี สำหรับบทความและคอลัมน์ทั่วไป กระดาษปอนด์ 80 แกรม
    - เข้าเล่ม ไสกาว

จำนวนพิมพ์ : 3,000 ฉบับ

การกระจายวารสาร :

- สมาชิกสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
- หน่วยงานต่างๆ ของภาครัฐและ
- เอกชนที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์

เจ้าของ :

สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
86/6 อาคารสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน
ซ.ตรีมิตร ถ.พระราม 4 แขวงคลองเตย
เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
โทรศัพท์ : 0-2712-4518-9, 087-559-1878
E-mail : tdia.thailand@gmail.com
Website : www.tdia.or.th
Facebook Fanpage Search : www.facebook.com/TDIA สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย

ออกแบบและจัดพิมพ์ :

J.S.Design : จุรีรัตน์ ศรีตระกูลกิจการ
862 ถนนสมเด็จพระเจ้าตากสิน แขวงดาวคะนอง
เขตธนบุรี กรุงเทพฯ 10600
โทรศัพท์ : 089-894-0448
E-mail : helishan22@gmail.com
Line ID : helishan

วารสารแม่พิมพ์ Mould & DIE JOURNAL

ADVERTISERS INDEX

ปกหลัง	สยามเอลมาเทค บจก.
ในปกหน้า	แมชชีนเทค บจก.
ในปกหลัง	เอ็น-เทค แมชชีนเนอรี่ บจก.
1	ควอลิตี้ เกจ แอนด์ ทูล บจก.
3	ไรซ์ซิ่ง คอร์ปอเรชั่น บจก.
5	ซี.ซี.ออโตพาร์ท บจก.
6	ดี.บี. ไดมอนด์ (ประเทศไทย) บจก.
21	เพรสซิชั่น ทูลลิ่ง เซอร์วิส บจก.
23	มายโกรว์เทค (ประเทศไทย) บจก.
24	เคียวเซร่า เอเชีย แปซิฟิค (ไทยแลนด์) บจก.
25	เอ.เบสท์ อินเตอร์ โปรดักส์ บจก.
26	ซีเอชเอส-เอเชีย บจก.
27	เอราวัณ รับเบอร์ บจก.
28	Nidec Minster Machine USA
45	มายโกรว์เทค เบสท์ เซอร์วิส บจก.
46	เออร์ลิคอน บัลเซอร์ส โค้ทติ้ง (ไทยแลนด์) บจก.
47	Makino (Thailand) Co., Ltd.
48	ทีจี สเปเชียล สตีล บจก.
65	สถาบันไทย-เยอรมัน
66	ไทย โมลด์ แอนด์ ดาย บจก.
67	เอส.เอ.เอฟ. สเปเชียล สตีล (มหาชน) บจก.
68	วายจี-1 (ประเทศไทย) บจก.

ใบสมัครสมาชิก

สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย

เรียน นายทะเบียนสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย

ข้าพเจ้า ....อายุ.......................วุฒิการศึกษา...

สถาบันการศึกษา...

ขอสมัครเข้าเป็นสมาชิกสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย สมาชิกสามัญนิติบุคคล

ในนามของ บริษัท/หจก. .... ที่อยู่ ....

....

....

โทรศัพท์ .... โทรสาร ....

E-mail: .... www: ....

ชนิดของแม่พิมพ์ที่ผลิต

☐ แม่พิมพ์โลหะ ☐ แม่พิมพ์พลาสติก ☐ อื่น ๆ ....

ลักษณะกิจการ

☐ รับจ้างผลิต ☐ ผลิตเพื่อใช้เอง ☐ ผลิตเพื่อจำหน่าย ☐ ตัวแทนจำหน่าย

ผลิตภัณฑ์หลัก ....

....

