วารสารแม่พิมพ์

ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

Mould & DIE JOURNAL

FACTORY OUTLOOK

amt automotive mold technology

บริษัท ออโตโมทีฟ โมลด์ เทคโนโลยี จำกัด

Automotive Mold Technology Co.,Ltd.

- 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

Made In USA

Universal Machining Centers

UMC 500

5-AXIS
FOR EVERY SHOP

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

HAAS FACTORY OUTLET : THAILAND
A DIVISION OF MACHINE TECH CO., LTD.
Bangkok : 02 726 7191-5 Chiang Mai : 05 344 6690

MACHINE • TECH
COMPANY LIMITED
www.machine-tech.co.th
@MACHINETECH

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

ส่งท้ายปีเก่า ปี 2565 ต้อนรับปีใหม่ ...

แม้ในปีนี้หลายๆ สิ่งเริ่มคลี่คลายไปทางที่ดีขึ้น แต่ความแน่นอนคือความไม่แน่นอน ขอให้ทุกท่านมีสติและไม่ประมาท ก่อนก้าวสู่ปีใหม่ เราลองมาทบทวนสิ่งที่ผ่านมา เพื่อเรียนรู้และพัฒนาตัวเองให้ดียิ่งขึ้นกว่าเดิม เพราะอนาคตขึ้นอยู่กับสิ่งที่คุณทำในวันนี้ ไม่ใช่วันพรุ่งนี้

การเรียนรู้ ปรับปรุงแก้ไข และพัฒนาอย่างต่อเนื่องถือเป็นกลยุทธ์สำคัญในการประสบความสำเร็จของบริษัท ออโตโมทีฟ โมลด์ เทคโนโลยี จำกัด ตามพันธกิจของบริษัทที่ได้ตั้งไว้ "พวกเราจะพยายามอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มพูนความเชื่อมั่นของลูกค้าทั้งภายในประเทศไทย และต่างประเทศ รวมถึงพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตแม่พิมพ์ของประเทศไทยไปพร้อมกันด้วย" ติดตามอ่านต่อได้ในคอลัมน์ Factory Outlook

สำหรับท่านใดที่ชื่นชอบนวัตกรรมใหม่ๆ ฉบับนี้ขอนำเสนอ "Blade Battery นวัตกรรมแบตเตอรี ที่เหมาะกับรถยนต์ไฟฟ้ายุคใหม่" เซลล์แบตเตอรี่รูปแบบใหม่ของ BYD ซึ่งเป็นแบรนด์รถยนต์ที่ก่อตั้งขึ้นในประเทศจีน จะเป็นอย่างไรอ่านต่อได้ในคอลัมน์ Innovation Today

คอลัมน์ Mold & Die LIKE สาระ ฉบับนี้ยังคงเป็นเรื่อง AHSS : ความสามารถในการขึ้นรูป และสมบัติเชิงกลด้านการดึง ในส่วนบทความพิเศษ เรื่อง ซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติก ดำเนินมาถึงบทสรุป ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งถือเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะ ยกระดับความรู้ของพนักงานและองค์กร สร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า คู่ค้า และสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจ ฉบับที่แล้วได้ทำความรู้จักกับ The Y-U model ไปแล้ว ฉบับนี้นำเสนอถึงการประยุกต์ใช้ The Y-U model สำหรับการผลิตชิ้นส่วน A-pillar และบทความความสำคัญของพฤติกรรมการคงรูปของยาง สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์

ด้วยความตั้งใจของทีมงานทุกฝ่ายที่มุ่งมั่นนำเสนอเนื้อหาสาระความรู้แก่สมาชิก หวังว่าความรู้นี้จะเป็นประโยชน์ แก่ทุกท่านไม่มากก็น้อย เพราะ ***"สิ่งที่วิเศษสุดสำหรับการเรียนรู้ คือไม่มีใครสามารถเอามันไปจากคุณได้"***

แล้วพบกันใหม่ในปีหน้าค่ะ

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

AUTHORIZED DISTRIBUTOR

Cold Jet

force of nature

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*

AERO2 PCS 60

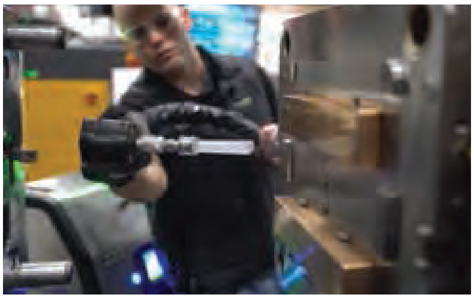
i3 MICROCLEAN 2

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

8 FACTORY OUTLOOK

automotive mold technology

บริษัท ออโตโมทีฟ โมลด์ เทคโนโลยี จำกัด
Automotive Mold Technology Co.,Ltd.

17 MOLD & DIE LIKE สาระ

ตอนที่ 2 **AHSS : ความสามารถในการขึ้นรูป และสมบัติเชิงกลด้านการดึง**

13 INNOVATION TODAY

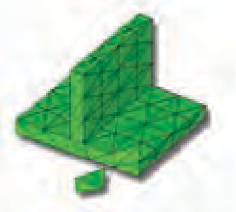
BLADE BATTERY
นวัตกรรมแบตเตอรี ที่เหมาะกับรถยนต์ไฟฟ้ายุคใหม่

SPECIAL FEATURE

29 การประยุกต์ใช้ The Y-U model สำหรับการผลิตชิ้นส่วน A-pillar

49 ความสำคัญของพฤติกรรมการคงรูปของยาง สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์

56 ซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ Effective Plastic Injection Molding Simulation ตอนที่ 16 บทสรุปซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ



35 กิจกรรมสมาคมฯ

64 Advertisers Index

www.tdia.or.th
LINE@TDIA
Facebook Fanpage

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

ผลิตและจำหน่ายเครื่องเลื่อยสายพาน, เครื่องปั๊มโลหะ, 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

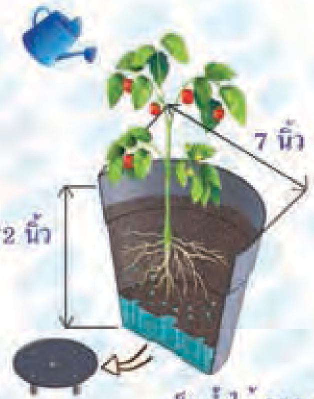
CLOG FREE!

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

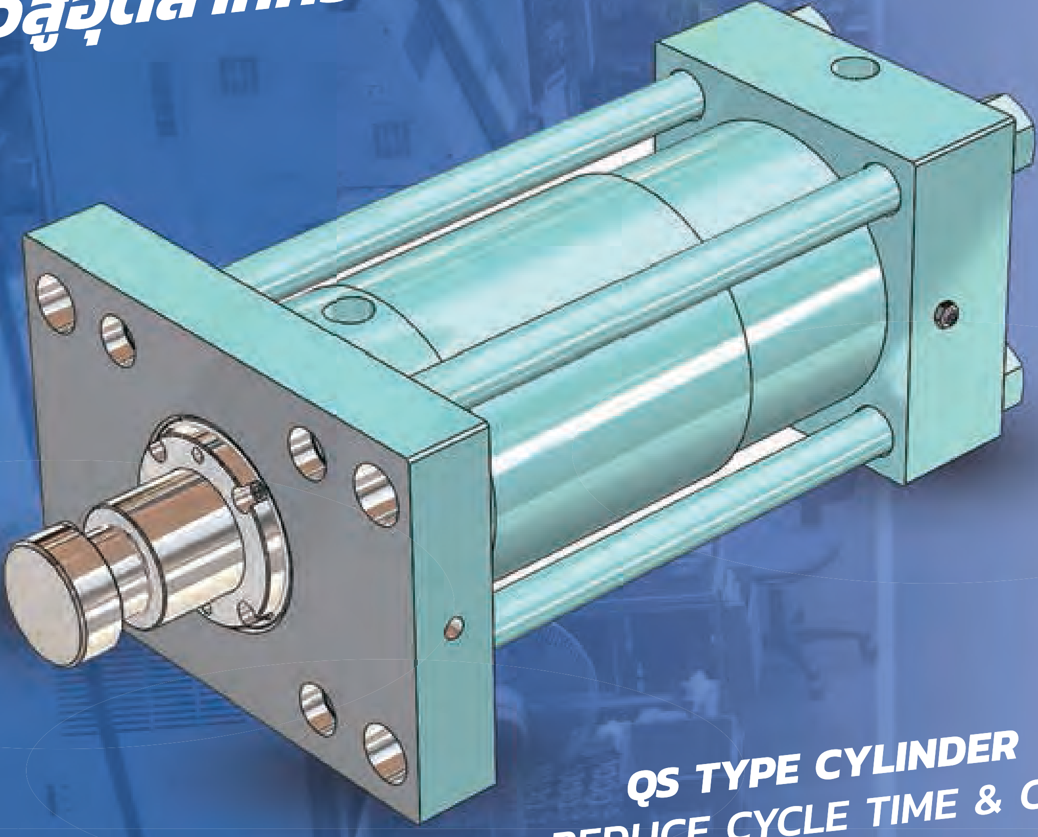
ISO 13485:2016 ISO 9001:2015 ISO 14001:2015 IATF 16949:2016

NAMBU
HYDRAULIC CYLINDERS

GLOBAL HYDRAULIC CYLINDER MANUFACTURER

POWERING THE AUTOMOTIVE INDUSTRIES

ก้าวสู่อุตสาหกรรม DIECASTING ระดับโลก

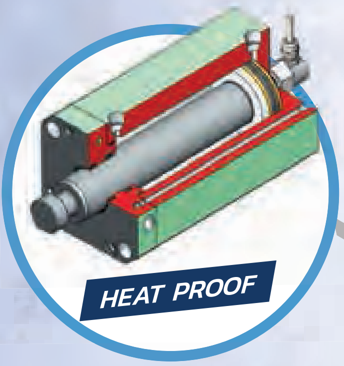


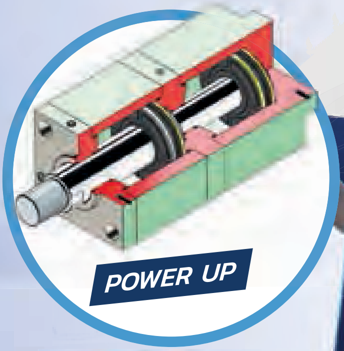
QS TYPE CYLINDER
REDUCE CYCLE TIME & COST !!

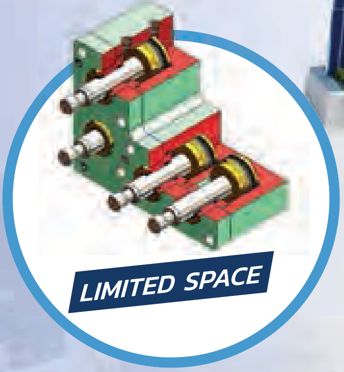
NAMBU CYL (THAILAND) CO., LTD. 700/739 Moo 1, Chonburi City Industrial Estate, T.Panthong, A.Panthong, Chonburi 20160 Thailand

TEL: +66-38-447037～39, FAX: +66-38-447040,

URL: http://www.nambu-cyl.co.th, E-mail: sales@nambu-cyl.co.th







NAMBU CYL (THAILAND) CO., LTD.

ก่อตั้งขึ้นในวันที่ 1 เมษายน 2545 ปัจจุบันดำเนินกิจการมาแล้ว มากกว่า 20 ปี โดยการสนับสนุนของบริษัท NAMBU ประเทศญี่ปุ่น ดำเนินการกิจการมาแล้ว มากกว่า 50 ปี เราเป็นผู้ผลิตกระบอกสูบไฮดรอลิครายแรก สำหรับแม่พิมพ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ และ ROTARY JOINT ที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก โดยทางบริษัท จะทำการออกแบบ, ผลิต และจัดจำหน่าย กระบอกสูบไฮดรอลิค และ ROTARY JOINT นอกจากนี้ยังนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการควบคุมการผลิตให้ตรงต่อความต้องการของลูกค้า แม้จะเป็นงานที่มีความหลากหลาย หรือจำนวนน้อยก็ตาม หากมีข้อสงสัยใดๆ สามารถติดต่อสอบถามได้

ANAB ACCREDITED
MANAGEMENT SYSTEMS CERTIFICATION BODY

WWW

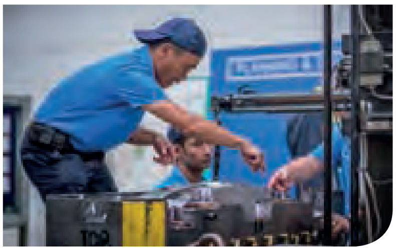
MAP

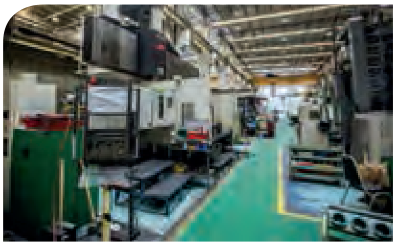
PERRY JOHNSON REGISTRARS, INC.

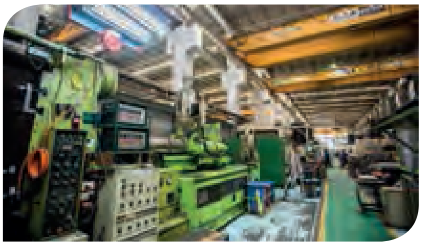
UKAS MANAGEMENT SYSTEMS

ISO 9001 : 2015
ISO 14001 : 2015
CERTIFIED

บริษัท ออโตโมทีฟ โมลด์ เทคโนโลยี จำกัด
Automotive Mold Technology Co.,Ltd.







Molding The Future

Q ความเป็นมาของบริษัทฯ

A จากการแข่งขันกันทำตลาดของผู้ผลิตยานยนต์และความต้องการขยายการผลิตและจำหน่ายรถยนต์ไปทั่วโลก ทำให้ผู้ผลิตยานยนต์มีการสร้างฐานการผลิตไปในแต่ละภูมิภาคของโลก โดยในภูมิภาคเอเชีย ประเทศไทยถือว่าเป็นศูนย์กลางของอุตสาหกรรมยานยนต์ที่สำคัญและมีการเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเราได้เล็งเห็นถึงศักยภาพของประเทศไทย จึงตัดสินใจที่จะเปิดโรงงานผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชิ้นส่วนยานยนต์ที่นี่ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 ที่นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ระยอง อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง โดยความร่วมมือระหว่างบริษัท Creative Technology Inc. จากประเทศญี่ปุ่นกับบริษัทในประเทศไทย หลังจากเริ่มดำเนินกิจการในช่วง 5 ปีแรก บริษัทแม่ที่ประเทศญี่ปุ่นส่งผู้ชำนาญการมาช่วยสอน และถ่ายทอดองค์ความรู้ในการผลิตแม่พิมพ์ฯ ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมให้กับพนักงานชาวไทย และบริษัทมีการพัฒนาก้าวหน้ามาโดยลำดับด้วยความมุ่งมั่นร่วมมือร่วมใจของพนักงานชาวไทย และการสนับสนุนจากบริษัทแม่ที่ญี่ปุ่นที่หมุนเวียนส่ง supervisor มาประจำที่ประเทศไทย

Q จุดเด่นของบริษัทฯ

A จุดเด่น คือ การที่บริษัทฯ ได้รับการถ่ายทอดความรู้และวัฒนธรรมการทำงานในแบบญี่ปุ่นมาตั้งแต่แรกเริ่ม ทำให้พนักงานมีรูปแบบความคิด, วัฒนธรรมการทำงาน, การวางแผนเพื่อแก้ไขปัญหา และการให้คำแนะนำแก่ลูกค้าโดยคำนึงถึงการตอบสนองความต้องการของลูกค้าและเป็นการสร้างความไว้วางใจให้กับลูกค้า

Q กลยุทธ์ในการดำเนินธุรกิจที่ทำให้บริษัทประสบความสำเร็จ

A คือการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องและการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ลูกค้าได้รับสินค้าที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการ ตรงตามเวลาที่กำหนด และได้รับราคาที่ยุติธรรม รวมถึงบริการหลังการขายซึ่งถือว่าเป็นจุดสำคัญที่เราได้รับความไว้วางใจจากลูกค้าเสมอมา เนื่องจากการผลิตแม่พิมพ์ที่ไม่ได้คุณภาพหรือไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า จะส่งผลถึงความต่อเนื่องในการผลิตของลูกค้า ซึ่งมีผลต่อต้นทุนการผลิตและส่งผลต่อสายการผลิตรถยนต์ด้วย ดังนั้นเราจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพสินค้าอยู่เสมอ

MAIN PRODUCTS

* Plastic injection molds from 350 tons up to 3,500 tons

Exterior Parts :	Bumper , Base Front Grille , Grille Molding , Garnish Luggage , Cowl Top , Over Fender , Extension Front Bumper , Spoiler , Mud Guard , Side Sill , Cap Wheel , Etc.
Engine Room & Safety Parts :	Should Fan , Cover Engine , Cover Pad Steering , Cover Air Bag , Etc.
Interior Parts :	Instrument Panel , Door Trim , Meter Cluster , Glove Box , Box Console , Quarter Trim , Garnish Front Pillar , Garnish Center Upper , Garnish Center Pillar Lower , Roof Side Inner , Board Back Door , Scuff Plate Cover , Etc.

amt automotive mold technology

THE MISSION

Q เทคโนโลยีใหม่ทางด้านแม่พิมพ์ที่ใช้อยู่

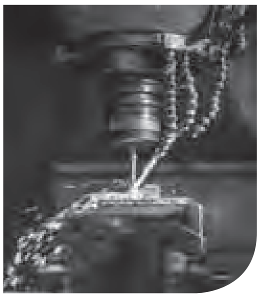
A เรามีการใช้เทคโนโลยีด้านต่างๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต เช่น การใช้โปรแกรม CAD/CAM/CAE ในการออกแบบแม่พิมพ์ การสร้าง Tool Path และการคำนวณการไหลของพลาสติกซึ่งเป็นการประเมินจุดบกพร่องเบื้องต้นของชิ้นงานซึ่งเป็นข้อมูลให้ลูกค้าใช้ในการตัดสินใจกำหนด spec ของแม่พิมพ์ การใช้เครื่องจักร CNC ที่ทันสมัยและเหมาะสมกับขั้นตอนและกระบวนการผลิตก็เป็นสิ่งสำคัญ โดยปัจจุบันเรามีเครื่องจักรที่สามารถใช้ผลิตแม่พิมพ์ได้เองในทุกขั้นตอน ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเจาะ Gundrill ซึ่งใช้สำหรับการเจาะรูลึก, เครื่อง CNC High Speed ทั้งแบบ 3 แกน และแบบ 3 + 2 แกน ซึ่งจะช่วยให้การกัดชิ้นงานทำได้รวดเร็ว เที่ยงตรง มีประสิทธิภาพ เครื่อง EDM แบบ TWIN HEAD ช่วยลดเวลาในกระบวนการ EDM รวมถึงเรามีเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อใช้ในการทดสอบแม่พิมพ์ ตรวจสอบระบบ กลไกและความสมบูรณ์ของแม่พิมพ์ก่อนส่งให้กับลูกค้า โดยกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ที่เกิดขึ้นภายในบริษัทเป็นฝีมือและทักษะของบุคลากรไทยทั้งหมด

Q รถยนต์ไฟฟ้า มีบทบาทมากขึ้นในวงการยานยนต์ ทางบริษัทมีการปรับตัวอย่างไรบ้าง

A สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ไฟฟ้า จากการประเมินองค์ประกอบในการผลิต เรายังเชื่อมั่นว่าชิ้นส่วนพลาสติกยังคงเป็นองค์ประกอบสำคัญอยู่เช่นเดิม ทั้งชิ้นส่วนภายในและชิ้นส่วนภายนอก รวมทั้งการเกิดผู้ผลิตรถยนต์ไฟฟ้ารายใหม่ๆ ขึ้นในตลาด นอกเหนือจากผู้ผลิตรายเดิม ทำให้เรายังเชื่อว่าแนวโน้มความต้องการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับรถยนต์ไฟฟ้าและรถยนต์เครื่องยนต์สันดาปในช่วงเวลาเปลี่ยนผ่านหรือแม้แต่ในอนาคตก็ยังคงมีอยู่สูง สิ่งที่เราจำเป็นต้องมีการปรับตัวคือการศึกษาเทคโนโลยีในการผลิตแม่พิมพ์ที่สามารถรองรับชิ้นงานที่มีรูปร่างที่ซับซ้อนมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน โดยที่ยังรักษาสมดุลย์ของเวลาในการผลิตและต้นทุนในการผลิตให้ได้ เนื่องจากการแข่งขันที่น่าจะรุนแรงมากขึ้นในอนาคต

Q ความคิดเห็นเกี่ยวกับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในปัจจุบัน และแนวโน้มในอนาคต

A ต้องยอมรับว่ากลไกเรื่องราคาแม่พิมพ์เป็นปัจจัยหลักในการตัดสินใจของลูกค้า รองลงมาคือเรื่องระยะเวลาในการผลิต และเรื่องคุณภาพของแม่พิมพ์น่าจะเป็นปัจจัยอันดับถัดไปที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ ซึ่งในปัจจุบันผู้ผลิตแม่พิมพ์ของไทยยังไม่สามารถแข่งขันกับผู้ผลิตแม่พิมพ์จากจีนหรือเกาหลีในเรื่องราคาและระยะเวลาในการผลิตได้ แต่ในเรื่องคุณภาพและมาตรฐานการผลิต ผู้ผลิตแม่พิมพ์ของไทยมีความสามารถในการแข่งขันได้ ซึ่งหากผู้ผลิตแม่พิมพ์ได้รับโอกาสในการเรียนรู้ถ่ายทอดแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ เทคโนโลยี ประสบการณ์ซึ่งกันและกันแล้ว ก็น่าจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันให้มากขึ้น



Recently, to get over the severe competition, car makers are building production base in each part of the world, because they aim at selling their products all over the world at the same time. In Asia area, we consider that Thailand is continuously the center of auto industry; thus, we established Automotive Mold Technology Co.,Ltd at Amata City Industrial Estate since May 2001, We Are proud of AMT which has capability of timely production and the reliable after-sale services. Using the most advanced technology especially in CAD/CAM, we are sure that AMT is able to supply our customers high quality products with their satisfaction.

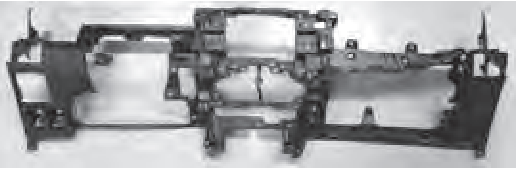
We'll make an effort to be more trusted by our customers from both Thailand and overseas, And also, we will help to develop Thai molding industry and the country as a whole.

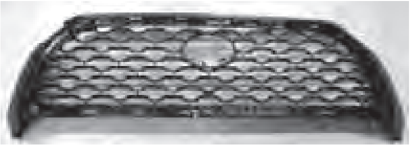
Q **ความต้องการเร่งด่วนที่ขอให้ภาครัฐช่วยเหลือและสนับสนุน**

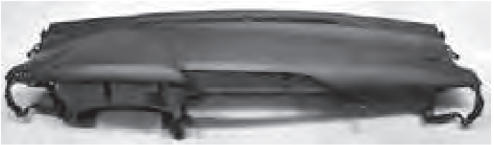
A ภาครัฐฯ ควรเข้าใจปัญหาที่ผู้ประกอบการเผชิญอยู่และกำหนดนโยบายส่งเสริมผู้ประกอบการเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน ทั้งเรื่องการลดต้นทุนการผลิต การเข้าถึงแหล่งเงินทุนเพื่อช่วยเหลือเรื่องการลงทุนเทคโนโลยีใหม่ๆ ซึ่งจะช่วยตอบสนองเรื่องการลดเวลาและเพิ่มคุณภาพในการผลิต การส่งเสริมการเรียนรู้งานด้านแม่พิมพ์ให้กับช่างหรือบุคคลที่มีความตั้งใจ หรือสนใจที่จะทำงานในสาขาวิชาชีพนี้ โดยพัฒนาความรู้ ความสามารถทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อให้มีความพร้อมและมีทักษะที่เพียงพอในการทำงาน สามารถแก้ไขปัญหาหรือให้คำแนะนำเพื่อการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้และสร้างงานที่มีคุณภาพ มีมาตรฐานสามารถแข่งขันได้ในระดับสากล

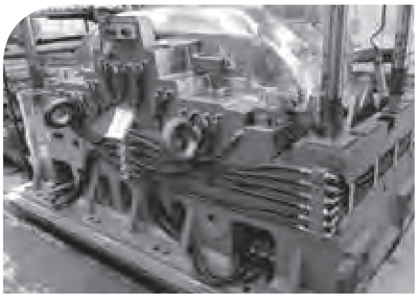
Q **สารฝากถึงสมาชิกสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย**

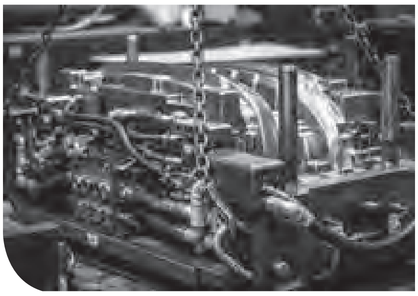
A การเตรียมความพร้อมทั้งด้านบุคลากรและเทคโนโลยีให้กับผู้ประกอบการเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมาก สำหรับการแข่งขันในปัจจุบันที่มีผู้ประกอบการต่างประเทศรวมอยู่ด้วย การเพิ่มศักยภาพให้กับผู้ประกอบการของไทยโดยเร็วจึงเป็นเรื่องสำคัญ โดยผู้ประกอบการเองสามารถปรับปรุงและพัฒนาบางส่วนได้ด้วยตัวเอง โดยอาศัยความร่วมมือระหว่างผู้ประกอบการด้วยกันเอง การแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ถ่ายทอดความรู้ ความถนัดเฉพาะด้านตามความชำนาญของแต่ละผู้ประกอบการ สำหรับในส่วนของสมาคมฯ ควรส่งเสริมแนะนำให้ผู้ประกอบการเรียนรู้เทคโนโลยีการผลิตให้ทันกับโลกในปัจจุบัน ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว กระตุ้นผู้ประกอบการให้ใส่ใจต่อการเพิ่มพูนทักษะให้กับผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงการปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องที่เคยเกิดให้ดียิ่งขึ้น และการอัพเดทข้อมูลข่าวสารที่มีความสำคัญให้กับผู้ประกอบการเพื่อให้ผู้ประกอบการใช้วางแผน กำหนดนโยบาย กำหนดกลยุทธ์เพื่อการปรับตัวสู่การแข่งขันในอนาคต



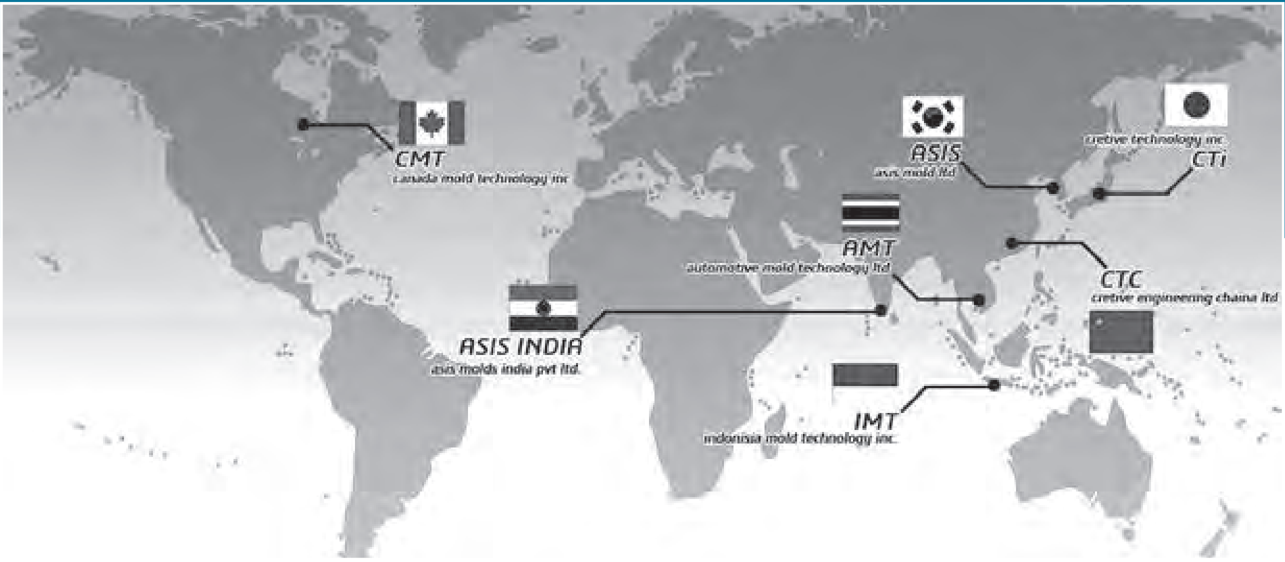








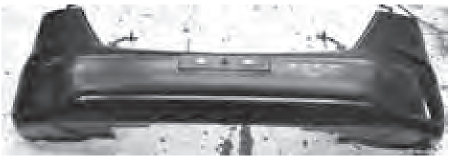
Global Network Company



COMPANY INFORMATION

automotive mold technology

Location :	7/117 Moo 4, Amata City Industrial Estate Rayong, Mabyangporn, Pluakdaeng, Rayong 21140 Thailand
	7/117 หมู่ 4 นิคมอุตสาหกรรมอมตะซิตี้ระยอง ต.มาบยางพร อ.ปลวกแดง จ.ระยอง 21140
Tel. :	(038) 016841-3, (038) 025860-2
Fax. :	(038) 016844, (038) 110270
Homepage :	www.amt.co.th
Establishment :	20 October 2000
President :	Mr.Shin Iwatsuki
Capital :	280,000,000 THB.
Shareholder	Japan 97.5%, Thai 2.5%
Employee	คนไทย 132 คน, คนญี่ปุ่น 4 คน
Site Area :	18,600 m^2 (11.65 Rai)
Factory / Office Area :	4,800 m^2 / 1,200 m^2



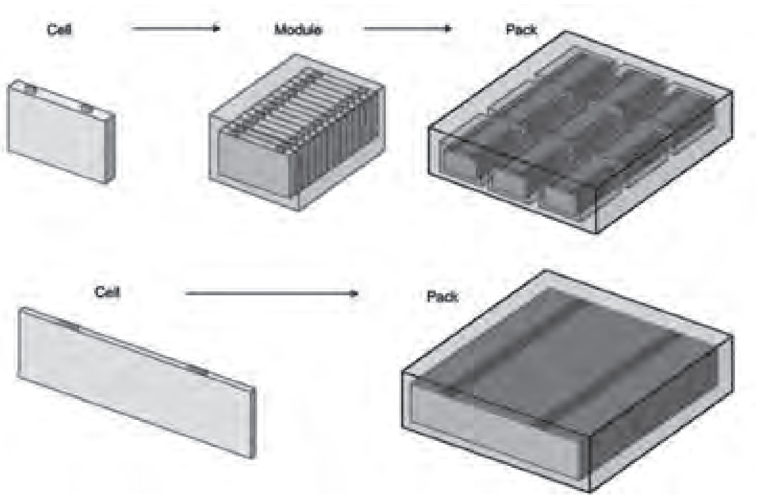
โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

Blade Battery นวัตกรรมแบตเตอรี ที่เหมาะกับรถยนต์ไฟฟ้ายุคใหม่

"Blade Battery" คือ เซลล์แบตเตอรี่รูปแบบใหม่ของ BYD ซึ่งเป็นแบรนด์รถยนต์ที่ก่อตั้งขึ้นในประเทศจีน โดยชื่อ BYD มาจากการนำคำว่า Build Your Dreams มาย่อให้เหลือเพียง BYD โดยชนิดของแบตเตอรี่ยังคงเป็นลิเธียมไอรอนฟอสเฟส (Lithium Iron Phosphate, (LFP)) แต่ออกแบบให้มีลักษณะเป็นแผ่นบางคล้ายใบมีด (ที่มีความหนา) วางเรียงต่อกันเป็นแนวยาวลงในแบตเตอรี่แพคโครงสร้างเป็นแผงอะลูมิเนียมเหมือนรังผึ้ง ทำให้ก้อนแบตมีความแข็งแรงสูงสุด

ก่อนที่เราจะไปทำความรู้จักกับ Blade Battery นั้นขอนำท่านผู้อ่านมาทำความเข้าใจกับเทคโนโลยีของแบตเตอรีที่ใช้ในรถยนต์ไฟฟ้าปัจจุบันกันดูก่อน

เนื่องจากแต่เดิมทางผู้ผลิตยานยนต์จะใช้โครงสร้างตัวถังหรือแชสซีเดิมของรถเครื่องยนต์สันดาปภายใน แล้วนำชุดแบตเตอรี่มาจัดวางใต้ท้องรถไปเลย ส่วนโครงสร้างชุดแบตเตอรี่นั้นก็จะเป็นแบบแบตเตอรี่แพ็คที่ประกอบไปด้วยแบตเตอรี่โมดูล และหน่วยเล็กที่สุดเป็นแบตเตอรี่เซลล์ เพราะช่วยในเรื่องการจัดการความร้อน/การถ่ายเทความร้อนในแต่ละเซลล์ และการแบ่งเป็นหน่วยอย่างโมดูล ก็ยังช่วยในการตัดวงจรความเสียหายและง่ายต่อการซ่อมบำรุงแยกเป็นโมดูล รวมถึงยังเพิ่มความแข็งแรงให้กับชุดแบตเตอรี่ในแง่ของความปลอดภัยที่มีโครงสร้างทั้งแบตเตอรี่โมดูลและแบตเตอรี่แพ็คครอบอีกชั้นหนึ่ง แต่รูปแบบ **"เซลล์-โมดูล-แพ็ค"** นี้ก็ส่งผลให้ต้องมีโครงสร้างและระบบสายไฟที่ซับซ้อนภายในแบตเตอรี่เพื่อเชื่อมระหว่างเซลล์และระหว่างโมดูล จึงได้มีการคิดค้น CTP หรือ Cell to pack ขึ้นเพื่อตัดในส่วนของโมดูลออก



ที่มารูป https://www.researchgate.net/

โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

CTP (cell to pack)

เป็นเทคโนโลยีที่ในแบตเตอรี่แพ็คจะประกอบด้วยเซลล์แบตเตอรี่โดยตรง ไม่ต้องใช้โมดูล ลดส่วนประกอบในโครงสร้างและสายไฟของแบตเตอรี่โมดูลออก ลดต้นทุนและลด process ในการประกอบแบตเตอรี่ แต่ CTP ก็มีข้อจำกัดคือ การบำรุงรักษาและการถอดเปลี่ยนแบตเตอรี่ที่ยุ่งยากขึ้น จากเดิมที่สามารถเปลี่ยนเป็นโมดูลเป็นก้อนๆ เมื่อโมดูลใดโมดูลหนึ่งเสียหาย ก็อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนยกแพ็คเมื่อเซลล์แบตเตอรี่ใดเสียหาย

แต่ด้วยการแข่งขันในตลาดรถ EV ที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผู้ผลิตยานยนต์บางค่ายต้องการออกแบบให้ตัวถังรถสามารถบรรจุแบตเตอรี่ได้เพิ่มมากขึ้น (วิ่งได้ระยะไกลขึ้น) และเพิ่มยอดขายรถ (เพราะบางประเทศยังมีการห้ามนำเข้าโคบอลต์หรือนิกเกิลด้วยกังวลปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม) โดยลดผลกระทบต่อพื้นที่ในห้องโดยสารให้น้อยที่สุด ประกอบกับแบตเตอรี่แบบ LFP (Lithium Ion Phosphate) นั้นมีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่แบบ NMC จึงได้มีการคิดค้นเทคโนโลยี CTC (Cell to Chassis) และ CTB (Cell to Body) ขึ้น

CTC (Cell to Chassis) และ CTB (Cell to Body)

นั้นมีคอนเซ็ปแบบเดียวกัน คือไม่มีทั้งแบตเตอรี่โมดูลและไม่มีแบตเตอรี่แพ็ค เป็นการประกอบแบตเตอรี่เซลล์เข้ากับ Chassis หรือ Body ของรถโดยตรง ส่งผลให้ตัดตัวโครงสร้างตัวแบตเตอรี่แพ็คและโมดูลออก จึงสามารถเพิ่มพื้นที่ในแนวดิ่ง (แนวตั้ง) ของตัวถังรถได้ หรือก็คือเพิ่มพื้นที่ให้กับห้องโดยสาร

แต่อย่างไรก็ตาม ทั้ง CTC และ CTB นั้นต้องใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบตเตอรี่ที่สูงขึ้น (ต้องออกแบบและทดสอบแบตเตอรี่เซลล์ให้มีความแข็งแรงมากยิ่งขึ้นด้วยเพราะแบตเตอรี่จะกลายเป็นส่วนหนึ่งของตัวถังหรือแชสซีรถ) การประกอบที่ยากขึ้นและยังต้องออกแบบตัวถังรถหรือแชสซีใหม่ รวมถึงการทดสอบทางไฟฟ้าเฉพาะแบตเตอรี่ก็ทำได้ยากขึ้น ไม่สามารถทดสอบเฉพาะแบตเตอรี่ได้อย่างเดียว ต้องทำการทดสอบทั้งตัว chassis พร้อมแบตเตอรี่ไปเลย

CTC และ CTB นั้นแตกต่างกันอย่างไร?

CTC นั้นเป็นเทคโนโลยีของ Tesla และ Leapmotor ในขณะที่ CTB นั้นเป็นเทคโนโลยีของ BYD

โดย CTC ของ Leapmotor คือการออกแบบโดยไร้ฝาครอบแบตเตอรี่แพ็คด้านบน ในขณะที่ CTC ของ Tesla ออกแบบโดยเอาพื้นของห้องโดยสารออก แล้วใช้แบตเตอรี่เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างรถแทน โดยออกแบบให้ผสานเข้ากับคานและส่วนอื่นๆ ของห้องโดยสาร ดังนั้นการถอดเปลี่ยนแบตเตอรี่นั้นแทบจะทำได้ยากมาก (ถ้าแบตเตอรี่เสียอาจต้องเปลี่ยนทั้งตัวถังเลยทีเดียว)

ส่วน CTB ของ BYD มีคอนเซ็ปในการออกแบบที่ต่างกัน โดย CTC มองว่าชุดแบตเตอรี่ยังเป็นส่วนแยกออกมาจากตัวถังรถที่ยังต้องระมัดระวังป้องกัน ในขณะที่ CTB นั้นใช้เบลดแบตเตอรี่ (Blade battery) ที่โครงสร้างของแบตเตอรี่เองก็มีความแข็งแรงด้วยตัวมันเองอยู่แล้วมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างตัวถังรถไปเลย ไม่ต้องออกแบบรวมเข้ากับคานของห้องโดยสารเหมือน CTC

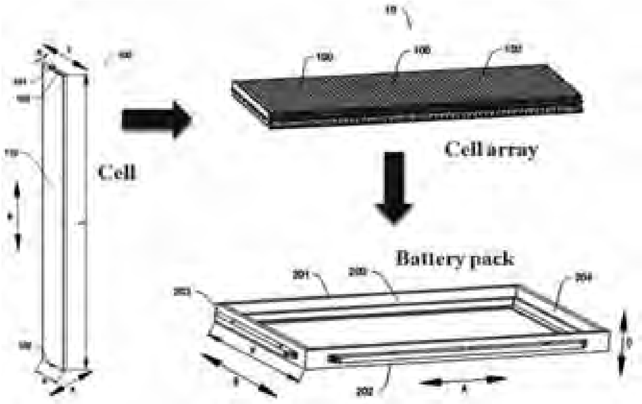
ถ้ามองในแง่ของการออกแบบแล้ว CTC จะมีความซับซ้อนกว่า แต่ถ้ามองในแง่ของความปลอดภัย CTB ดูจะเหนือกว่าเล็กน้อย ด้วยข้อได้เปรียบของ Blade Battery เป็นแบตเตอรี่ที่แม้แต่เทสล่า (Tesla) ยังให้ความสนใจ

โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

ภาพเปรียบเทียบเทคโนโลยีแบตฯ ในรถยนต์ไฟฟ้า แบบ CTP กับ CTB

สำหรับ Blade Battery เป็นแบตเตอรี่ Lithium Iron Phosphate (LFP) ที่ BYD พัฒนาต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลาหลายปี มีความจุไฟฟ้ามากกว่าแบตเตอรี่ลิเธียมไอออนทั่วไปมากกว่า 50% และมีอุณหภูมิพื้นผิวขณะใช้งานเพียง 30 - 60 องศาเซลเซียส ในขณะที่แบตเตอรี่ลิเธียมไอออนมีอุณหภูมิสูงถึง 500 องศาเซลเซียส อีกทั้งการเลือกใช้ LFP ที่มีอุณหภูมิการสลายตัว (Degradation Temperature) อยู่ที่ 270 องศาเซลเซียส ทำให้มีความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ลิเธียมทั่วไปที่ใช้ Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide (NMC) หรือ Lithium Nickel Cobalt Aluminium Oxide (NCA) อีกด้วย

Blade Battery ผ่านการทดสอบมาตรฐานด้วยวิธี Nail penetration test* โดยจะใช้ตะปูเจาะลงกลางเซลล์ของแบตเตอรี่ไปจนทะลุถึงอีกด้านหนึ่ง เพื่อให้เกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในเซลล์ของแบตเตอรี่ จากการทดสอบนี้ Blade Battery ของ BYD พบว่าการลัดวงจรไฟฟ้าไม่เกิดอะไรขึ้น อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สูญเสียประจุเล็กน้อยแสดงให้เห็นว่ามีมาตรฐานความปลอดภัยสูงกว่าแบตเตอรี่ Lithium Nickel Manganese Cobalt Oxide และ Lithium Nickel Cobalt Aluminium Oxide ที่เกิดการระเบิด และลุกไหม้ และสูญเสียประจุไฟฟ้าทันที



หมายเหตุ *Nail penetration test คือการทดสอบโดยใช้ตะปูเจาะลงกลางเซลล์ของแบตเตอรี่ทะลุถึงอีกด้านหนึ่ง ซึ่งจะทำเกิดไฟฟ้าลัดวงจรภายในเซลล์ของแบตเตอรี่ ก่อให้เกิดความร้อนสะสมเพิ่มขึ้น ซึ่งความร้อนสะสมดังกล่าวจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วภายในไม่กี่วินาที และทำลายเซลล์แบตเตอรี่ข้างเคียงอย่างต่อเนื่อง จนเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า Thermal runaway ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวเพิ่มขึ้นสูง และสุดท้ายคือ เกิดการเผาไหม้หรือระเบิดตามมา