จึงเรียนมาเพื่อโปรดนำเสนอที่ประชุมคณะกรรมการเพื่อพิจารณาต่อไป

การชำระค่าสมัครโอนเงินเข้าบัญชี ธนาคารกรุงเทพ สาขากล้วยน้ำไท **บัญชีออมทรัพย์ เลขที่ 117-4-37506-1** ในนาม **“สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย”** พร้อมส่งสำเนาใบนำฝากและชื่อที่อยู่ที่จะให้ออกใบเสร็จรับเงิน ไปที่ **โทรสาร 0-2712-4520**

หมายเหตุ: สมาคมฯ จะมีหนังสือแจ้งให้ชำระค่าบำรุงประจำปีทุกเดือนมกราคมของทุกปี

อัตราค่าสมัครสมาชิก

ค่าลงทะเบียน	อัตราค่าบำรุง (Rate of Payment) (บาท)			
	ม.ค.-ธ.ค.	เม.ย.-ธ.ค.	ก.ค.-ธ.ค.	ต.ค.-ธ.ค.
500.-	3,000.-	2,250.-	1,500.-	750.-

*** ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม 7% ***

ลงชื่อ ....

(...)

วันที่ ....

INDUSTRY NETWORK

TGI Thai-German Institute สถาบันไทย-เยอรมัน

Total Smart Sulutions for Your Success

A leading organization for upgrading Target Industry Productivity by enhancing Technology, Innovation, Human Resources in Automation System and Robotic, including Machinery, Mould & Die Industry to be capable for competitiveness in era of Industry 4.0

TGI Services

Seminar

- Production Technology
- Technology Management
- Management

Consultancy

- Production Technology
- Productivity
- Maintenance
- HRD
- Factory Assessment

Testing and Calibration Service

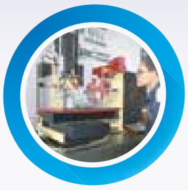
- Materials Testing
- Testing Accuracy and Repeatability of CNC Machine
- Vibration Sensor and Analyzer Calibration
- Used Oil Analysis
- Machine Efficiency Certified
- Hydraulic Test/Pump/Valve
- Failure Analysis
- Dimension Inspection (CMM)

Industrial Services

- Design and Manufacturing
  - Automation System
  - Mould & Die
  - Jig and Fixture
  - High Precision Prototyping
- Calibration and Machine Assurance
- Part Production
- Material Testing
- Condition Base Maintenance
- Machine Certified (BOI)

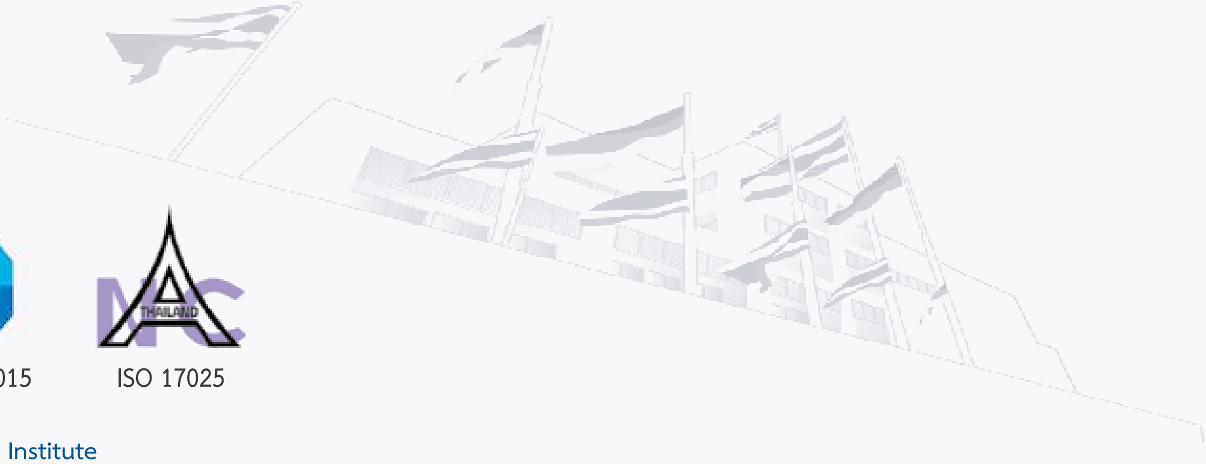
R&D / D&D

- Reverse Engineering
- Design & Development
- Joint Design Manufacturing
- Research & Development



Training Course

- Manufacturing Automation and Robotic Technology
- Mould Die and Machine Tool Technology
- Maintenance Technology



MASCI ISO 9001 : 2015

NAC THAILAND ISO 17025

Thai-German Institute
700/1 Moo 1 Amata City Industrial Estate Estate (Chonburi)
KM.57 Bangna-Trad Road, Klongtamru, Muang Chonburi 20000
Customer Services : Tel : +66 (0) 38 215033-39, +66 (0) 33 266040-44
E-mail : crm_dept@tgi.mail.go.th Website : www.tgi.or.th

Mould & Die Technology Human Resource Development Center (Thai-German Institute Bangkok)
Shop A bureau of Supporting Industries Developpment
86/6 Soi Treemit, Rama 4 Road, Kluaynamthai, Klongtosy Bangkok 10110
Tal : 02-3815041-2 Fax : 02-3815079
E-mail : tgi_bkk@tgi.mail.go.th Website : www.tgi.or.th

@Thaigermaninst

TMD

บริษัท ไทย โมลด์ แอนด์ ดาย จำกัด

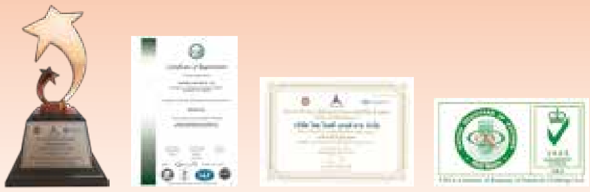
THAI MOLD AND DIE CO., LTD.

www.thaimoldanddie.co.th

ONE STOP SERVICE

Specialist for
Injection Plastic Mold
Die Casting Mold
Everything can do it...

Quality Standard Certification



- ISO9001/2015 Certified by URS
- Mold Factory Standard Certified by Thai-German Institute

664/1 หมู่ 9 ซอยแบริ่ง 66/12 ตำบลสำโรงเหนือ อำเภอเมืองสมุทรปราการ จังหวัดสมุทรปราการ 10270

099-444-5982 / 02-101-2318 02-101-2319

Thaimoldanddie@gmail.com / info@thaimoldanddie.co.th

บริษัท เอส.เอ.เอฟ. สเปเชียล สตีล จำกัด (มหาชน)

S.A.F. SPECIAL STEEL PUBLIC COMPANY LIMITED

Superior As Future

เหล็กกล้าเกรดพิเศษ

- 1.2379 / CPOH / MSMoV
- 1.2344 / 1.2367 / 1.3343
- 1.2311 / 1.2083 / 1.2316 / X40PH

ให้บริการชุบแข็งสุญญากาศ
ด้วยเทคนิคจากเยอรมัน

สร้างเครือข่ายการจำหน่าย
ผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม

คุณภาพเหนือกว่า ▪ ราคาแข่งขันได้ ▪ ให้บริการฉันท์มิตร

Tel : 02-897-4800-3 Fax : 02-897-4805

sales@saf.co.th www.saf.co.th @saf-steel

DIE & MOLD MACHINING

TOOL SOLUTIONS FOR INDUSTRIES

FACING / ROUGHING / PRE-FINISHING

YG MILL

[General & -TR Chipbreaker]