โดย จ.จ้อ
the.jor@hotmail.com

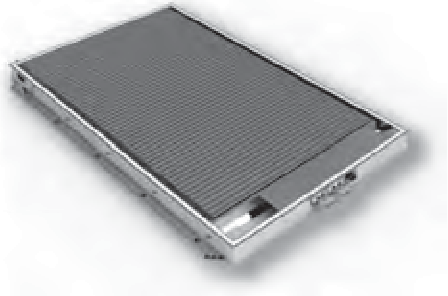
ด้วยเหตุนี้ Blade Battery ของ BYD จึงมีความปลอดภัยสูงในกรณีที่แบตเตอรี่ได้รับความเสียหายอย่างรุนแรง อีกทั้งการออกแบบก็ดูคล้ายกับใบมีด ทำให้มีความบาง และรูปทรงที่ยาวกว่าแบตเตอรี่ทั่วไป ทำให้แบตเตอรี่ของ BYD มีพื้นผิวในการระบายความร้อนได้อย่างรวดเร็วกว่าเซลล์แบตเตอรี่แบบก้อนสี่เหลี่ยม เมื่อเกิดเหตุลัดวงจรภายในเซลล์แบตเตอรี่จะไม่กระทบต่อเซลส์อื่นๆ ทำให้ไม่เกิดการลัดวงจรไฟฟ้าแบบต่อเนื่อง อีกทั้ง Blade Battery ถูกออกแบบในลักษณะ cell-to-pack technology (CTP) โดยแต่ละเซลล์สามารถูกแพ็คได้โดยตรงโดยไม่ต้องแพ็คเซลล์ลงโมดูลก่อน ทำให้สามารถมีพื้นที่ในการเพิ่มจำนวนเซลล์แบตเตอรี่ได้มากขึ้น ซึ่งหมายถึงสามารถบรรจุพลังงานได้มากขึ้น นอกจากยี้ Blade Battery ยังสามารถใช้เป็นวัสดุเสริมโครงสร้างเพื่อความแข็งแกร่งให้กับตัวรถได้อีกด้วย

Blade Battery ของ BYD มาพร้อมขนาดความยาว 37.7 นิ้ว กว้าง 3.5 นิ้ว และ สูง 0.5 นิ้ว เซลล์แบตเตอรี่เดียวถูกจัดวางแบบเรียงลงในแพ็ค ลดพื้นที่การใช้งานได้กว่า 50% นอกจากนั้นความสามารถของแบตเตอรี่ BYD Blade ใช้งานได้นานกว่า 1.2 ล้านกิโลเมตร หลังจากการชาร์จ/การคายประจุ 3,000 รอบ เลยทีเดียว

Blade Battery ของ BYD ไม่เพียงได้รับความสนใจจาก Tesla แต่ยังรวมถึง TOYOTA, SUZUKI รวมถึงค่ายอื่นๆ ที่ยังไม่เปิดเผย สำหรับ Blade Battery ตอนนี้ใช้งานจริงแล้ว ไม่ใช่แค่โมเดลทดลอง

BYD กำลังวางแผนสร้างโรงงานผลิตใหม่สำหรับแบตเตอรี่เบลดในไถโจว ในจังหวัดเจ้อเจียงของจีน กำลังการผลิต 22 GWh ต่อปีจะถูกสร้างขึ้นบนพื้นที่ประมาณหนึ่งล้านตารางเมตร โรงงานแห่งใหม่ มีกำหนดเดินสารการผลิตครึ่งแรกของปี 2023 การก่อสร้างทั้งโครงการคาดว่าจะแล้วเสร็จภายในสิ้นทั้งหมดในเดือนมิถุนายน 2024

เทคโนโลยี BYD Blade Battery ไม่ได้ลดทอนประสิทธิภาพยานยนต์ไฟฟ้า แต่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพยานยนต์ไฟฟ้าของรถยนต์จีน และทั่วโลก BYD ตั้งใจนำเทคโนโลยีนี้มาใส่ในแพลตฟอร์มอย่าง e-platform 3.0 ที่ติดตั้งแบตเตอรี่ BYD Blade เป็นมาตรฐาน และอาจจะเป็นเทคโนโลยีที่อยู่ใกล้ตัวพวกเราในไม่ช้านี้แน่นอน



แหล่งอ้างอิง :

1. เทคโนโลยี CTC กับ CTB ในรถ EV ของใครเจ๋งกว่า? ต่างกันอย่างไร?
เข้าถึงจากเว็บ https://topspeedtraining.wordpress.com/2022/08/04/ctp_ctc_ctb_ev/

2. ทำความรู้จัก Blade Battery ของ BYD ก่อนจะบุกตลาดภายใต้การดูแลของ Rêver Automotive
เข้าถึงจากเว็บ https://krungsrimarket.cjdataservice.com/article/ทำความรู้จัก Blade Battery ของ BYD ก่อนจะบุกตลาดภายใต้การดูแลของ Rêver Automotive

3. เทคโนโลยีแบตเตอรี่ CTB ของ BYD ช่วยลดน้ำหนัก เพิ่มประสิทธิภาพ ปลอดภัยมากกว่า
เข้าถึงจาก https://www.car250.com/byd-ctb.html

ตอนที่ 2 AHSS : ความสามารถในการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกลด้านการดึง

โดย : อาจารย์คันธรพจน์ ศรีสถิตย์ กลุ่มวิจัยคาทิพ (C³ATIP) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

ท่านสามารถติดตามอ่านบทความย้อนหลัง
เรื่อง AHSS : ตอนที่ 1 เหล็กกล้าสำหรับยนตรกรรมสมัยใหม่ ได้ในวารสารแม่พิมพ์ ฉบับที่ 1 ปี 2565

สวัสดีครับพี่น้องสมาชิกของสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยทุกท่าน หลังจากที่ปั้นต้นฉบับเหล็กกล้า AHSS ฉบับแรกไปแล้ว ก็เริ่มปั้นฉบับต่อมาเลย เดี๋ยวผมจะไม่มีเวลาปั้นอีก อิอิ ในตอนที่ 1 ผมได้ให้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับ AHSS ไปแล้ว มาฉบับนี้เรามาลงในรายละเอียดของเจ้าเหล็กกล้าตัวนี้เพิ่มอีกนิด เผื่อว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับท่านผู้อ่านนะครับ

1. สมรรถนะของเหล็กกล้า AHSS ตามบทนิยามดั้งเดิม (Conventionally-Defined AHSS Performance)

เพื่อให้เป็นที่เข้าใจตรงกันระหว่างผู้เขียนกับผู้อ่านและให้เนื้อหามีความกระชับยิ่งขึ้น จะขอเรียก "เหล็กกล้าความต้านทานแรงสูงขั้นสูง" ว่า "เหล็กกล้า AHSS" หรืออาจจะเรียกสั้นๆ ว่า "AHSS" สำหรับตอนที่ 1 ได้กล่าวถึงวิธีการจัดแบ่งระดับชั้นของเหล็กกล้า AHSS โดยเกณฑ์ของค่าต่ำสุดของความต้านทานแรงดึง (Minimum UTS) ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงสมรรถณะของเหล็กกล้า AHSS ตามบทนิยามดั้งเดิม (Conventionally-Defined AHSS Performance, P_c) ซึ่งเป็นผลคูณของความต้านทานแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensile Strength, UTS) กับการยืดตัวทั้งหมด (Total Elongation, TE) ดังสมการ (1) สำหรับตารางที่ 1 แสดงความแตกต่างของค่า P_c ของ AHSS ตั้งแต่รุ่นที่ 1 (Gen 1) ถึงรุ่นที่ 3 (Gen 3) โดยรุ่นที่ 1 นั้นพบว่าค่า P_c ค่อนข้างพบเห็นได้ทั่วไปและเป็นปกติ แต่สำหรับรุ่นที่ 3 แม้ว่าปัจจุบันค่า P_c โดยปกติจะยังแตะไม่ถึงระดับ (Level) ที่ได้กำหนดไว้ในตารางที่ 1 ก็ตาม แต่ก็พบว่ามีค่าสูงกว่ารุ่นที่ 1 และ รุ่นที่ 1+ (Gen 1+) อย่างมีนัยสำคัญ

$$P_c = UTS \cdot TE \qquad (1)$$

ตารางที่ 1 สมรรถณะของเหล็กกล้า AHSS ตามบทนิยามดั้งเดิม (P_c)

Level	Description	P_c (GPa·%)
Gen 1	1st Generation of AHSS	> 10
Gen 1+	Improved Gen 1	> 15
Gen 3	3rd Generation of AHSS	> 20
Future	Future Generation of AHSS	> 30

หมายเหตุ : สำหรับรุ่นที่ 1+ มีสิ่งที่ได้ปรับปรุงเพิ่มเติมจากรุ่นที่ 1 ดังนี้ คือ 1.ปรับปรุงให้มีสมบัติที่คล้ายคลึงกับไมโครอัลลอย 2.ปรับปรุงโครงสร้างทางจุลภาค 3.การปรับลดปริมาณคาร์บอนลง และ/หรือ 4.ปรับให้มีปริมาณออสเทไนต์ที่คงค้างอยู่ให้มีเพียงเล็กน้อย

ตารางที่ 2 ค่า P_c เป้าหมายสำหรับเหล็กกล้า AHSS ในอนาคต

*Target	*YS* (MPa)	*UTS* (MPa)	*TE* (MPa)	P_c (GPa·%)
1	> 1200	> 1500	> 25	> 37.5
2	> 800	> 1200	> 30	> 36

** 1 หมายถึง มีความต้านทานแรงเป็นพิเศษและมีความเหนียวสูง*
2 หมายถึง มีความต้านทานแรงสูงและมีความเหนียวเป็นพิเศษ

กระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา (The United States Department of Energy, DOE) ได้กำหนดเป้าหมายเฉพาะสำหรับการพัฒนาเหล็กกล้า AHSS ในอนาคตดังตารางที่ 3 ตามโครงการ ICME-3GAHSS ด้วยตัวเลข P_c ที่สูงกว่าค่า P_c ในปัจจุบันอย่างชัดเจนตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 2 และแม้ว่าค่า P_c จะเป็นไปตามข้อกำหนดของกระทรวงพลังงานของสหรัฐอเมริกา แต่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการกำหนดเป็นมาตรฐานในการผลิตเหล็กกล้า AHSS ในแทบทุกภูมิภาคของโลกด้วยเช่นกัน ในที่นี้จึงต้องนำเสนอไว้เป็นข้อมูลไว้อ้างอิงต่อไป

2. ระบบการประเมินและการจำแนกความสามารถในการขึ้นรูปเหล็กกล้า AHSS (AHSS Formability Classification and Rating System)

2.1. พารามิเตอร์ความสามารถในการขึ้นรูปที่แท้จริง (Intrinsic Formability Parameters)

• ความเครียดสม่ำเสมอจริง

ความเครียดสม่ำเสมอจริง (True uniform strain, ε_u) มีนิยามตามสมการ (2) โดยทั่วไปแล้ว วัสดุที่มีค่า ε_u สูงกว่า (หรือมีค่า n สูงกว่า) จะมีความเหมาะสมมากกว่าในกระบวนการขึ้นรูปที่ต้องการการยืดตัวสูงกว่า นอกจากนี้ความเครียดที่เกิดขึ้นกับวัสดุประเภทนี้ยังมีการกระจายตัวที่ค่อนข้างสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นผิวได้ดีกว่าด้วย หรือที่เรียกว่าความสามารถในการขึ้นรูปโดยรวม (Global formability)

$$\varepsilon_u = \ln\left(1+\frac{UE}{100}\right) \tag{2}$$

เมื่อ *UE* คือ เปอร์เซ็นต์การยืดตัวสม่ำเสมอ (Percent uniform elongation)

• ความเครียด ณ จุดแตกหักจริง

ความเครียด ณ จุดแตกหักจริง (True fracture strain, *TFS*) มีนิยามตามสมการ (3) โดยทั่วไปแล้ว วัสดุที่มีค่า *TFS* สูงกว่าภายใต้เงื่อนไขการพับขอบปีก (Flanging) การยืดขอบ (Edge stretching) และการดัดรัศมีความโค้งน้อยๆ (Tight-radius bending) หรือที่เรียกว่าความสามารถในการขึ้นรูปเฉพาะจุด (Local formability) ข้อสังเกตนี้มีผลการทดลองของนักวิจัยหลายท่านยืนยันไว้ชัดเจน โดยระบุไว้ในความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกันอย่างดีเลิศระหว่าง *TFS* และอัตราส่วนการเพิ่มขนาดของรูเจาะ (Hole expansion ratio, λ) ทั้งนี้ชิ้นงานทดสอบจะใช้ตามมาตรฐาน ISO 16630 สำหรับ A_f จะพิสูจน์เป็นรูปสมการใหม่โดยเริ่มต้นที่สมการ (2) และใช้ข้อมูลและความสัมพันธ์อื่นๆ มาประกอบ

$$TFS = \ln\left(\frac{A_o}{A_f}\right) \tag{3}$$

เมื่อ A_o คือ พื้นที่ภาคตัดขวางเริ่มต้นของชิ้นงานทดสอบ (ก่อนการแตกหัก)

A_f คือ พื้นที่ภาคตัดขวางสุดท้ายของชิ้นงานทดสอบ (หลังการแตกหัก)

• อัตราส่วนความเครียดเฉพาะจุดต่อความเครียดโดยรวม

อัตราส่วนความเครียดเฉพาะจุดต่อความเครียดโดยรวม (Local / Global Strain Ratio) มีนิยามตามสมการ (4)

$$Local\,/\,Global\ Strain\ Ratio = \frac{TFS}{\varepsilon_u} \tag{4}$$

- **ดัชนีความสามารถในการขึ้นรูป**

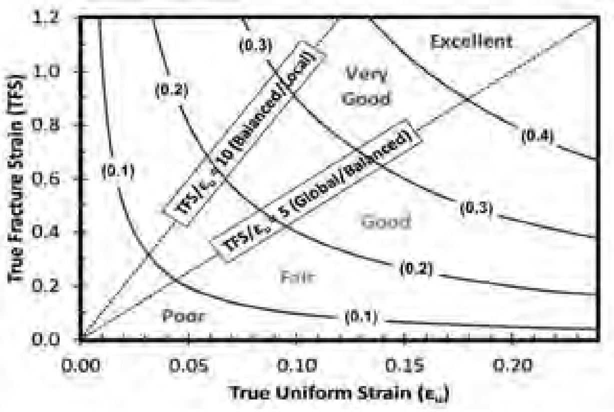
ดัชนีความสามารถในการขึ้นรูป (Formability index, *F.I.*) มีนิยามตามสมการ (5) ดัชนี้ตัวนี้เป็นสิ่งที่การบอกความสามารถในการขึ้นรูปได้เช่นเดียวกับค่าของ ε_u และ *TFS* โดยปริมาณความเครียดที่ได้นั้นจะเป็นค่าที่อยู่ระหว่างความเครียดที่ได้จาก ε_u และ *TFS* แต่มีข้อดีกว่า คือ มีความสะดวกต่อการวัดค่า Local formability และ Global formability ตัวอย่างงานวิจัยของ Hance คือ การนำเหล็กกล้า AHSS Class 980 ที่มีความหนา *t* เจาะรูด้วยรัศมีความโค้ง *r* (ตามชุดของชิ้นงานทดสอบมาตรฐาน ISO 16630) แล้วนำมาพับให้งอเป็นมุมฉาก (90^o V-bend testing) ผลการทดลองพบว่าสามารถสร้างความสัมพันธ์ที่มีความสอดคล้องกันเป็นอย่างดีระหว่าง *F.I.* กับขีดจำกัดของเงื่อนไขการพับที่ระบุในเทอมไร้หน่วย *r/t* ด้วยการใช้ค่าความสามารถในการขึ้นรูปโดยรวม (ε_u) เพื่ออธิบายช่วงแรกของการเสียรูปและใช้เป็นตัวกำหนดการกระจายตัวความเครียดบริเวณขอบรูเจาะ ในขณะที่ใช้ค่าความสามารถในการขึ้นรูปเฉพาะจุด (*TFS*) เพื่ออธิบายช่วงหลังการเสียรูปและใช้เป็นตัวกำหนดความต้านทานการแตกหัก

$$F.I. = \sqrt{\varepsilon_u \cdot TFS} \qquad (5)$$

2.2 แผนที่ความสามารถในการขึ้นรูปเฉพาะจุด-โดยรวม (Local / Global Formability Map)

การนำเสนอแบบกราฟตามรูปที่ 1 รู้จักในชื่อที่ไม่เป็นทางการว่า "Hance Diagram" จะมีเส้นประ 2 เส้นปรากฏในรูปซึ่งเป็นอัตราส่วน TFS / ε_u เท่ากับ 5 และ 10 ตามลำดับ ทำให้มีการแบ่งพื้นที่ของกราฟออกเป็น 3 โซน ดังนี้ สำหรับเส้นคอนทัวร์ (Contour) นั้นเป็นเส้นของดัชนีความสามารถในการขึ้นรูป (*F.I.*) ที่มีค่าตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4 ซึ่งจะใช้แบ่งระดับความสามารถในการขึ้นรูปตั้งแต่ แย่มาก (Poor), พอใช้ (Fair), ดี (Good), ดีมาก (Very Good), ดีเลิศ (Excellent)

- โซนที่ 1: $TFS / \varepsilon_u < 5$ เรียกว่า Global Formability
- โซนที่ 2: $5 < TFS / \varepsilon_u < 10$ เรียกว่า Balance Formability
- โซนที่ 3: $TFS / \varepsilon_u > 10$ เรียกว่า Local Formability



รูปที่ 1 : ความสัมพันธ์ของ ε_u และ *TFS* ที่ *F.I.* ตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.4

3. การปรับปรุงสมบัติของเหล็กกล้า AHSS

จากตอนที่ 1 จะพบว่าเหล็กกล้า AHSS สามารถจัดแบ่งเป็นระดับชั้น (Class) ต่างๆ ได้หลากหลาย และเมื่อมีความจำเป็นต้องนำเหล็กกล้า AHSS มาใช้งาน จำเป็นต้องทราบสมบัติทางกลของวัสดุด้วย โดยเฉพาะความต้านทานแรงดึง และในที่นี้แสดงไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยเหล็กกล้า AHSS ที่มีการปรับปรุงสมบัติจากกระบวนการทางความร้อน 2 รูปแบบ ได้แก่ 1.Continuous Annealing Line (CAL) และ 2.Continuous Galvanizing Line (CGL) สำหรับการกำหนดวัสดุจะเป็นดังนี้

- **Naming scheme : Coating type + Class + Steel type + Qualifiers (if applicable)**
- **Coating type designations :**
  - o EG = Electro-galvanized
  - o GI = Hot-dip galvanized
  - o GA = Hot-dip galvannealed
  - o None = Non-coated
- **Steel type designations :**
  - o TRIP = Transformation-induced plasticity steel
  - o TBF = TRIP-assisted bainite/ferrite steel
  - o GEN3 = Third generation advanced high strength steel or "3rd GEN AHSS"
  - o CP = Complex phase steel
  - o None = Conventional "dual-phase" or DP type (DP designation omitted for brevity)
- **Yield strength qualifier : "-HY" after Class = high yield strength version**

- **Composition qualifiers (at end) :**
  - o (LSi) = Low silicon content
  - o (LC) = Low carbon content
  - o (LCE) = Low carbon equivalent
- **440 W, 590R and 1180SHF ("super high formable") are common alternative designations**

ในตอนนี้ท่านผู้อ่านคงได้รู้จักงานวิจัยและคอนเซ็ปต์ของการบอกความสามารถในการขึ้นรูปและสมบัติเชิงกลด้านการดึงของเหล็กกล้า AHSS เบื้องต้นแล้ว ท่านสามารถศึกษาเพิ่มเติมได้จากหัวข้อ หรือคำค้นภาษาอังกฤษที่ปรากฏในบทความตอนนี้ได้ อาจจะช่วยให้ท่านเข้าใจเนื้อหาได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น ผมขอจบเนื้อหาสำหรับตอนนี้ไว้เพียงเท่านี้ก่อน แล้วอย่าลืมติดตามกันต่อในตอนหน้า ผมขอขมวดปมอีกนิดครับ ยังไม่แน่ใจว่าจะอีก 2 ตอนจบหรืออีกตอนเดียวครับ

ก่อนจากกันผมขอฝากข้อคิดเล็กๆ น้อยๆ เพื่อเป็นเครื่องเตือนสติแก่ผู้อ่านทุกท่านว่า **"ต้นข้าวแก่ยังรู้น้อมรวงเคารพคุณผืนนาฉันใด คนเมื่อเติบใหญ่ก็ควรรู้น้อมสำนึกคุณแผ่นดินฉันนั้น"** แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้านะครับ

ตารางที่ 3 สมบัติทางกลของเหล็กกล้า AHSS ระดับชั้นต่างๆ จากการทดสอบด้วยการดึง

Class	Process	Material	Thickness	*YS*	*UTS*	*UE*	*TE*	*YTR*	*UTS·TE*
			mm	MPa	MPa	%	%		GPa·%
440	CAL	440/440W	1.4	327	473	17.6	30.2	0.69	14.3
590	CAL	590	1.4	378	643	14	22.9	0.59	14.7
		590-HY/590R	2	498	642	13.4	22.4	0.78	14.4
	CGL	GA 590-HY/590R	1.3	427	597	16.5	25.8	0.72	15.4
780	CAL	780	1.4	527	792	10.1	18.7	0.67	14.8
		780 (LSi)	1.6	474	807	12.3	18.2	0.59	14.6
		EG 780 TRIP	1.4	524	838	19.8	25.6	0.63	21.4
		780 GEN3*	1.4	593	798	24.3	31.6	0.74	25.2
	CGL	GI 780	1.2	542	876	10.8	15.7	0.62	13.7
		GI 780-HY	1.8	611	815	8.4	15.3	0.75	12.5
		GA 780 TRIP	1.4	495	843	14.2	19.4	0.59	16.3
980	CAL	980	1.6	709	1041	7.7	12.3	0.68	12.8
		980 (LC)	1.4	670	983	9	14.8	0.68	14.6
		EG 980 (LSi)	1.4	624	1029	7.9	11.7	0.61	12
		980-HY	1.6	747	995	6.9	12.9	0.75	12.8
		EG 980-HY (LSi)	1.4	742	1002	5.8	10.7	0.74	10.8
		980-HY (LCE)	1.5	764	1042	6.4	11.4	0.73	11.9
		980 TBF	1.4	865	1081	8.5	12.9	0.8	14
		980 GEN3	1.4	647	1021	16.2	21.8	0.63	22.2
		980-HY GEN3*	1.5	797	1048	13	18.2	0.76	19.1
		980 CP*	1.4	880	1067	5.3	10.3	0.82	11
	CGL	GI 980	1.5	605	1052	7.8	10.9	0.58	11.5
		GI 980-HY	1.6	709	990	6.6	11.8	0.72	11.7
1180	CAL	1180	1.4	980	1252	5.4	9.5	0.78	11.8
		1180 TBF/1180 SHF	1.6	946	1210	8.5	12.8	0.78	15.4
	CGL	GA 1180	1.6	945	1269	5.5	8.7	0.74	11

** Under development*

YS = Yield Strength (0.2% offset)

TE = Total Elongation

UTS = Ultimate Tensile Strength

YTR = Yield-to-Tensile Ratio (YS/UTS)

UE = Uniform Elongation

UTS·TE = Strength / Ductility Balance

เอกสารอ้างอิง :

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

[2] ISO, "ISO 16630: Metallic materials - Sheet and strip - Hole expanding test," [Online Document]. Available from: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/69771/>. Accessed on 20 May 2022.

[3] SCS Instruments Co. Ltd., "Hole Expansion Test," [Online Article]. Available from: <https://www.zwickroell.com/industries/materials-testing/sheet-metal-forming/hole-expansion-test/>. Accessed on 20 May 2022.

PTSC
CO.,LTD.
PRECISION TOOLING SERVICES
CUTTING TOOL & METROLOGY
SOLUTION PROVIDER
Our Services:
Tooling
Metrology
Calibration
Tool Management
Automation
Vending Machine
Marking Machine
Cooling Tower
Pumps
PTSC channel
@ptsc
renishawthai
info@ptsc.co.th
Exclusive Partner
Supported Partner
KENNAMETAL
WIDIA
NTK
SupplyPoint
JENOPTIK
RENISHAW
apply innovation
zygo
TOWA
AXIS
LANG
vargus
5°AXIS
HEXAGON
SHINWA
www.ptsc.co.th
ที่อยู่ : เลขที่ 88 อาคารนิมิตกุล ชั้น 2 ซอยพระรามเก้า 57/1 (วิเศษสุข 2) แขวงสวนหลวง เขตสวนหลวง กรุงเทพฯ 10250

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

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

CAD/CAM

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

MANUFACTURING PLASTIC & ALUMINUM CONTAINERS AND PREMIUM PRODUCTS

Complete Set of Plastic Bottles and Jars for Cosmetic, Health & Spa Products, Compact Powders, Aluminum Pans(Godet), Tube Foams, Aluminum Jars, Lip Care Containers, Plastic and Aluminum Closures.

DECORATION

Silkscreen Printing | Offset Printing | Hot-Stamping | Frosting | Embossing | Labeling | Shrink Film

QUALITY STANDARDS : ISO 9001, IATF 16949, GHP, HACCP and Green Industry

A.BEST INTER PRODUCTS CO., LTD.
256 Soi Bangkradee 25, Samaedam, Bangkhuntien, Bangkok, 10150, Thailand
Tel : (662) 867-3278-80 (Auto) / E-Mail : abi@abest.co.th / Website : www.abest.co.th

Facebook Fanpage | Line Official Account | Youtube Chanal

THE NEW VALUE FRONTIER
KYOCERA

TOOL SOLUTION of KYOCERA
DIE & MOLD APPLICATION

KDA
High Efficiency Coated Solid Carbide Drill

Video

Lineup from Ø3mm~Ø6mm / 3D , 6D

NEW 2KMB
Solid Ball Nose End Mill for Machining Hardened Material

Standard Type

Long Next Type

Video

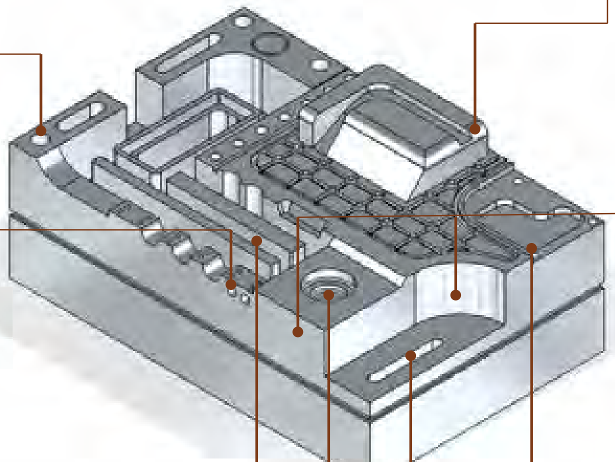
MagicDrill DRA
High Efficiency Modular Drill

1.5D – 12D

HQS, HQP, FTP, GM

Video

Applicable to all drilling process by various chip breaker



MFWN Mini
FACING/SHOULDERING/SLOTING

Video

Face Mills, End Mills

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

Video

Face Mills, Modular, End Mills

Z-Carb
Z-Carb four-flute high performance end mills

Video

Radius, Square, Ball

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

Solid Tool for hardened material. Support up to 70 HRC is available.

Solid Ball Nose End Mill (Micro Solid Tools)

2KMB

- High Quality
- Low Resistance
- Stable Machining

Long Neck, Standard

Highly Efficient and Cost Effective New Universal Solid Carbide Drill

Aluminum Chrome (AlCr) coating
Provide long tool life

High Efficiency Coated Solid Carbide Drill

KDA

Curved edge

Special flute design

Corner wear comparison

Normal type, Coolant hole

LINE: @Kyocera.tool.thai

Facebook: Kyocera Asia Pacific Cutting Tools

YouTube: Kyocera Asia Pacific Cutting Tool

Mold VTR: Scan & Watch Mold VTR

KYOCERA APP
Google Play, App Store
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

CHS-ASIA CO., LTD

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

Your Partner for all Heat Treatment Requirements

Vacuum Furnace Applications

- Hardening
- Bright Annealing
- Blazing

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

98Oils · Obsnap Calibration (Thailand) Co.,Ltd. · INDUCTOTHERM GROUP · ECM · Fengdong · FH · AVION MANUFACTURING

CHS-ASIA CHEMICAL CO.,LTD

22/6 Moo 4, Rinchockchai Soi, Thepharak Rd. Bangplee Yai,
Bang Plee, Samutprakarn 10540 Thailand
Tel: (66) 2084 1928-9 Fax : (66) 385 5117 Line ID : @98oils
Email : info@98oils.com Website : www.98oils.com

SCAN ME

Responding to Customer satisfaction Through Quality and Service

Advantages Lubricant Engineering or Industry

Rust Preventives
น้ำมันป้องกันสนิม

Water Soluble Cutting
น้ำยาหล่อเย็น

Randocast A series
น้ำยาพ่นหน้าแม่พิมพ์ไดแคสติ้ง

Neat Cutting Oils
น้ำมันตัด

Forming Oils
น้ำมันขึ้นรูป

Greenex
น้ำยาล้างสกัดจากธรรมชาติ

98Oils®

MetalFlow · MOLY SLIP · Bharti Group

www.98oils.com

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

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

การประยุกต์ใช้ The Y-U model สำหรับการผลิตชิ้นส่วน A-pillar

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์
คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สาขาเทคโนโลยีวิศวกรรมการผลิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วังไกลกังวล

ห่างหายกันไปเสียนานเนื่องจากการตีพิมพ์ของวารสารแม่พิมพ์เหลือเพียงปีละสองฉบับ อันเนื่องมาจากต้นทุนที่สูงขึ้นของการผลิตวารสารและปัจจัยหลายๆ ด้าน จากบทความฉบับต้นปีที่ผ่านมาผู้เขียนได้นำเสนอถึงประวัติและที่มาของ Prof.Dr. Fusahito Yoshida และ Assoc.Dr. Takeshi Uemori ผู้ที่สร้าง The Y-U model ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยเฉพาะการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ในบทความนี้ผู้เขียนจะขอนำเสนอ Success case ของการประยุกต์ใช้ The Y-U model ในการออกแบบแม่พิมพ์ผลิตเพื่อชิ้นส่วน A-pillar ของบริษัท Summit Auto Body (SAB) ประเทศไทย สำหรับผลการผลิตชิ้นส่วน A-pillar นี้เป็นผลจากการทำงานร่วมกันระหว่างผู้เขียนกับ R&D SAB Thailand ในปี 2021-2022

ก่อนอื่นผู้เขียนขอแนะนำให้รู้จักชิ้นส่วนที่เรียกว่า Pillar เสียก่อนว่าอยู่บนส่วนใดของโครงสร้างรถยนต์ ชิ้นส่วนที่มีลักษณะเป็นเสาเชื่อมต่อระหว่างโครงรถ (Pillar) ซึ่งสร้างความปลอดภัยให้กับห้องโดยสารนั้นเป็นส่วนสำคัญบนโครงรถยนต์ โดยทั่วไป Pillar แบ่งได้ตามแบบของโครงรถยนต์ดังรูปที่ 1 รถยนต์แบบซีดานประกอบไปด้วยสามส่วนคือ A-pillar, B-pillar และ C-pillar ขณะที่รถยนต์นั่งเอนกประสงค์มีส่วนของ D-pillar ในตอนท้ายของรถ ไม่ว่าจะเป็นส่วนใด Pillar จะทำหน้าที่สร้างความปลอดภัยให้กับโครงรถยนต์เพื่อให้เกิดสเถียรภาพขณะขับขี่ และเมื่อเกิดอุบัติเหตุห้องโดยสารจะยังคงความแข็งแรงเพื่อให้ผู้โดยสารมีความปลอดภัยสูงสุดในขณะใช้งาน ในรูปที่ 2 (ซ้าย) คือรถยนต์ MAZDA โมเดล 2020 และในรูป 2 (ขวา) แสดงถึงโครงสร้างของรถยนต์ ในบทความนี้จะกล่าวถึงเพียงแค่การผลิตในส่วนของเสา A-pillar ที่อยู่บริเวณส่วนหน้ารถเชื่อมต่อไปยังโครงของประตูหน้าผลิตจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเท่านั้น

ที่มา : https://www.edmunds.com/glossary/c-pillar.html
รูปที่ 1 : ตำแหน่งของ Pillar บนรถยนต์

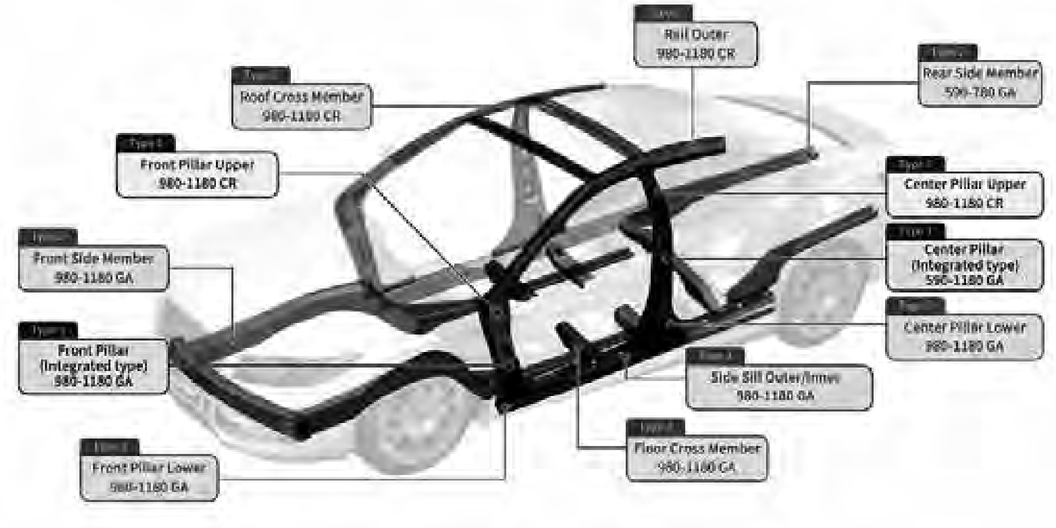
โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์

ที่มา : https://www.jfe-steel.co.jp/en/release/2019/190110.html

รูปที่ 2 : รถยนต์ MAZDA โมเดล 2020

ชนิดของเหล็กที่ใช้ในการผลิต A-pillar

ว่ากันด้วยเรื่องของชนิดของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงที่อยู่ในส่วนประกอบของรถยนต์ บริษัทผู้ผลิตเหล็กแบรนด์ดังๆ อาทิเช่น JFE STEEL หรือ NIPPON STEEL ก็จะมีการทำ R&D เรียบร้อยว่ารถยนต์แต่ละรุ่นควรจะใช้เหล็กเกรดใดจึงจะเหมาะสม นี่คือจุดเด่นของบริษัทผู้ผลิตเหล็กชั้นนำในญี่ปุ่นซึ่งไม่เพียงแค่ทำหน้าที่ผลิตเหล็กป้อนให้กับลูกค้าเท่านั้น แต่ยังสามารถแนะนำให้กับลูกค้าได้อีกด้วยว่าเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรดไหนควรจะต้องอยู่ส่วนใดของตัวรถ ในรูปที่ 3 แสดงข้อแนะนำชนิดของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงสำหรับผลิตโครงสร้างรถยนต์ของบริษัท JFE STEEL ข้อแนะนำเช่นนี้ถูกสร้างมาจากหน่วยงาน R&D ของโรงงานในแต่ละภูมิภาค จากรูปที่ 3 พบว่าบริเวณเสา A-pillar เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงที่แนะนำคือ 980-1180 MPa ซึ่งในความคิดเห็นส่วนตัวของผมนั้น ผู้ผลิตที่เป็น OEM หรือ ODM ในเมืองไทยคงสามารถขึ้นรูปเหล็กกล้าทั้งสองชนิดนี้ไม่ยากเย็นเท่าไรเนื่องจากมีประสบการณ์สูงในการทำงาน ติดเสียแต่ว่าเวลาการทำงานโดยรวมอาจจะต้องเร่งรีบเพื่อให้ทันตามข้อตกลงในการทำ Mass product

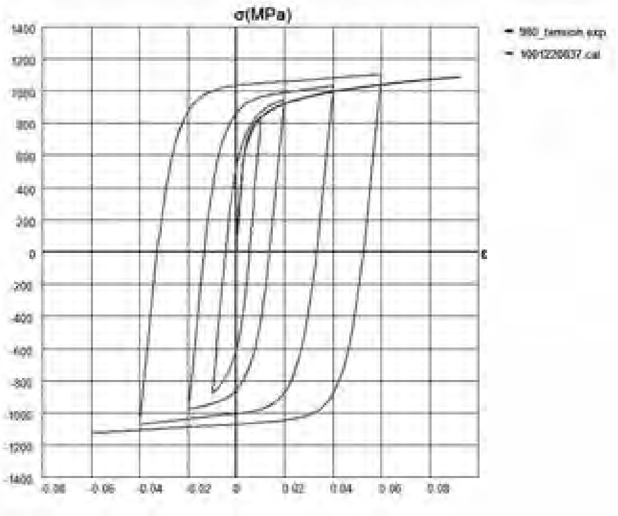


ที่มา : https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/sheets/c33.html

รูปที่ 3 : ข้อแนะนำชนิดของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงสำหรับผลิตโครงสร้างรถยนต์

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์

รูปที่ 4 : ชิ้นส่วน A-pillar ที่ผลิตจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa



รูปที่ 5 : True stress-strain ของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa

A-pillar แบบ Single material

ในบทความนี้จะกล่าวถึงแนวทางการผลิต A-pillar ดังรูปที่ 4 ที่ผลิตจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa มิใช่แผ่นเหล็กต่างคุณลักษณะหรือที่เรียกว่า Tailor Welded Blanks (TWBs) ซึ่งในการผลิต A-pillar จากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa นี้มิใช่แค่ต้องการจะขึ้นรูปครั้งเดียวให้ได้ชิ้นงานที่มีความแม่นยำสูงเกิน 80% (± 1 mm) แต่ยังมีเป้าหมายเพื่อศึกษาพฤติกรรมการดีดตัวกลับ การบิดตัว และการขึ้นรูปไม่สำเร็จ ซึ่งสามารถเรียงลำดับการทำงานได้ดังต่อไปนี้

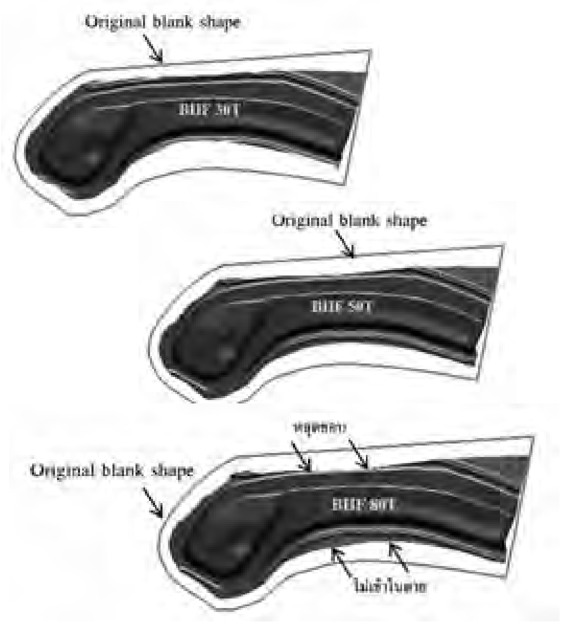
1. ทดสอบสมบัติทางกลสำหรับใช้ใน The Y-U model

ในการทดสอบสมบัติทางกลนั้นเราได้ใช้ Axial extensometer และ Width sensor เพื่อเก็บข้อมูลความเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานขณะทดสอบ จากนั้นจึงนำข้อมูลไปคำนวณหาค่าความเค้นและความเครียดจริง (True stress-True strain) ดังรูปที่ 5 ในส่วนนี้สำคัญมากเนื่องจากต้องให้ความละเอียดระหว่างทดสอบ โดยต้องสังเกตความเปลี่ยนแปลงของชิ้นงานทดสอบตลอดเวลา

2. การประเมินความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป A-pillar ด้วย The Y-U model

เมื่อได้สมบัติทางกลของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa จึงนำไปสู่การหา Parameters ของ The Y-U model ในการผลิตชิ้นส่วน A-pillar จำเป็นต้องคำนวณเพื่อให้เกิดความมั่นใจที่สุดว่าจะสามารถขึ้นรูปชิ้นงานนั้นได้อย่างสมบูรณ์ ไม่เกิดการฉีกขาดและได้มิติความแม่นยำตามความต้องการ และวิธีการออกแบบแม่พิมพ์ด้วย FEM นี้จะเรียกว่าการคำนวณด้วยฟังก์ชัน Die compensation ซึ่งเป็นการคำนวณที่ยึดเอามิติ รูปร่างของชิ้นงานเป็นหลัก จากนั้นคอมพิวเตอร์จะคำนวณ Process parameters ที่เหมาะสมให้อาทิเช่น แรงกดของ Blank holder รูปร่างของ Draw bead รูปร่างของแผ่นชิ้นงานเริ่มต้น แรงกดย้ำในขั้นตอนสุดท้าย

ทั้งนี้ผู้ที่ประเมินผลต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญและมีประสบการณ์สูงเพียงพอที่จะประเมินได้ว่า สิ่งที่คอมพิวเตอร์คำนวณนั้นสามารถนำไปสร้างแม่พิมพ์ได้หรือไม่ ดังรูปที่ 6 แสดงตัวอย่างของผลการวิเคราะห์แรงกดจากแผ่น Blank holder ที่แตกต่างกัน จากการคำนวณสังเกตได้ว่า เมื่อให้แรงกด Blank holder force ต่างกัน ส่งผลให้ชิ้นงานสำเร็จมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นความแม่นยำของการคำนวณเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการกำหนด Conditions ในการทำงาน



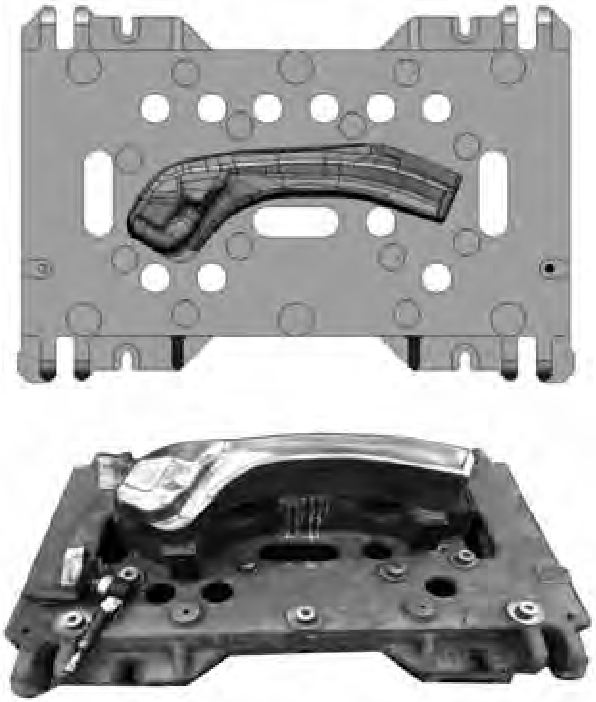
รูปที่ 6 : ผลการวิเคราะห์ความสำเร็จของการขึ้นรูปเมื่อใช้แรงกดของ Blank holder ต่างกัน

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์

3. การสร้างแม่พิมพ์และกำหนดเงื่อนไขในการขึ้นรูป A-Pillar 980 MPa

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วถึงการจำลองการขึ้นรูปด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยวิธีการ Die compensation ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้สภาวะการทำงานที่เหมาะสม ซึ่งภายหลังจากการคำนวณจึงได้ชุดแม่พิมพ์ที่มีข้อกำหนดให้ผลตามที่เราต้องการ

ในรูปที่ 7 (บน) แสดงรูปร่างของพันช์ที่ได้จากการคำนวณ Die compensation ซึ่งผลในการคำนวณพบว่าต้องมีรูปร่างตามลักษณะนี้จึงจะขึ้นรูปสำเร็จ เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ทั้งหมดภายใต้การดูแล และตัดสินใจจากผู้เชี่ยวชาญที่มีประสบการณ์จึงนำไปผลิตเป็นชุดแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 7 (ล่าง) ในควบคุมการผลิตนั้นก็จำเป็นต้องรักษาความแม่นยำของพิกัดต่างๆ ให้เป็นไปตามการคำนวณจาก Die compensation