MILLING

X5070

MILLING / HEAVY CUTTING / SEMI FINISHING / PROFILING

V7 PLUS

DRILLING, Large Diameter Ø9.5~114.3 mm

SPADE DRILLS

MILLING / FINISHING / PROFILING / ROUGHING

4G MILL

DRILLING

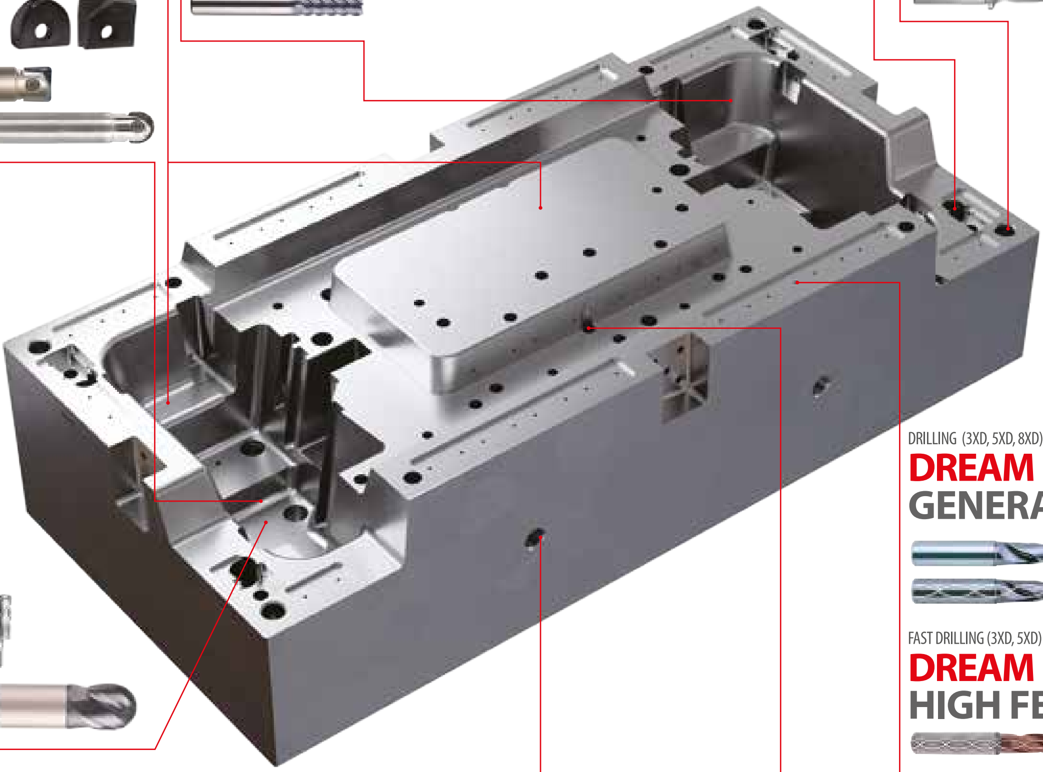
YG DRILL

DRILLING(3xD, 5xD, 8xD)

i-ONE DRILLS

COPY MILLING / PROFILING

i-Xmill



COPY MILLING / PROFILING

i-SMART

DRILLING (3XD, 5XD, 8XD)

DREAM DRILLS GENERAL

FAST DRILLING (3XD, 5XD)

DREAM DRILLS HIGH FEED

1
2
3

THREADING

PRIME TAPS | THREAD MILLS
COMBO TAPS | SYNCHRO TAPS

DEEP DRILLING (10xD,15xD, 20xD, 25xD, 30xD, 35xD, 40xD)

DREAM DRILLS MQL

10xD
15xD
20xD
25xD
30xD

REAMING

CARBIDE REAMERS

DRILLING (2xD, 5xD)

DREAM DRILLS FLAT BOTTOM

Scan QR CODE

for DIE & MOLD MACHINING Catalogs

YouTube

Search YG-1 on social media outlets

YG-1 (THAILAND) CO., LTD. 88 Nimitkul Building, 4th Floor, Soi Rama IX 57/1 (Wisetsook 2), Suanluang, Suanluang, Bangkok 10250 Thailand

Tel : +662-370-4945-8 / Fax : +662-370-4944 / E-mail : info@yg1.co.th / Website : www.yg1.kr / www.yg1.co.th