รูปที่ 7 : แม่พิมพ์ขึ้นรูป A-pillar เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด 980 MPa

4. Die try out

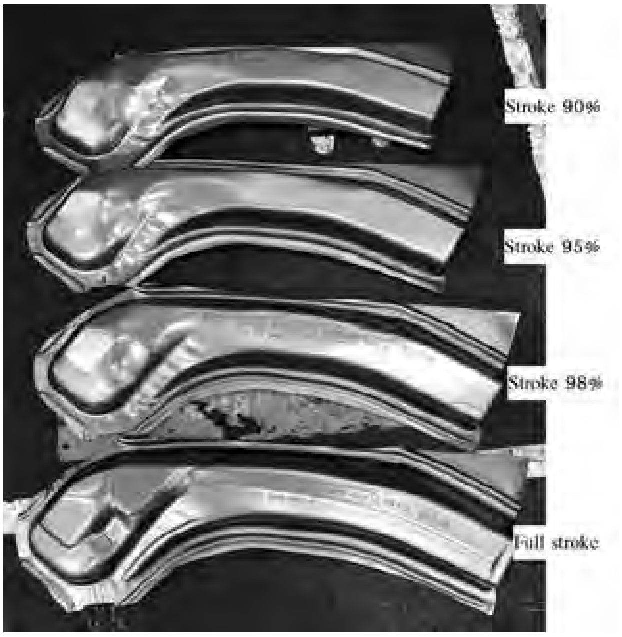
ในขั้นตอนนี้คือการทดลองปั๊มขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์โดยติดตั้งชุดแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องเพรสประการสำคัญคือต้องกำหนดเงื่อนไขดังนี้

- เตรียมแผ่นชิ้นงานเปล่าให้มีรูปร่างตรงกันกับการคำนวณ,
- ปรับตั้งแรงของ Blank holder force,
- Main pressure 650ตัน
- สารหล่อลื่นที่จำเป็น
- รวมไปถึงการวางชิ้นงานบนแม่พิมพ์

****ทุกอย่างต้องตรงกันกับการคำนวณ***

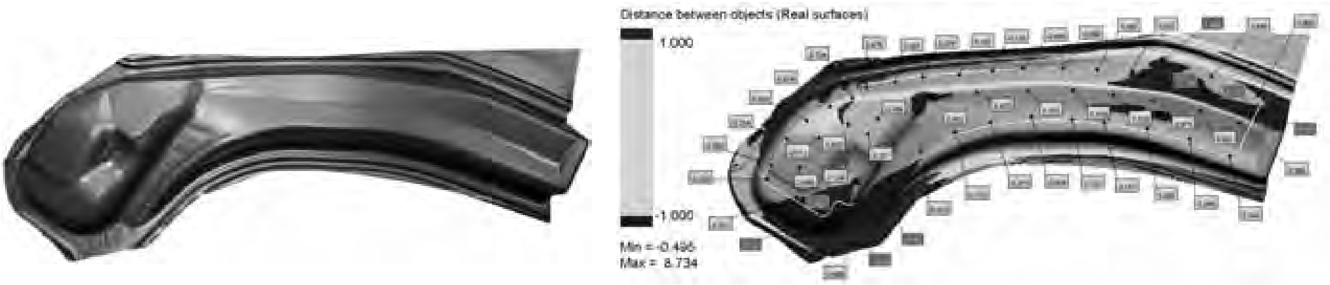
5. การตรวจสอบพิกัดความถูกต้องของชิ้นงาน A-pillar

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงาน A-pillar วัสดุ 980 MPa ด้วยการระบุในการตรวจสอบทั้งหมด 50 จุด ด้วยความคาดหมายที่ 80% ±1 มม. ผลการตรวจสอบพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วย PAM STAMP โดยใช้เทคนิคการซ้อนกันของโฟรไฟล์ผลลัพธ์ที่ได้คือความแม่นยำที่ 84 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ 9 (ขวา)



รูปที่ 8 : ชิ้นงานสำเร็จ A-pillar เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เกรด 980 MPa

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



รูปที่ 9 : ผลการวัดชิ้นงาน A-pillar เหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa สำเร็จเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วย PAM STAMP

6. ความสำเร็จจากการบริหารเทคโนโลยี

6.1 การลดต้นทุนวัสดุสำหรับการลองพิมพ์

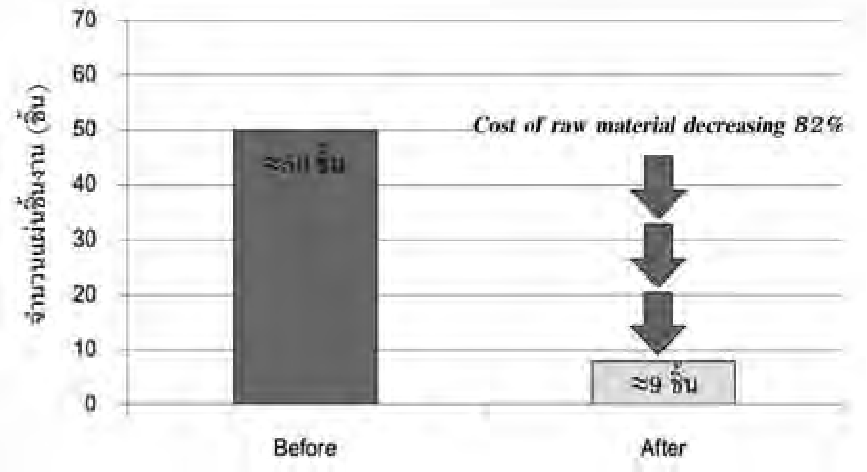
ต้นทุนด้านวัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเป็นอีกปัจจัยที่ต้องพิจารณาอย่างรอบคอบเนื่องจากต้องสั่งจากต่างประเทศและมีข้อจำกัดในปริมาณการสั่งซึ่งอาจจะต้องสั่งผ่านบริษัทคู่ค้า ในรูปที่ 10 แสดงปริมาณแผ่นชิ้นงานสำหรับการ Try out ในการทำงาน จากประสบการณ์ก่อนหน้าอาจต้องการแผ่นชิ้นงานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 980 MPa ราวๆ 50 ภายหลังจากการคำนวณด้วย The Y-U model สามารถขึ้นรูปสำเร็จโดยใช้แผ่นชิ้นงานเปล่าเพียง 9 ชิ้น ซึ่งคิดเป็นต้นทุนที่สามารถลดค่าวัสดุชิ้นงานได้ถึง 82% และในอนาคตหากต้องผลิตชิ้นส่วนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 1180 หรือ 1470 MPa คาดว่าจะสามารถควบคุมปริมาณต้องการแผ่นชิ้นงานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงสำหรับการลองพิมพ์ได้เป็นอย่างดี

อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าการเสาะแสวงหาวัสดุสำหรับการทำงานนั้นเป็นข้อจำกัดที่มิอาจหลีกเลี่ยงได้ แต่เราอาจแก้ไขได้ด้วยการสร้างฐานข้อมูลของวัสดุเก็บไว้เพื่อสามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการ

6.2 ระยะเวลาในการส่งมอบงานเร็วขึ้น

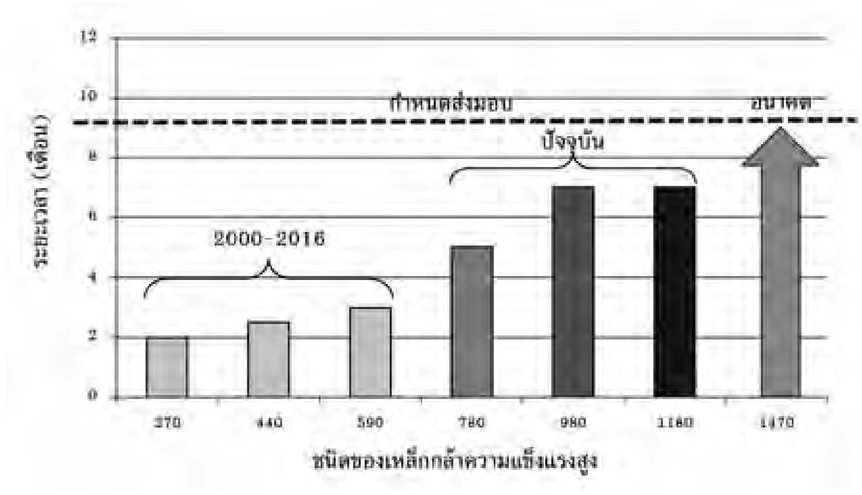
การกำหนดระยะเวลาการส่งมอบงานถือเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญที่สุดในการบริหารการผลิตชิ้นส่วนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง เนื่องจากระยะเวลานั้นส่งผลกระทบต่อด้านอื่นมากมายเช่น ต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ผลกำไรลดลง รวมไปถึงโอกาสทางการค้าในอนาคต ดังนั้นหากสามารถกำหนดระยะเวลาได้แน่นอนตั้งแต่เริ่มรับผลิตจะเป็นผลดีต่อโรงงานเป็นอย่างมาก ซึ่งที่ผ่านมานั้นทางโรงงานมีความสามารถในการจัดการชิ้นส่วนเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 590 ในระยะเวลาประมาณสี่เดือน อย่างไรก็ตามในปัจจุบันชิ้นส่วนที่ผลิตจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 590 มีจำนวนน้อยลง และในอนาคตจำเป็นต้องผลิตชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงขึ้นตามลำดับ ซึ่งเวลาเฉลี่ยของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงส่งมอบนั้นเฉลี่ยคือ 9 เดือน

ผลที่ได้จากโครงการนี้สามารถนำไปเป็นแนวทางในการกำหนดระยะเวลาผลิตชิ้นส่วนเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 780 MPa ได้ภายในประมาณ 5 เดือน ในอนาคตสามารถ



รูปที่ 10 : ปริมาณแผ่นชิ้นงานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa สำหรับการ Try out

โดย รศ.ดร.คมกริช ละวรรณวงษ์



รูปที่ 11 : การบริหารระยะเวลาในการส่งมอบงาน

นำเทคโนโลยีและแนวทางในการบริหารจัดการผลิตชิ้นส่วนจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงไปต่อยอด ซึ่งคาดว่าจะสามารถผลิตชิ้นส่วนจากเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 980 และ 1180 MPa ได้ภายใน 7 เดือน สำหรับเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง 1470 ถือได้ว่าเป็นโจทย์ที่ท้าทายและจะเข้ามาใน Production line ในอนาคตอันใกล้ ซึ่งเราเชื่อว่าการผลิตชิ้นส่วนที่มีความแข็งสูงและการยืดตัวต่ำ ต้องการพื้นฐานข้อมูลที่แม่นยำและมากพอที่จะวางแผนการรับงานผลิตซึ่งอยู่ในกรอบระยะเวลาที่เราสามารถกำหนดได้เช่นกัน ดังรูปที่ 11

7. บทส่งท้าย

การผลิต A-pillar แบบโครงเดี่ยวถือว่าเป็นงานที่มีความท้าทายอย่างมากในการเอาชนะการแตกร้าว การดีดตัวกลับและการบิดตัว ดังนั้นการวิเคราะห์พฤติกรรมของเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงขณะเปลี่ยนรูปจึงต้องอาศัยการคำนวณด้วย FE-simulation ที่แม่นยำคือ The Y-U model เพื่อเข้าใจถึงสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆ ในขณะที่ชิ้นงานยังอยู่ในแม่พิมพ์ จากนั้นจึงนำข้อมูลต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปชิ้นส่วน A-pillar ผลการดำเนินงานผลิตชิ้นส่วน A-pillar ด้วยวัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa สามารถสรุปเป็นประเด็นสำคัญได้ดังนี้

- พฤติกรรมการดีดตัวกลับและการบิดตัวของ A-pillar จากวัสดุชิ้นงานเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa สามารถทำนายได้จากการใช้ The Y-U model
- การฉีกขาดของชิ้นงานที่เกิดขึ้นระหว่างการขึ้นรูปถูกแก้ไขเรียบร้อย ด้วยอาศัยหลักการประมาณค่า % Thinning
- จากแนวทางการออกแบบแม่พิมพ์ด้วย PAM-STAMP ร่วมกับ The Y-U model ส่งผลให้ความถูกต้องของ A-pillar วัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงเกรด 980 MPa มีความแม่นยำที่ 84% จากการการตรวจสอบทั้งหมด 50 จุด ที่พิกัด ±1 มม.
- ผลสำเร็จในด้านการลดต้นทุนค่าวัสดุสำหรับ Die try out ด้วยการคำนวณที่แม่นยำสามารถสามารถขึ้นรูปสำเร็จโดยใช้แผ่นชิ้นงานเพียง 9 ชิ้น จากที่เตรียมไว้ถึง 50 ชิ้น ส่งผลให้ลดค่าวัสดุชิ้นงานได้ถึง 82%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ESI group ที่ให้การสนับสนุนโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ PAM-STAMP V.2020

ขอขอบคุณ Summit Auto Body Thailand (SAB)

23 มิถุนายน 2565

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก"
บรรยายโดย : อ.วิเชียร ศรีสวัสดิ์ **สนับสนุนโดย :** RX TRADEX

24 มิถุนายน 2565

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง
"การวิเคราะห์และปรับปรุงระบบหล่อเย็นของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วย Moldflow Simulation & Mouldflo Monitoring"
บรรยายโดย : อ.เชิดรวัช วรราช Technical Manager / Moldflow & Mouldflo บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด
สนับสนุนโดย : บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

21
กรกฎาคม 2565

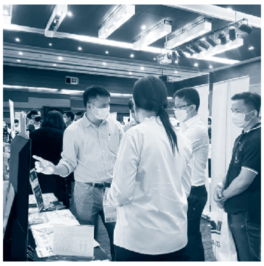
กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 27 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

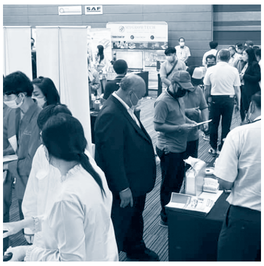
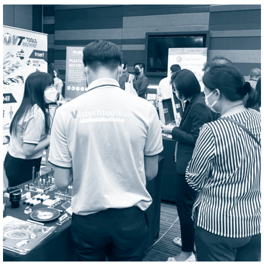
การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การจัดซื้อจัดจ้างในยุคดิจิทัล" บรรยายโดย : ดร.ทอง พุทธลอด

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "หลักการออกแบบผลิตภัณฑ์และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก" บรรยายโดย : อาจารย์วิเชียร ศรีสวัสดิ์

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การแก้ปัญหาในงานปั๊มโลหะและการเพิ่มอายุการใช้งานแม่พิมพ์"
บรรยายโดย : รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ



21 กรกฎาคม 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 27 จังหวัดพระนครศรีอยุธยา

ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ

28 กันยายน 2565

กิจกรรม Meet Mold Maker's ครั้งที่ 1

เข้าเยี่ยมชม บริษัท สมบูรณ์ ฟอร์จจิ้ง เทคโนโลยี จำกัด

เข้าเยี่ยมชม บริษัท บียอนนิคส์ (ประเทศไทย) จำกัด

18 ตุลาคม 2565

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การลดขั้นตอนและเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ด้วยเทคนิค CAD CAM ขั้นสูง"

บรรยายโดย : ผศ.มนัส เหรัญญกิจ และ คุณจิรวัฒน์ โพธิสิทธิ์ **สนับสนุนโดย :** บริษัท เซียน จิ้น เทรดดิ้ง จำกัด

20 ตุลาคม 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 28 จังหวัดระยอง

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "เทคนิคการเจรจาต่อรองยุค 5G"

บรรยายโดย : ดร.ทอง พุทรลอด CEO NPT Consultant group

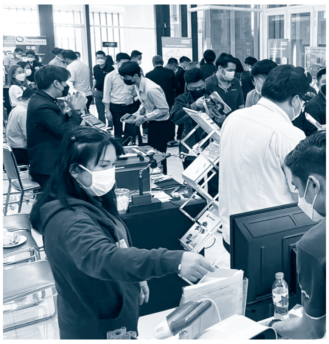
20 ตุลาคม 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 28 จังหวัดระยอง

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การผลิตชิ้นงานฉีดพลาสติกแบบเบื้องต้นและขั้นสูงร่วมกับการใช้คอมพิวเตอร์ประยุกต์เพื่อวิเคราะห์ปัญหาในอุตสาหกรรม" บรรยายโดย : ผศ.มนัส เหรัญญกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การแก้ปัญหาในงานปั๊มโลหะและการเพิ่มอายุการใช้งานแม่พิมพ์"
บรรยายโดย : รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์ และ ผศ.จิราพร ศรีประเสริฐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ



20
ตุลาคม 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 28 จังหวัดระยอง

ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ

20 ตุลาคม 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 28 จังหวัดระยอง
ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ

17 พฤศจิกายน 2565

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "หลักการในงานแม่พิมพ์โลหะและการเพิ่มอายุการใช้งานแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ"
บรรยายโดย : ผศ.ดร.ภาสพิรุฬห์ วัชรศรีสำเริง รองอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
สนับสนุนโดย : RX Tradex ผู้จัดงาน METALEX

29 พฤศจิกายน 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 29 จังหวัดปราจีนบุรี
การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง "การควบคุมต้นทุนในงานจัดซื้อจัดจ้างยุค 5G"
บรรยายโดย : ดร.ทอง พุทรลอด CEO NPT Consultant group

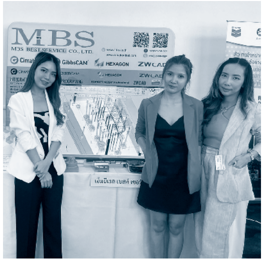
29 พฤศจิกายน 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 29 จังหวัดปราจีนบุรี

การสัมมนาทางวิชาการเรื่อง
"การวิเคราะห์ปัญหาในงานฉีดพลาสติร่วมกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์และอนาคตการผลิตชิ้นส่วนจากพลาสติกชีวภาพ"
บรรยายโดย : ผศ.มนัส เหรัญญกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ผศ.ดร.จิตติวัฒน์ นิธิกาญจนธาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และ
คุณนพพริษฐ์ วสันต์บังงิ้ม สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

การสัมนาทางวิชาการเรื่อง "การบำรุงรักษาเชิงป้องกันสำหรับแม่พิมพ์ปั๊มโลหะ"
บรรยายโดย : รศ.ดร.วารุณี เปรมานนท์ และ ผศ.จิราพร ศรีประเสริฐ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

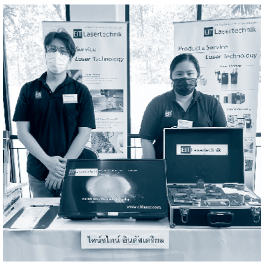
ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ

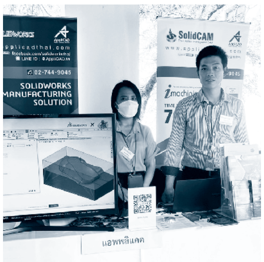


29 พฤศจิกายน 2565

กิจกรรม TDIA ROADSHOW ครั้งที่ 29 จังหวัดปราจีนบุรี

ภาพบรรยากาศการจัดแสดงสินค้าและเยี่ยมชมบูธ





TDIA ROADSHOW PLANNING 2023

เชิญชวนผู้ประกอบการแม่พิมพ์ และผู้สนับสนุนงานผลิตแม่พิมพ์
ร่วมออกงานแสดงสินค้าในงาน "TDIA ROADSHOW 2023"

#30 **CHONBURI,** February 2023

#31 **AYUTTHAYA,** May 2023

#32 **RAYONG,** August 2023

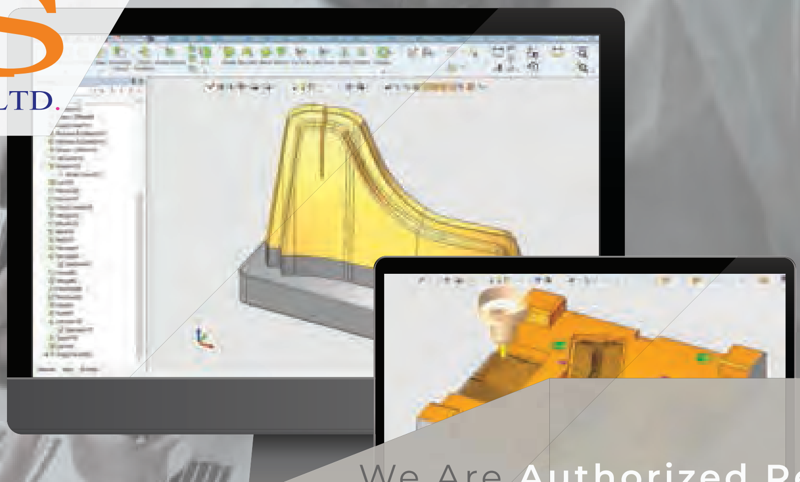
#33 **PRACHINBURI,** November 2023

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม

02 712 4518-19, 087 559 1878
@TDIA
tdia.thailand@gmail.com
TDIA Channel
TDIA สมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย
www.tdia.or.th

MBS 1994

MBS 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
FTI is Hexagon

ซอฟแวร์วิเคราะห์ความสามารถ
ในการขึ้นรูปและประมาณราคา
ต้นทุนการผลิตชิ้นงานปั๊มโลหะ

ZWCAD

ซอฟต์แวร์เขียนแบบ 2D
ที่ดีที่สุดทดแทน ACAD
ได้อย่างดี

ABOUT
OUR COMPANY

บริษัท เอ็มบีเอส เบสท์ เซอร์วิส จำกัด

ก่อตั้งขึ้นจากผู้บริหารที่มีประสบการณ์จริงในการทำงาน ด้าน CAD/CAM มากว่า 28 ปี โดยได้เริ่มดูแลรับผิดชอบ โปรแกรม CIMATRON ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536 จนถึงปัจจุบัน นับเป็นผู้ที่มีประสบการณ์ในการให้บริการ CIMATRON ยาวนานมากที่สุดในประเทศไทย

บริษัท เอ็มบีเอส เบสท์ เซอร์วิส จำกัด มีนโยบาย ที่เกิดขึ้นจากผู้บริหารที่ทำงานด้าน SERVICE มาก่อน จึงเข้าใจถึงปัญหาต่าง ๆ ของลูกค้าเป็นอย่างดี และได้ให้ นโยบายต่อพนักงานทุกคนให้เข้าถึงคำว่า **"SERVICE"** จึงทำให้ลูกค้ามั่นใจว่า **"เราคือผู้ที่เข้าใจ และแก้ปัญหางาน ให้ลูกค้าได้จริง"** รวมถึงให้ลูกค้าได้ใช้โปรแกรมที่มีเทคโนโลยี ใหม่ล่าสุดในราคาที่เหมาะสม

FACEBOOK LINE@

CONTACT US

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

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

Productive, Adaptive EDM Technologies for Efficency and Reduced Machining Time

EDGE*i* SERIES

Compact Precision Sinker EDMs

Low Electrode Wear

- **Super Spark IV Technology** : **Aggressive Machining** by continuing the Spark Discharge even during jumps **up to 50% machining time reduction**
- **Super Surface** : Provides Fine Satin Finish of **Uniform Quality Surface** Finishes as fine as RA 0.1 μm
- **Super Edge** : Realizes **Sharp Corner** as tiny as 8 μm to **satisfy precision mold workpiece** with tight requirements

Contact Us to Learn How We Can Help

+66 (0)2 017-0123

About Us

Follow Us

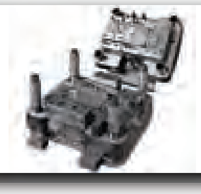
MAKINO

Promise of Performance

บริการแบบ Door-to-Door ครบวงจร ด้วยความเชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมพื้นผิว มาตรฐานสากล

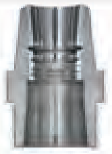
บริการที่ทันสมัย ตอบสนอง ในทุกกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ของคุณ ด้วยรูปแบบดิจิตัล

- 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

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

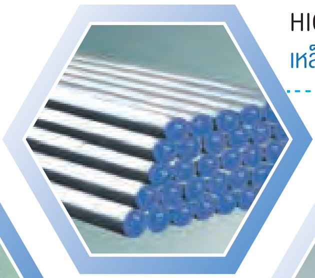
PRODUCER OF HOT / COLD WORK TOOL STEEL AND HIGH SPEED STEEL WITH NEW TECHNOLOGY OF SPRAY INGOT MATERIAL AND POWDER MATERIAL

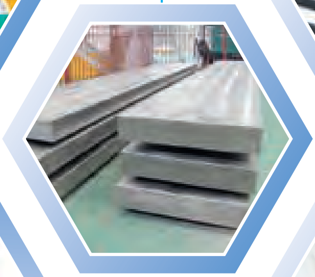
TG (Tiangong International Company Limited) has a full production equipment including electric arc furnace, finery, intermediate frequency furnace, electroslag remelting furnace, HSS conticaster, quick foring, 300 350 400 550 650 rolling mill complex, continuous rolling, cold rolling, cold drawing, continuous 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.

COLD WORK TOOL STEEL
เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น

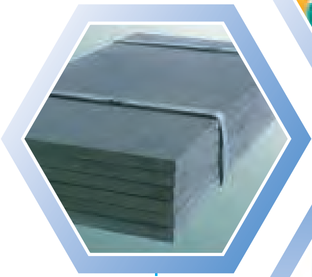
PLASTIC DIE STEEL
เหล็กแม่พิมพ์พลาสติก

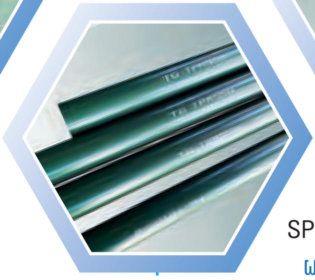
HIGH SPEED STEEL
เหล็กกล้าความเร็วสูง





TITANIUM ALLOY
โลหะผสมไทเทเนียม





SPRAY FORMING PRODUCTS
ผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีสเปรย์

HOT WORK TOOL STEEL
เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน

POWDER MATERIAL
ผลิตภัณฑ์จากเทคโนโลยีผง

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

ความสำคัญของพฤติกรรมการคงรูปของยาง สำหรับการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์
หน่วยปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลักษณะทางกายภาพของยาง (Elastomer) คือ เป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง ทนทานต่อการฉีดขาด และสามารถดูดซับพลังงานได้มาก ซึ่งเมื่อออกแรงดึงยางจะพบว่า ยางจะสามารถยืดตัวได้หลายเท่าของความยาวปกติ และสามารถคืนสู่รูปทรงเดิมได้เมื่อคลาดแรงออก โดยไม่เกิดการเสียหายหรือเสียรูปถาวร (Permanent Deformation) ด้วยคุณลักษณะที่เด่นดังกล่าวนี้ ยางจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายในอุตสาหกรรมด้านต่างๆ อาทิ ท่อยางอ่อนในห้องเครื่องยนต์ (Hoist) โอริง (O-ring) อุปกรณ์ลดการสั่นสะเทือน (Damping) ถุงมือยางสำหรับใช้ในทาการแพทย์ (Examination Glove) รองเท้า (Footwear) ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ยาง ที่ใช้ในทางอุตสาหกรรมดังกล่าวนี้ มักถูกเข้าใจว่ามีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำยางต้นยางพารา (ยางธรรมชาติ, Natural Rubber) หรือการสังเคราะห์ปิโตรเคมีให้มีสารโครงสร้างทางเคมีเหมือนยางพารา (ยางสังเคราะห์, Synthetic Rubber) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ยังมีพอลิเมอร์อีกประเภทหนึ่งที่มีสมบัติเชิงกลที่ยืดหยุ่นเหมือนกับยางแต่มีโครงสร้างทางเคมีเป็นเทอร์โมพลาสติก ที่เรียกกันว่า เทอร์โมพลาสติกอิลาสโตเมอร์ (Thermoplastic Elastomer) หรือ ทีพีอี (TPE)

แม้ว่ายางจากน้ำยางของต้นยางพาราหรือยางสังเคราะห์จากปิโตรเคมี (ในที่นี้ขอเรียกว่ายาง) และทีพีอี จะมีสมบัติกายภาพเหมือนกัน จนมักถูกเข้าใจผิดกันว่าเป็นวัสดุประเภทเดียวกัน แต่แท้จริงแล้วนั้นวัสดุทั้งสองประเภทมีสมบัติเชิงพอลิเมอร์ที่ต่างกัน ประการแรก ยางมีน้ำหนักของโมเลกุลพอลิเมอร์มากกว่าทีพีอี ยางจึงปรากฏความหนาแน่นสูงกว่า ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากชิ้นงานที่มีปริมาตรเท่ากัน ยางจะมีน้ำหนักมากกว่าทีพีอี ประการที่สอง ยางมีสมบัติเป็นเทอร์โมเซตพอลิเมอร์ (Thermosetting Polymer) ส่วน ทีพีอี มีสมบัติเป็นเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Polymer) ดังนั้นยางจึงสามารถผ่านการคงรูปได้เพียงครั้งเดียว และไม่สามารถนำยางที่ผ่านการคงรูปแล้วนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ในขณะที่ทีพีอีนั้นสามารถผ่านการคงรูปได้หลายครั้งและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ นอกจากนั้นแล้ว ยางใช้ความร้อนในการคงรูปเพื่อกระตุ้นให้สารเคมีที่ผสมอยู่ในเนื้อยางเกิดปฏิกริยาวัลคาไนซ์เซชัน (Vulcanization Reaction) ซึ่งจะทำให้ยางเกิดโครงสร้างภายในเชื่อมต่อเป็นร่างแห (Cross-link Structure) และเกิดการคงรูปถาวร ส่วนทีพีอีนั้นจะใช้การดูดความร้อนออกจากพอลิเมอร์ในการคงรูป โดยระหว่างการคงรูปนั้นจะไม่มีปฏิกริยาทางเคมีเข้ามาเกี่ยวข้อง ดังนั้น แม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปยางจะต้องมีแหล่งกำเนิดความร้อนอยู่ภายใน (Heating Element) ส่วนแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปทีพีอีนั้นจะมีลักษณะ

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์

เช่นเดียวกับแม่พิมพ์ขึ้นรูปพลาสติกซึ่งต้องมีท่อน้ำหล่อเย็น (Cooling Channel) เพื่อใช้ดูดความร้อนออกจากพอลิเมอร์ ดังนั้นแล้ว ข้อคำนึงประการหนึ่งเมื่อต้องออกแบบแม่พิมพ์หรือออกแบบกระบวนการขึ้นรูป คือ ต้องทราบอย่างชัดเจนว่าพอลิเมอร์ชนิดดังกล่าวนั้นเป็นเทอร์โมเซตพอลิเมอร์ หรือเทอร์โมพลาสติก

สำหรับกระบวนการขึ้นรูปยางนั้น วัตถุดิบที่นำมาใช้ขึ้นรูปถูกเรียกว่ายางคอมปาวด์ (Compound Rubber) อันเป็นวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของยางดิบและสารเคมีแต่งเติมสำหรับปรับปรุงสมบัติ (Additive) รวมถึงสารที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เซชัน (Vulcanization Agent) สำหรับกระบวนการคงรูปด้วยแม่พิมพ์นั้น ยางคอมปาวด์จะถูกให้ความร้อนในขั้นต้นประมาณ 90-110 องศาเซลเซียส เพื่อเปลี่ยนจากยางคอมปาวด์ที่มีลักษณะแข็งให้เป็นน้ำยางคอมปาวด์ที่เป็นของไหล จึงสามารถบังคับให้น้ำยางไหลไปตามท่อทางวิ่ง (Runner) ในแม่พิมพ์ หรือเปลี่ยนรูปร่างไปตามเบ้า (Cavity) รูปทรงของผลิตภัณฑ์ได้ เมื่อน้ำยางนี้ได้ถูกเติมเข้าไปในเบ้าจนเต็มแล้ว อุณหภูมิของแม่พิมพ์จะถูกทำให้สูงขึ้นประมาณ 160-220 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้น้ำยางคอมปาวด์เกิดการคงรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ ก่อนที่จะนำหรือปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

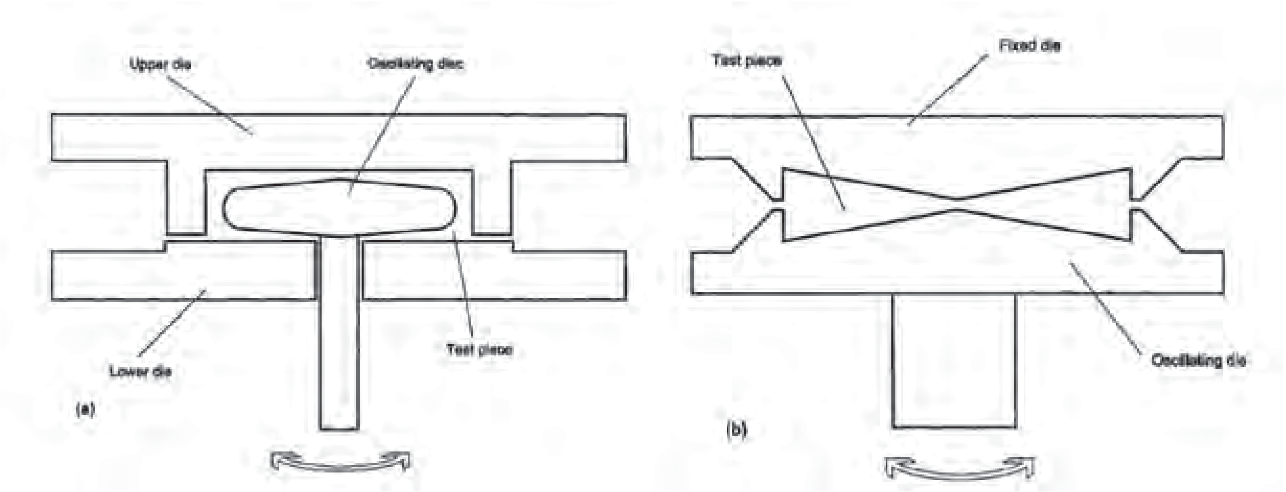
แม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการชึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางมีอยู่ 3 ประเภทด้วยกัน คือ แม่พิมพ์อัดขึ้นรูป (Compression Mold) แม่พิมพ์อัดส่ง (Transfer Mold) และแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูป (Injection Mold) ซึ่งการจะเลือกใช้แม่พิมพ์ลักษณะใดนั้น มักขึ้นกับขนาดของชิ้นงาน ความซับซ้อนของรูปทรงผลิตภัณฑ์ จำนวนชิ้นที่ต้องการผลิต ต้นทุนต่อหน่วย และความหนืดของพอลิเมอร์ โดยเฉพาะในประเด็นของความหนืดนั้น พอลิเมอร์ที่มีความหนืดสูงมักจะขึ้นรูปด้วยการฉีดขึ้นรูปได้ยาก เพราะต้องใช้ความดันในการฉีดสูงเพื่อผลักให้น้ำยางคอมปาวด์ไหลไปตามทางวิ่งภายในแม่พิมพ์ จึงเหมาะกับการอัดขึ้นรูปมากกว่า ในขณะพอลิเมอร์ที่มีความหนืดน้อยกว่าจะเหมาะกับการฉีดขึ้นรูปมากกว่า

ไม่ว่ากระบวนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์แบบใดก็ตาม การทดสอบพฤติกรรมการคงรูปของยางคอมปาวด์ (Cure Characteristics) นั้นมีส่วนสำคัญที่ช่วยกำหนดพารามิเตอร์กระบวนการขึ้นรูป การทดสอบดังกล่าวเป็นการทดสอบสมบัติยางคอมปาวด์ที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการคงรูปนับตั้งแต่ยางคอมปาวด์เริ่มไหลตัวได้จนกระทั่งคงรูปเป็นผลิตภัณฑ์โดยเครื่องมือที่ใช้ทดสอบพฤติกรรมการคงรูปของยางคอมปาวด์คือเครื่องเอ็มดีอาร์ (Moving Die Rheometer, MDR) และเครื่องโอดีอาร์ (Oscillating Disc Rheometer, ODR) รูปที่ 1 และ 2

รูปที่ 1

ลักษณะของเครื่องทดสอบ
เครื่องเอ็มดีอาร์และโอดีอาร์

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์



รูปที่ 2 **(ซ้าย)** หลักการทำงานของเครื่องเอ็มดีอาร์ **(ขวา)** หลักการทำงานของเครื่องโอดีอาร์

ลักษณะของเครื่องเอ็มดีอาร์ประกอบด้วยแม่พิมพ์บน (Upper Die) และล่าง (Lower Die) ซึ่งสามารถเปิดออกและประกบปิดกันได้ ภายในเบ้าของแม่พิมพ์ที่ประกบกันจะมีแกนหมุน เมื่อทดสอบ แผ่นยางขนาด 15 กรัม หนาประมาณ 2 มิลลิเมตร จะถูกวางภายในเบ้าของแม่พิมพ์ เมื่อแม่พิมพ์ถูกประกบปิด ยางจะได้รับความร้อนด้วยอุณหภูมิคงที่ ซึ่งระดับอุณหภูมิถูกกำหนดตามอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการคงรูปจริง เช่น หากในการคงรูปใช้อุณหภูมิคงรูปที่ 170 องศาเซลเซียส ก็ใช้อุณหภูมิทดสอบที่ 170 องศาเซลเซียส เป็นต้น จากนั้นแกนหมุนจะหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงที่ และจะวัดค่าทอร์ก (Torque) ที่ใช้ในการหมุนออกมา ค่าทอร์กที่มากบ่งชี้ว่ายางมีความแข็งมาก (รูปที่ 2) ส่วนเครื่องโอดีอาร์นั้นจะมีเฉพาะแม่พิมพ์บน (Upper Die) และล่าง (Lower Die) เท่านั้น สามารถเปิดออกและประกบปิดกันได้ โดยแม่พิมพ์ล่างจะสามารถหมุนเพื่อวัดค่าทอร์กได้ด้วย (รูปที่ 2)

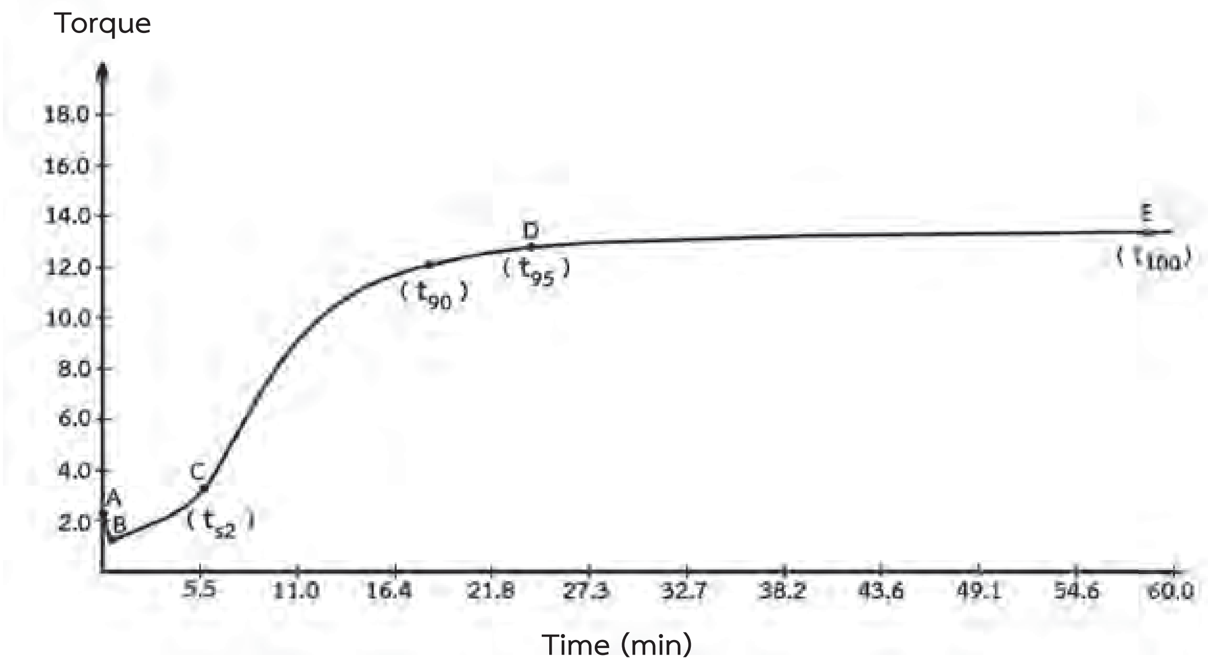
รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างกราฟที่ได้จากเครื่องเอ็มดีอาร์และเครื่องโอดีอาร์ แกนนอนเป็นเวลาส่วนแกนตั้งคือทอร์ก โดยแต่ละช่วงของกราฟอธิบายพฤติกรรมการคงรูปได้ดังนี้

จากจุด A ไปยังจุด B เป็นช่วงที่ยางคอมปาวด์เริ่มอ่อนตัว ยางคอมปาวด์เริ่มได้รับความร้อนและอ่อนตัวลง จึงทำให้มีความหนืดลดลงตามไปด้วย ส่งผลให้ทอร์กที่วัดได้มีค่าค่อยๆ น้อยลง โดยจุด B เป็นจุดที่ยางคอมปาวด์มีความหนืดต่ำที่สุดและอยู่ในสภาพไหลตัวได้

จากจุด B ไปยังจุด C เป็นช่วงที่ยางคอมปาวด์เริ่มคงรูป ยางคอมปาวด์จะได้รับความร้อนอย่างต่อเนื่องกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาวัลคาไนซ์เซชันทำให้เกิดการคงรูปภายในยางคอมปาวด์ ยางเริ่มแข็งทำให้ต้องใช้ทอร์กเพื่อบิดยางคอมปาวด์สูงมากขึ้น จุด C จะเรียกว่าจุด t_{s2} ซึ่งเป็นจุดสุดท้ายที่ยางคอมปาวด์สามารถไหลตัวได้อย่างสะดวก หากพ้นจากจุดนี้การวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์จะเกิดมากขึ้นจนไหลตัวได้ยาก

จากจุด C ไปยังจุด D ยางคงรูป ในช่วงนี้กราฟมีความชันสูงมาก บ่งชี้ถึงอัตราการวัลคาไนซ์ของยางคอมปาวด์สูง ส่งผลให้ทอร์กที่ใช้บิดยางคอมปาวด์สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด จุดที่สำคัญในช่วงนี้ คือ t_{90} และ t_{95} ซึ่งหมายถึง ยางคอมปาวด์เกิดการวัลคาไนซ์ (มีโครงสร้างแบบร่างแห) ร้อยละ 90 และ 95 ตามลำดับ

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์



รูปที่ 3 กราฟการทดสอบที่ได้จากเครื่องเอ็มดีอาร์และโอดีอาร์

จากจุด D ไปยังจุด E เป็นช่วงที่กราฟชันน้อยลงบ่งชี้ถึงอัตราการเกิดวัลคาไนซ์ในยางลดลง ยางคอมปาวด์ใกล้เกิดการคงรูปอย่างแข็งแรง จุดที่สำคัญ ในช่วงนี้คือ t_{100} ซึ่งเป็นเวลาที่คงรูปอย่างสมบูรณ์ แต่หากให้ความร้อน เกินกว่าจุดนี้ยางคอมปาวด์จะคงรูปเกินพอดี (Overcuring) ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการบวมแข็ง ผิวยางเป็นตำหนิไม่สวยงาม และโครงสร้างแบบร่างแหเริ่มถูกทำลายทำให้มีสมบัติเชิงกลลดลง