บริษัท เอ็น-เทค แมชชีนเนอรี่ จำกัด
N-TECH MACHINERY CO., LTD.
N-TECH MACHINERY
GOODWAY
NEW FUNCTION MODEL SW-20II
HIGH FLEXIBLE TOOL SYSTEM
B-AXIS MACHINING CAPABILITY
CNC SWISS TYPE TURNING CENTER
kafo
NEW MODEL CV8
CNC MACHINING CENTER
MAXMILL
NEW DESIGN MODEL NVM-1166
CNC MACHINING CENTER
พบข้อเสนอพิเศษ จัดเต็มทุกเครื่อง
LINEAR MOTOR DRIVE HIGH-PERFORMANCE WIRE-CUT EDM
DAHLIH
CNC MACHINING CENTER
kafo
5-AXIS CNC MACHINING CENTER
AKIRA - SEIKI
CNC MACHINING CENTER
CHEVALIER
SURFACE GRINDING MACHINE
SCARMAX
ZNC & CNC E.D.M
CHMER
CNC WIRE-CUT EDM
YOU JI
CNC VERTICAL TURNING CENTER
FANUC
ROBODRILL
ABB
ROBOT FLEXLOADER
ZEISS
COORDINATE MEASURING MACHINES
bodor
FIBER LASER CUTTING MACHINE FOR METAL SHEET AND TUBE
N-TECH พร้อมให้บริการ
★ บริการตรวจเช็คสภาพเครื่องจักร CNC
★ รับซ่อมเครื่องจักร CNC
★ รับทำ Preventive Maintenance เครื่อง CNC
★ บริการจัดหาอะไหล่ CNC ในราคาพิเศษ
HOT LINE
086-304-6341
ฝ่ายขาย
ฝ่ายบริการ
N-TECH MACHINERY CO., LTD.
399/36-37 หมู่ 13 ถ.กิ่งแก้ว ต.ราชาเทวะ อ.บางพลี จ.สมุทรปราการ 10540
399/36-37 MOO 13 KINGKAEW ROAD, T.RACHATEWA, A.BANGPLEE, SAMUTPRAKARN 10540 THAILAND
Tel. (662) 136-5333 (Auto) Fax. (662) 136-5334 Hotline : Sales (086) 304-6341, (086) 3046347 Service : (086) 304-6351 TAX ID : 0115544004055
E-mail : thaintech@yahoo.com, servicentech@yahoo.com, salentech@yahoo.com, @thaintech NTECH CNC Machine Thailand
www.ntechmachine.com

WE DO SUPPLY
MACHINE TOOLS
& TECHNOLOGIES
Vertical CNC Machining Center
5-Axis CNC Machining Center
MU-620
Vertical CNC Machining Center
SiEl - Mecatron
CNC LATHES
Horizontal Machining Center
Vertical CNC Machining Center with Pallet System
SiEl - EQUIPTOP
Surface Grinder
CNC Tapping Center
SiEl - e-tech
CNC Cylindrical Grinder
Centerless Grinders
Cylindrical Grinders (NC Plunge)
SiEl - JOEMARS
Broken Tap Remover
Super Drill
Wire Cut
CNC EDM
ZNC EDM
SiEl - HSPK
Double head EDM Machine
SiEl - Yan Yang
Turbine Service CNC Drill EDM
SHIANG YANG
SiEl - PROSS+
High Speed Double Column Machining Center / Graphite Electrode CNC Milling
SiEl - HDMT
Two/Three- Heads CNC Facing Machine (CNC Lathe)
SiEl - SunShine
Vertical CNC Machining Center
CNC Double Column Machining Center
SiEl-Laser
Laser Cutting Machine & Laser Marking Mahines
SiEl - EXCELLENT
CNC Wire Cut EDM Machine
ZNC EDM Machine
SUPER DRILL EDM
SiEl
(EROWA & 3R EQUIVALENT)
SiEl - Precision Working Holders System (EROWA & 3R EQUIVALENT)
Consumable, Ware Part, Accessories for Every Brands of EDM,& Wire Cut & Super Drill & ETC.
Siam elmatech
บริษัท สยาม เอลมาเทค จำกัด / SIAM ELMATECH CO., LTD.
12/3 หมู่ 10 ตำบลคลองข่อย อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120
12/3 Moo 10, Klong-khoi, Pak-kred, Nonthaburi 11120
โทร / Tel. : (02) 159 6391-3, (084) 757 6662 แฟกซ์ / Fax.: (02) 159 6394
E-mail : ukofset@ksc.th.com Website: www.siamelmatechgroup.com
จากจุดเริ่มต้นของ สยาม เอลมาเทค (เมื่อปี 2538) ..... อยู่ได้เพราะงานบริการหลังการขาย และความรู้ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวแทนจำหน่ายจริงๆ