ในการกำหนดช่วงเวลาสำหรับการขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์ ผู้ที่ทำงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางด้วยแม่พิมพ์ยังมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสามารถใช้หลักการของการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกได้ ซึ่งมักทำให้เกิดความเสียหายในการขึ้นรูป รวมถึงไม่สามารถขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งที่แท้จริงแล้วนั้นการกำหนดช่วงเวลาสำหรับการขึ้นรูปยางด้วยแม่พิมพ์ต้องใช้กราฟผลทดสอบจากเครื่องเอ็มดีอาร์และเครื่องโอดีอาร์อ้างอิง โดยกระบวนการขึ้นรูปแต่ละประเภทมีวิธีการกำหนดช่วงเวลาที่สำคัญในการขึ้นรูปเมื่ออ่านค่าจากกราฟ ดังนี้

กระบวนการอัดขึ้นรูปนั้น เวลาที่สำคัญคือ

(1) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเมื่อปิดแม่พิมพ์เพื่อให้ยางคอมปาวด์ที่ถูกป้อนเข้าไปในเบ้าเปลี่ยนรูปทรงตามเบ้าผลิตภัณฑ์ จนกระทั่งถึงการย้ำไล่อากาศนั้น ต้องมีระยะเวลารวมไม่เกิดจุด t_{s2}

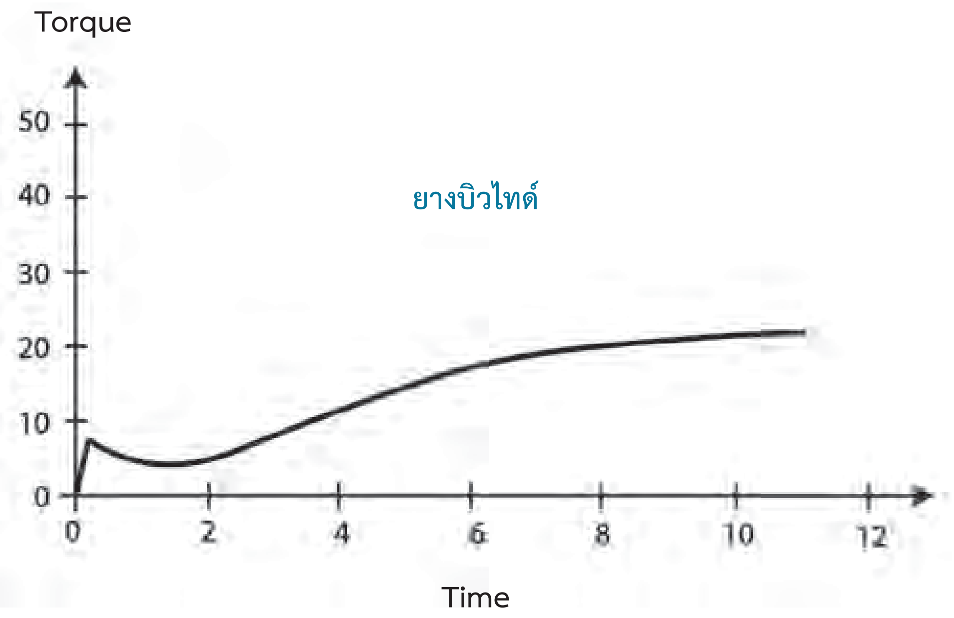
(2) ระยะเวลาคงรูป ซึ่งนับตั้งแต่การย้ำไล่อากาศเสร็จสิ้นจนกระทั่งถึงปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์นั้น (Vulcanizing Time) ไม่ควรเกิดระยะเวลาจากจุด t_{s2} ถึงจุด t_{90} หรือ t_{95}

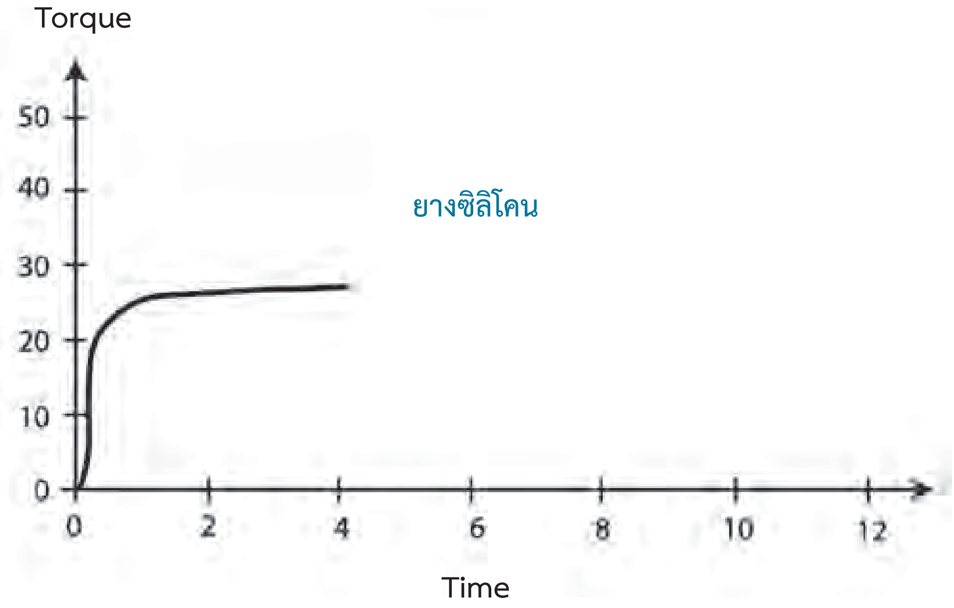
กระบวนการอัดส่งนั้น เวลาที่สำคัญคือ

(1) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มเมื่อปิดพ๊อตแม่พิมพ์เพื่อให้น้ำยางคอมปาวด์ที่ถูกป้อนเข้าไปในเบ้ารูปทรงผลิตภัณฑ์ (Injection Time) ต้องมีระยะเวลารวมไม่เกิดจุด t_{s2}

(2) ระยะเวลาคงรูป ซึ่งนับระยะเวลาตั้งแต่การน้ำยางคอมปาวด์เข้าไปสู่เบ้าเสร็จสิ้นจนกระทั่งปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์นั้น (Vulcanizing Time) ไม่ควรเกินระยะเวลาจากจุด t_{s2} ถึงจุด t_{90} หรือ t_{95}

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์





รูปที่ 4 กราฟพฤติกรรมการคงรูปของยาวบิวไทด์และยางซิลิโคน

กระบวนการฉีดขึ้นรูปนั้น เวลาที่สำคัญคือ

(1) ช่วงเวลาตั้งแต่เริ่มฉีดน้ำยางคอมปาวด์เข้าสู่แม่พิมพ์เพื่อให้ไหลตามทางวิ่งเข้าไปในเบ้ารูปทรงผลิตภัณฑ์ (Injection Time) ต้องมีระยะเวลารวมไม่เกินจุด t_{s2}

(2) ระยะเวลาคงรูป ซึ่งนับระยะเวลาตั้งแต่การน้ำยางคอมปาวด์เข้าไปสู่เบ้าเสร็จสิ้นจนกระทั่งปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์นั้น (Vulcanizing Time) ไม่ควรเกินระยะเวลาจากจุด t_{s2} ถึงจุด t_{90} หรือ t_{95}

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์

อนึ่ง ยางแต่ละประเภทมีพฤติกรรมการคงรูปที่เฉพาะยางบางตัว เช่น ยางซิลิโคน เกิดการคงรูปสมบูรณ์น้อยกว่า 1 นาที ในขณะที่ยางประเภทบิวไทด์อาจต้องใช้เวลามากกว่า 10 นาที เป็นต้น (รูปที่ 4) ดังนั้นข้อควรระวังคือกราฟของยางที่สูตรผสมของยางใกล้เคียงกันหรือมียางดิบที่เป็นวัตถุดิบหลักตัวเดียวกัน อาจมีพฤติกรรมการคงรูปที่แตกต่างกันได้ จึงไม่ควรใช้กราฟของยางที่ชนิดใกล้เคียงกันหรือมีส่วนผสมของสารแต่งเติมใกล้เคียงกันเพื่อเทียบเคียงใช้อ้างอิงในการกำหนดเวลาการขึ้นรูป

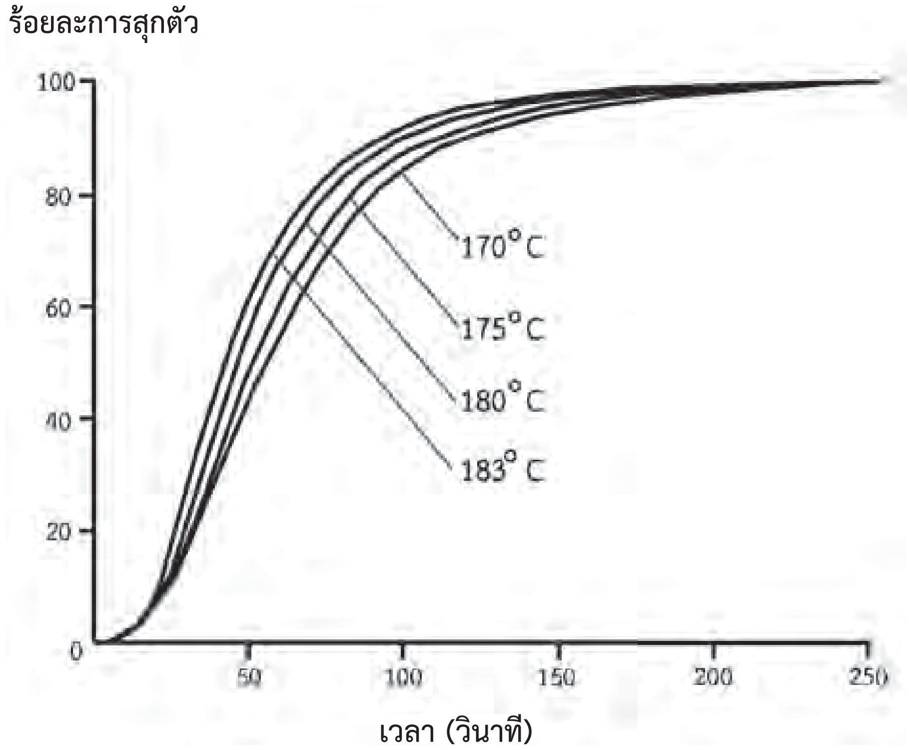
อย่างไรก็ตามผลการทดสอบที่ใช้สำหรับการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท สำหรับช่วงเวลาคงรูปนั้น อ้างอิงจากชิ้นยางทดสอบความหนา 2 มิลลิเมตร หากชิ้นงานมีความหนาน้อยกว่าหรือมากกว่า 2 มิลลิเมตร จะต้องใช้เวลาในการคงรูปนานมากขึ้น จึงต้องมีตัวประกอบการคูณ (Multiplication Factor) เวลาดังแสดงในตารางที่ 1 ยกตัวอย่างเช่น กราฟรายงานผลว่ายางคอมพาวด์ใช้เวลา 1 นาทีในการคงรูปร้อยละ 90 หากชิ้นงานหนา 8 มิลลิเมตรจะต้องใช้เวลา 1 x 3 = 3 นาที เป็นต้น

นอกจากนี้ยางคอมปาวด์จะเกิดกระบวนการวัลคาไนซ์เร็วขึ้นเมื่อมีอุณหภูมิสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5 ตำแหน่งจุดภายในกราฟทั้ง t_{s2} t_{90} t_{95} และ t_{100} จะเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นสิ่งที่ควรระวังคือ ควรตั้งระดับอุณหภูมิที่ใช้ในการทดสอบให้ตรงกับอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูป เพื่อให้ผลที่ทดสอบสามารถนำไปใช้อ้างอิงในการขึ้นรูปได้

ตารางที่ 1 ตัวประกอบการคูณสำหรับใช้ในการการคงรูป ณ t_{90}

ความหนาชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	ตัวคูณ
น้อยกว่าหรือเท่ากับ 1	0.5
2	1
4	2
8	3
16	4
30	6

โดย ณัฐพล จันทร์พาณิชย์



รูปที่ 5 พฤติกรรมการคงรูปยางชนิดเดียวกันด้วยอุณหภูมิที่ต่างกัน

สำหรับผู้ประกอบการที่ไม่มีเครื่องเอ็มดีอาร์ หรือเครื่องโอดีอาร์ สามารถขอรับบริการได้ที่

(1) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี

(2) ศูนย์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมยางไทย (RDCTRI) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อำเภอศาลายา จังหวัดนครปฐม

(3) สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร

(4) กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร

(5) สำนักเครื่องมือวิทยาศาสตร์และการทดสอบ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

PART ตอนที่ 16 ซิมูเลชั่น จำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ
Effective Plastic Injection Molding Simulation

บทสรุป ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ

โปรแกรมซิมูเลชั่นที่ใช้ในการจำลองการฉีดพลาสติก (Injection Molding Simulation Software) เกิดขึ้นเมื่อ 40 ปีก่อน (อ้างอิง : Moldflow) โดยเมื่อครั้งเริ่มต้นความสามารถของโปรแกรมยังทำได้เพียงการจำลองที่ไม่ซับซ้อน แต่ปัจจุบันความสามารถของโปรแกรมสามารถจำลองการฉีดพลาสติกได้เสมือนจริง สามารถวิเคราะห์ชิ้นงานพลาสติกที่มีความซับซ้อนได้ ผลลัพธ์จากซิมูเลชั่นจะนำมากำหนดแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อให้แม่พิมพ์มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ช่วยให้สามารถกำหนดขนาดเครื่องฉีดพลาสติกที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในการผลิต และป้องกันปัญหาไม่ให้เกิดขึ้นจากที่พบปัญหาก่อนในซิมูเลชั่น หรือแม้แต่ช่วยแก้ไขปัญหาจากกระบวนการฉีดพลาสติก และช่วยให้มีต้นทุนกระบวนการโดยรวมต่ำลง

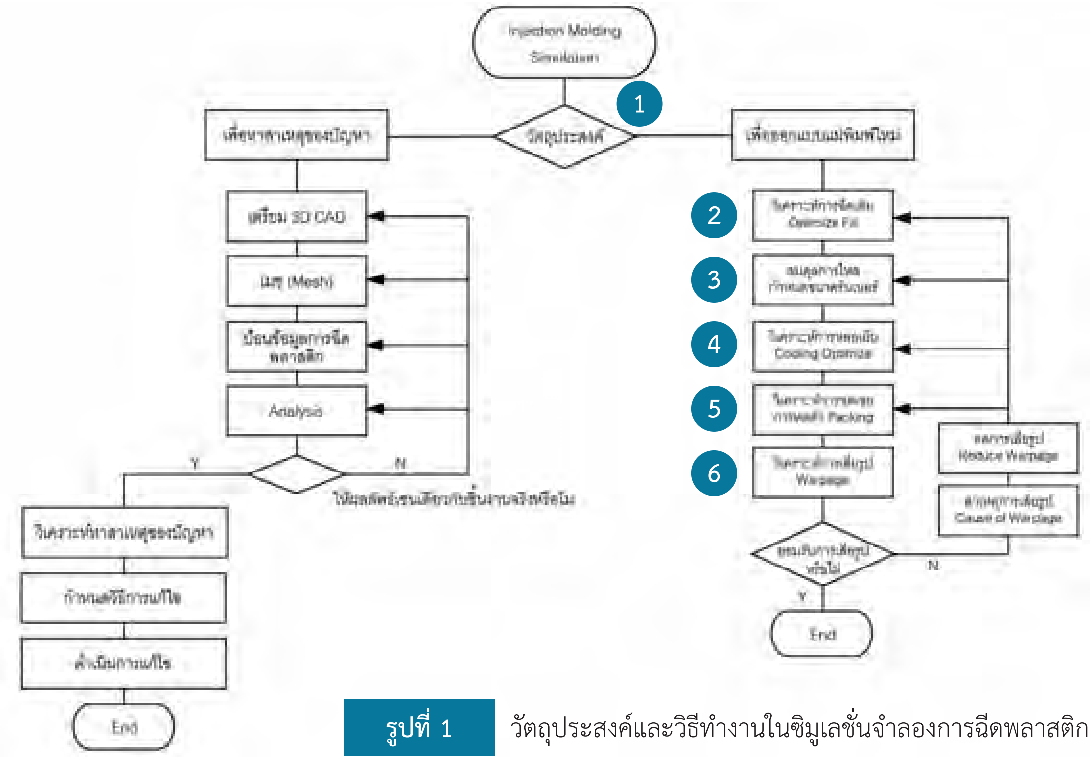
ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างถูกต้องและให้ผลลัพธ์อย่างมีประสิทธิภาพ เป็นเรื่องของกระบวนการ ขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้อง และจำเป็นต้องมีผู้ทำงานหรือทีมทำงานที่มีความรู้ที่ถูกต้องในงานซิมูเลชั่น เข้าใจกระบวนการในการคำนวณหรือการดำเนินการแก้ปัญหาอื่นๆ ของโปรแกรมซิมูเลชั่น (Algorithm) และชุดตัวแบบในการคำนวณ (Solver) ของโปรแกรม ต้องการทีมงานที่มีทักษะที่จำเป็นใน 4 ด้านทำงานร่วมกัน อันได้แก่ 1) ด้านความชำนาญในตัวโปรแกรมซิมูเลชั่น 2) ด้านการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก 3) ด้านความรู้ในตัวคุณสมบัติของพลาสติก และ 4) ด้านการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างถูกต้องและให้ผลลัพธ์อย่างมีประสิทธิภาพ ควรกำหนดขั้นตอนการทำงานอย่างไรเมื่อเริ่มการจำลองการฉีดพลาสติก คำถามแรกที่ต้องตอบ คือ วิศวกรทำซิมูเลชั่นจำลองการฉีดชิ้นงานพลาสติกเพื่อวัตถุประสงค์ใด คำตอบของคำถามจะเป็นตัวกำหนดขั้นตอนการทำงาน (Flow chart) ดังแสดงในรูปที่ 1 เพื่อให้การทำซิมูเลชั่นเสร็จสมบูรณ์ ซึ่งวิศวกรหรือผู้ออกแบบควรจะคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้ให้ชัดเจน เพื่อลดความสูญเปล่าและประหยัดเวลาในการวิเคราะห์ชิ้นงาน

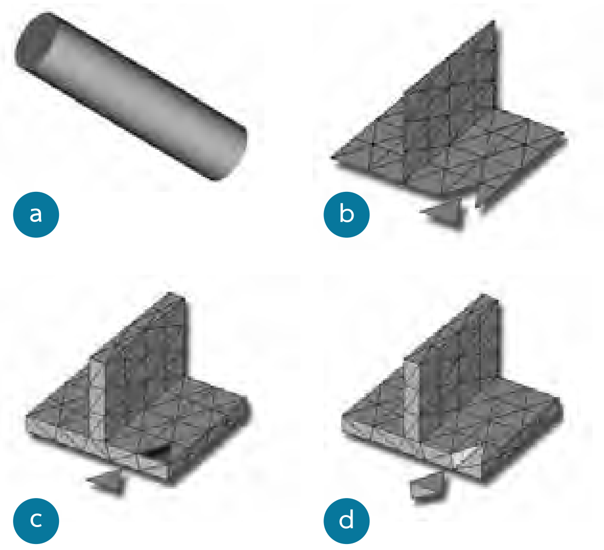
คุณภาพของเมชเอลิเมนต์หัวใจหลักของซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติก

เมชเอลิเมนต์ (Mesh Element) เป็นจุดเริ่มต้นและเป็นหัวใจของซิมูเลชั่น โดยวิศวกรจะต้องเตรียมชิ้นงาน 3 มิติ ให้เกิดเป็นส่วนย่อยๆ เรียกว่า เอลิเมนต์ (Element) มีจุดต่อตามมุมของเอลิเมนต์ เรียกว่า โหนด (Node) การเตรียมเอลิเมนต์หรือเมชที่ดีและเหมาะสมจะส่งผลให้ระยะเวลาในการคำนวณสั้นลงและผลลัพธ์มีความแม่นยำ ลักษณะของเอลิเมนต์เมชที่เป็นตัวแทนของช่องทางการไหล เช่น เกต รันเนอร์ สปรู และท่อน้ำในแม่พิมพ์ คือ เมชแบบ 1D Beam และอีก 3 ประเภทที่เป็นตัวแทนของชิ้นงาน คือ Midplane, Surface และ 3D (Tetrahedral mesh) ดังแสดงในรูปที่ 2

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด



รูปที่ 1 วัตถุประสงค์และวิธีทำงานในซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติก



รูปที่ 2 (a) 1D Beam,
(b) Midplane mesh (2D mesh),
(c) Surface mesh (2.5D mesh),
(d) 3D mesh (Tetrahedral)

ในการเตรียมเมชที่ดีและเหมาะสมต่อการซิมูเลชั่นก่อนอื่นจะต้องตรวจสอบลักษณะของ 3D CAD เป็นอันดับแรก ไม่ควรทิ้งรายละเอียดที่ส่งผลให้เมชด้อยคุณภาพ เช่น Fillet ขนาดเล็ก Chamfer ขนาดเล็ก ขอบหรือสะเต็ปขนาดเล็ก หลุมหรือรอยนูนบนผิวชิ้นงาน ตัวอักษรที่นูนหรือยุบ และขอบของพื้นผิวที่สั้น สิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลทำให้เมชมีคุณภาพต่ำ

6 กุญแจสู่ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ

1. การกำหนดวัตถุประสงค์ของการซิมูเลชั่น

วัตถุประสงค์หลักมีเพียง 2 ข้อ คือ
1) เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ใหม่
2) เพื่อย้อนหาสาเหตุของปัญหาที่ต้องการแก้ไข

การกำหนดวัตถุประสงค์ของการซิมูเลชั่นจะช่วยให้วิศวกรหรือผู้ออกแบบเลือกใช้โปรแกรมที่เหมาะสมกับประเภทของงานและวัตถุประสงค์ของการทำซิมูเลชั่น ซึ่งมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณาในการเลือกใช้งานโปรแกรม เนื่องจากโปรแกรมที่ถูกออกแบบจาก

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

ผู้ผลิตมีความสามารถที่แตกต่างกัน มีข้อจำกัดในการใช้งานต่างกัน วัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ชิ้นงานจะเป็นตัวบ่งบอกว่าผู้ใช้งานจะต้องวิเคราะห์สิ่งใดบ้างเพื่อบรรลุความต้องการในชิ้นงานนั้นๆ โดยทั่วไปจะแบ่งประเภทการวิเคราะห์ออกเป็น 4 แบบใหญ่ ได้แก่

- การฉีดเติม (Filling)
- การฉีดย้ำ (Packing)
- การหล่อเย็น (Cooling)
- การบิดตัว (Warp)

การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนจะทำให้วิศวกรหรือผู้ออกแบบสามารถระบุขั้นตอนที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาหรือวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาได้ แม้ชิ้นงานแต่ละชิ้นมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามขั้นตอนพื้นฐานในการทำซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกนั้นไม่แตกต่างกัน

2. การไหลต้องสมดุล FILL ต้อง Optimized !!

ขั้นตอนที่สำคัญที่สุดในการทำซิมูเลชั่นให้ความสำคัญกับการพิจารณารูปแบบการไหล (Flow pattern) เป้าหมายหลักคือเพื่อให้เกิดการไหลที่สมดุลและเกิดความดันฉีดที่เหมาะสมกับเครื่องฉีดพลาสติก เป็นการออกแบบแม่พิมพ์เชิงป้องกันเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นหรือให้เกิดปัญหาน้อยที่สุด

การทำ Fill Optimization นั้นไม่จำเป็นต้องเขียนแบบระบบเกต รันเนอร์ และระบบท่อน้ำ ทำให้ซิมูเลชั่นรวดเร็วขึ้นไม่เป็นคอขวดของขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์

การทำ Fill Optimization (รูปที่ 3) อาจต้องมีการทำซ้ำหลายครั้งเพราะมีการเปลี่ยนค่าตัวแปร เช่น การเปลี่ยนตำแหน่งเกต การเปลี่ยนความเร็วฉีด การปรับอัตราการไหลเพื่อให้การไหลคงที่ หรือต้องแก้ไขแบบชิ้นงาน ปรับเพิ่มความหนาหรือลดความหนา การทำงานในช่วง Fill Optimization ไม่ควรสูญเสียเวลานานเกินไป หากสามารถเข้าใจรูปแบบของโปรแกรมแต่ละโปรแกรมและเข้าใจถึงวัตถุประสงค์ของการทำงาน จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้รวดเร็วมากยิ่งขึ้น การเลือกใช้ฟังก์ชั่นโปรแกรมจำลองการฉีดพลาสติกให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ไม่ใช้เวลานานเกินไปกับการใช้ประเภทของเมชอิเลเม้นต์ที่ใช้เวลายาวนานในการคำนวณ ทำความเข้าใจวิธีการทำงานและเลือกใช้คำสั่งที่ช่วยให้การทำงานรวดเร็วขึ้น ใช้งาน 3D CAD Geometry จากโปรแกรมออกแบบโดยไม่ต้องแปลงไฟล์ การปรับปรุงรูปแบบการไหลให้เหมาะสมด้วยการใช้ Flow Leader และ Flow Deflector หรือการประมวลผลด้วย Cloud Computing ก็จะช่วยเร่งเวลาในการคำนวณได้เร็วมากขึ้นถึง 2-4 เท่า (อ้างอิง : Autodesk Moldflow)

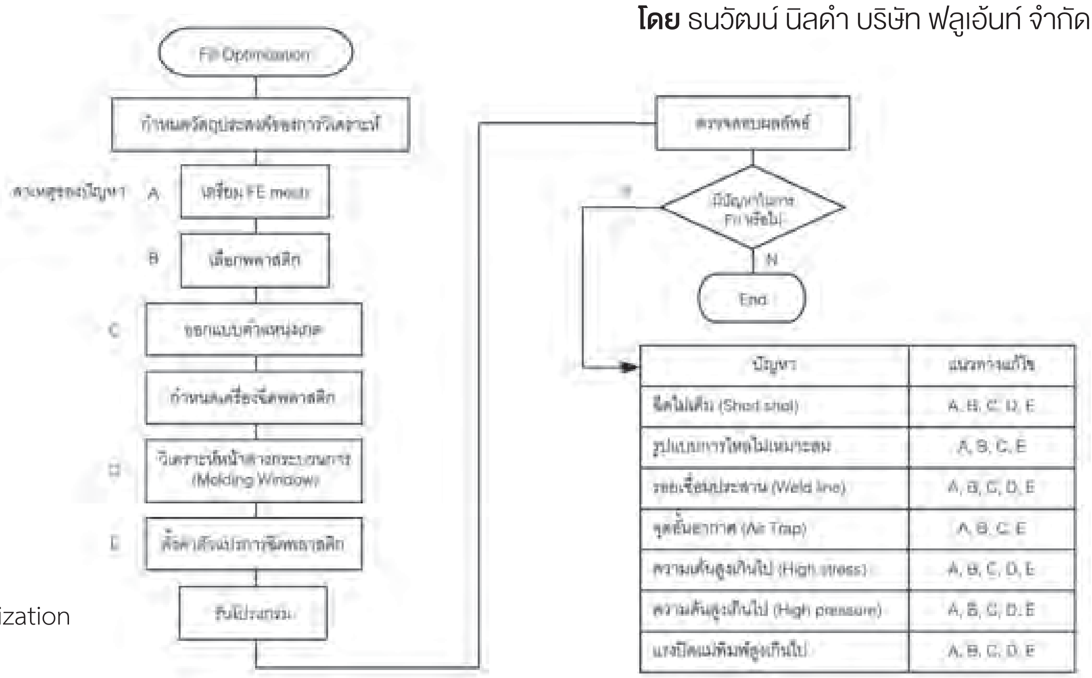
3. สมดุลรันเนอร์ เพื่อการไหลที่สมดุล

ในที่นี้ผู้เขียนขอยกตัวอย่างด้วยแม่พิมพ์แบบหลากคาวิตี้หรือแม่พิมพ์แฟมิลีโมลด์ (Family mold) เพื่อการอธิบายถึงรูปแบบของการสมดุลการไหลด้วยการสมดุลขนาดรันเนอร์ หรือสามารถใช้ได้กับกรณีของแม่พิมพ์แบบหลายคาวิตี้ (Multicavity) ด้วยเช่นกัน แม่พิมพ์แฟมิลีโมลด์ (Family mold) คือ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ถูกออกแบบเพื่อการผลิตชิ้นงานที่แตกต่างกันในการฉีดคราวเดียว (Shot) เช่น แม่พิมพ์ฉีดช้อนส้อม แม่พิมพ์ของกล่องและฝากล่องที่ฉีดในคราวเดียวกัน โดยมีเป้าหมายเพื่อลดต้นทุนของแม่พิมพ์ต่อชิ้นงาน 1 ชิ้น เพื่อวัตถุประสงค์ในการลดจำนวนแม่พิมพ์เพื่อการบริหารแผนการผลิตในเงื่อนไขของเครื่องฉีดพลาสติกที่มีจำกัดในโรงงาน

การออกแบบแม่พิมพ์แบบหลากคาวิตี้มีหลักในการทำซิมูเลชั่น ดังนี้

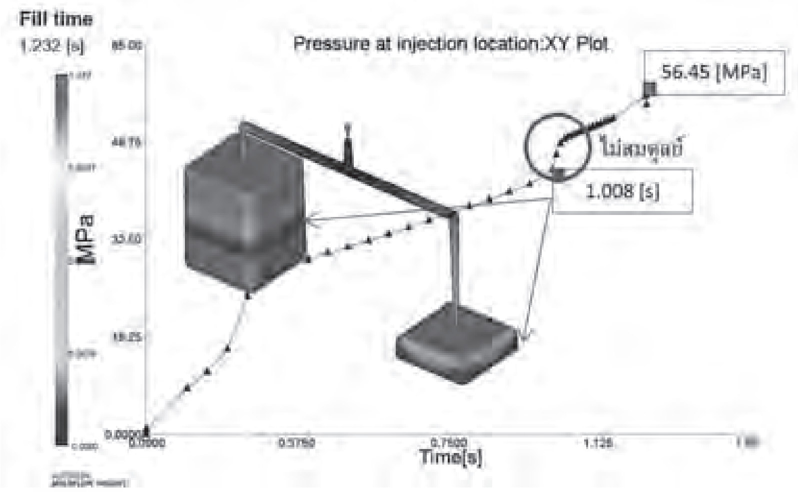
1. ใช้เครื่องมือในโปรแกรมซิมูเลชั่นศึกษาหน้าต่างของกระบวนการ (Molding Window) ของทุกชิ้นงานแยกจากกัน เพื่อค้นหาชุดเงื่อนไขที่จะสามารถใช้ร่วมกันได้
2. ทำ Fill Simulation จากเงื่อนไขที่วิเคราะห์แล้วว่าใช้ร่วมกันได้ของแต่ละชิ้นงาน ปรับปรุงรูปแบบการไหลให้เหมาะสมที่สุดของแต่ละชิ้นงาน โดยจะยังไม่รวมทุกชิ้นงานในการทำซิมูเลชั่นเดียวกัน
3. บันทึกค่าต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำซิมูเลชั่น โดยตัวแปรที่จะนำมาใช้เป็นคอนดิชั่นร่วมกันคือเวลาฉีด (Fill time) ที่อุณหภูมิแม่พิมพ์และอุณหภูมิหลอมเหลวเดียวกัน
4. รวมโมเดลชิ้นงานทุกชิ้นเข้าด้วยกันและสร้างระบบเกต รันเนอร์ และสปรู คำนวณปริมาตรรวมของชิ้นงาน (Part volume)
5. คำนวณอัตราการไหล (Flow rate) จากปริมาตรชิ้นงานและเวลาฉีด แล้วทำ Fill Simulation โดยควบคุมการฉีดเติมด้วยอัตราการไหล (Flow rate) สังเกตรูปแบบการไหลและผลลัพธ์
6. ใช้ซิมูเลชั่นสมดุลขนาดรันเนอร์เพื่อให้ได้สมดุลการไหลของทุกชิ้นงานและมีความดันฉีดอยู่ภายใต้ความดันเป้าหมาย

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด



รูปที่ 3

แผนผัง Fill Optimization



รูปที่ 4

ตัวอย่างการทำงานซิมูเลชั่นเพื่อการออกแบบแม่พิมพ์แฟมิลีโมลด์

4. ก่อนจะฉีดย้ำในซิมูเลชั่น สิ่งที่จะต้องทำก่อนคือ Cooling Optimization

> **การทำ Cooling Optimization จะเริ่มทำเมื่อตำแหน่งเกต และ รูปแบบการไหลถูกออกแบบอย่างเหมาะสมแล้วเท่านั้น**

ภายหลังจากการทำ Fill Optimization และการทำสมดุลรันเนอร์อันเป็นแนวทางปฏิบัติในการทำงานด้าน CAE Injection Molding Simulation ซึ่งทำการประเมินและยืนยันความเหมาะสมของการออกแบบชิ้นงานแล้ว ขั้นตอนที่สำคัญหลังจากนี้คือการทำซิมูเลชั่นการหล่อเย็นอย่างมีประสิทธิภาพ (Cooling Optimization) โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ระบบการหล่อเย็นที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด ในการทำซิมูเลชั่นการหล่อเย็นมีวัตถุประสงค์หลัก 3 ข้อคือ

1. เพื่อการหล่อเย็นชิ้นงานที่สม่ำเสมอ (Uniform heat extraction from the part) ซึ่งช่วยปรับปรุงคุณภาพของชิ้นงานได้โดยการลดความเค้นตกค้างภายในชิ้นงานและรักษาสภาพความถูกต้องของมิติหรือรูปร่างชิ้นงาน
   - Amorphous thermoplastic ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวแม่พิมพ์ไม่เกิน ±10 °C
   - Crystalline thermoplastic ความแตกต่างของอุณหภูมิผิวแม่พิมพ์ไม่เกิน ±5 °C
2. เพื่อไซเคิลไทม์ที่สั้นและเหมาะสมที่สุด เนื่องจากระยะเวลาในการหล่อเย็นจะใช้เวลามากกว่า 2 ใน 3 ของรอบเวลาทั้งหมดในการผลิต
3. เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจำลองผลการโก่งตัวหรือการบิดงอ

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

ชุดตัวแบบการแก้ปัญหาการคำนวณการหล่อเย็น (Cooling Solver)

1. Boundary Element Method; Cool BEM Solver

ตัวแบบการแก้ปัญหา Boundary Element Method (BEM) เป็นตัวแบบดั้งเดิมในการจำลองการหล่อเย็นมีการสร้างเอลิเมนต์เมชเพื่อกำหนดให้เป็น Mold block หรือ Mold insert ซึ่งใช้ได้กับเอลิเมนต์เมชทั้ง 3 แบบ (Midplane, Dual domain, 3D Tetrahedral) ตัวแบบการคำนวณ (Solver) จะคำนวณเส้นทางการไหลของความร้อนจากองค์ประกอบของภาระความร้อน มีข้อดีคือใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน แต่ไม่แสดงผลลัพธ์อุณหภูมิของแม่พิมพ์ในแต่ละวินาทีของไซเคิลแม่พิมพ์ และไม่สามารถแสดงผลลัพธ์แบบเห็นเนื้อในเมื่อแสดงภาพตัดได้

2. Finite Element Method; Cool FEM Solver

ตัวแบบคำนวณด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เป็นแบบจำลองโดยใช้องค์ประกอบ Tetrahedral mesh ในการจำลอง ดังนั้นจึงต้องสร้างเมชแบบ 3D Tetrahedral ของแม่พิมพ์ คอร์-คาวิตี้ อินเสิร์ท และโมลด์เบส สามารถทำการวิเคราะห์ด้วยอุณหภูมิแม่พิมพ์แบบค่าเฉลี่ยไซเคิล (Cycle average) หรือวิเคราะห์แบบความร้อนที่แปรเปลี่ยนในแต่ละช่วงเวลาของไซเคิล (Transient) ซึ่งผลลัพธ์จากการจำลองด้วย FEM จะทำให้เห็นเนื้อในของแม่พิมพ์ผ่านภาพหน้าตัดได้ แต่อาจใช้เวลาในการคำนวณนานกว่า

การเลือกรูปแบบของอุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ใช้ในการจำลองกระบวนการหล่อเย็นได้ตรงตามวัตถุประสงค์และเหมาะสมกับแต่ละสถานการณ์จะช่วยให้ได้ผลลัพธ์จากการทำซิมูเลชั่นการหล่อเย็นมีความคลาดเคลื่อนต่ำรวมถึงบรรลุวัตถุประสงค์หรือเกณฑ์ของการหล่อเย็นได้อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ

อีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญมากต่อการจำลองกระบวนการหล่อเย็นด้วยโปรแกรมซิมูเลชั่น เพื่อเป้าหมาย Cooling Optimization คือ การเปรียบเทียบค่า Average cavity surface temperature กับค่า Target mold surface temperature ที่อุณหภูมิทั้งสองควรมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด

การกำหนดกระบวนการในการจำลองการหล่อเย็นมีด้วยกัน 2 วิธีการ คือ

1) การกำหนดเวลาโดยผู้ออกแบบ (Specified option) ใช้เพื่อการออกแบบ ปรับปรุงการออกแบบ ใน Cool Optimization

2) ตัวแบบประมวลผลอัตโนมัติ (Automatic option) ใช้เพื่อให้ได้เวลาไซเคิลไทม์จากระบบหล่อเย็นที่ออกแบบอย่างเหมาะสมแล้วเท่านั้น

หลักในการจำลองการหล่อเย็นที่วิศวกรออกแบบควรทราบ

เพื่อการบรรลุอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์เป้าหมาย (Target mold surface temperature ; Cool BEM) ไม่ควรใช้การจำลองด้วยตัวแบบประมวลผลอัตโนมัติจนกว่าการออกแบบระบบหล่อเย็นเหมาะสมที่สุดแล้ว เมื่อไรจะจำลองการหล่อเย็น ควรทำการจำลองผลการหล่อเย็นหลังจากรูปแบบการไหลเหมาะสมที่สุดแล้ว (Fill Optimization)

ผลลัพธ์การบิดงอ (Warpage) ควรจำลองด้วย Cool + Fill + Pack + Warp และปฏิบัติตามขั้นตอนในการจำลองในซิมูเลชั่น โดยจะไม่ทำการจำลอง Pack หากการออกแบบการหล่อเย็นยังไม่เหมาะสม

การจำลองการหล่อเย็นทำอะไรก่อน-หลังอย่างไร? สิ่งแรกที่สำคัญคือการทำให้บรรลุอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์เป้าหมายและการกระจายของอุณหภูมิในแม่พิมพ์ให้เหมาะสม หากมีจุดสะสมความร้อน (Hot spot) หรือจุดอุณหภูมิที่ต่ำจนเกินไป (Cold spot) จึงพิจารณาปรับปรุงเปลี่ยนแปลงการออกแบบ

คุณภาพของเมชเอลิเมนต์ กับการจำลองการหล่อเย็นมีความสำคัญ วิศวกรออกแบบควรเตรียมโมเดล 3D และเตรียมเมชอิเลเม้นต์ให้มีความละเอียดเหมาะสมและมีคุณภาพสูงโดยมีเกณฑ์คุณภาพไม่ต่ำกว่า 90% ผลลัพธ์อุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์เฉลี่ยจะถูกนำมาใช้ในการจำลองเพื่อออกแบบแม่พิมพ์อย่างมีประสิทธิภาพ ในการที่จะบรรลุอุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์เฉลี่ยนั้นตัวแบบการคำนวณจะคำนวณอุณหภูมิชิ้นงานและอุณหภูมิผิวแม่พิมพ์ในลักษณะวนซ้ำ (Iterations) จนกว่าการกระจายอุณหภูมิบนผิวแม่พิมพ์จะใกล้เคียงกันมากที่สุด

การจำลองการหล่อเย็นด้วยตัวแบบ Transient Cooling เพื่อการจำลองการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแม่พิมพ์ในแต่ละช่วงเวลาของไซเคิลการฉีดพลาสติก ซึ่งช่วยในการวิเคราะห์ผลลัพธ์คาดการณ์กระจายอุณหภูมิของชิ้นงานพลาสติกได้อย่างถูกต้อง และเพื่อใช้ในกระบวนการพิเศษเช่น Heat & Cool Injection Molding ที่อุณหภูมิของแม่พิมพ์เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในช่วงไซเคิลของกระบวนการฉีดพลาสติก

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

จำลองการหล่อเย็นด้วยตัวแบบ Transient ช่วยให้รู้จำนวน shot ที่อุณหภูมิผิวหน้าแม่พิมพ์คงที่ เป็นการดีต่อการควบคุมกระบวนการทั้งในช่วงการคอมมิชชั่นนิ่งแม่พิมพ์ใหม่ (Mold commissioning) หรือการเริ่มต้นผลิตในแมสโปรดักชั่น (Mass production)

ค่าคุณสมบัติต่างๆ ของเหล็กแม่พิมพ์ ผู้ออกแบบสามารถกำหนดค่าได้เอง โดยตรวจสอบข้อมูลคุณสมบัติของเหล็กในฐานข้อมูลของโปรแกรมกับคุณสมบัติเหล็กแม่พิมพ์ที่ใช้งานจริง

5. ซิมูเลชั่นจำลองการฉีดย้ำ Packing/ Holding

ในซิมูเลชั่นการจำลองการฉีดพลาสติกที่ถูกต้อง จำเป็นจะต้องออกแบบตำแหน่งเกต และการออกแบบท่อน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสม (Fill Optimization & Cooling Optimization) ก่อนการทำการจำลองการฉีดย้ำ ผลลัพธ์จากการออกแบบที่เหมาะสมแล้วทั้งใน Fill และ Cooling จะถูกนำมาใช้อ้างอิงต่อใน Packing/ Holding Simulation โดยเป้าหมายและตัวชี้วัดของซิมูเลชั่นจำลองการฉีดย้ำ คือ Volumetric shrinkage หรือการหดตัวเชิงปริมาตรแสดงด้วยค่าตัวเลขที่เป็นเปอร์เซ็นต์โดยมีเป้าหมายให้เปอร์เซ็นต์การหดตัวอยู่ภายใต้คุณสมบัติด้านการหดตัวของพลาสติกแต่ละชนิด คอนดิชั่นการฉีดย้ำที่เหมาะสมจะส่งผลให้การหดตัวสม่ำเสมอกันทั่วทั้งชิ้นงาน ผลการหดตัวที่สม่ำเสมอกันก็จะส่งผลให้การบิดงอน้อยตามไปด้วย การจำลองการบิดงอจะใช้คอนดิชั่นการฉีดย้ำนี้และใช้อ้างอิงในการนำไปสู่การฉีดชิ้นงานที่เครื่องฉีดพลาสติกต่อไป

Optimize Packing Profile

การฉีดย้ำจะทำได้ดีที่สุดหลังจากการวิเคราะห์การหล่อเย็นเนื่องจากเฟสการฉีดย้ำและการฉีดชดเชยจะเป็นการถ่ายเทความร้อน การวิเคราะห์การฉีดย้ำให้เหมาะสมกับชิ้นงานจะช่วยลดการเกิดข้อบกพร่องต่างๆ บนชิ้นงาน ตัวอย่างข้อบกพร่องที่พบบ่อยจากการใช้ความดันฉีดย้ำไม่เหมาะสม ได้แก่ รอยยุบเนื่องจากความดันฉีดย้ำสูง และการบิดงอเนื่องจากแรงดันส่วนเกิน (Overpack) เป็นต้น การจำลองการฉีดย้ำต้องทำตามขั้นตอนจะข้ามลำดับไม่ได้ ขั้นตอนการทำงานมีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดค่าความดันฉีดย้ำครั้งแรก (Initial packing/ holding pressure)
2. กำหนดค่าเวลาฉีดย้ำครั้งแรก (Initial packing / holding time)
3. ซิมูเลชั่น โปรแกรมคำนวณการจำลองการฉีดย้ำครั้งที่ 1 โดยใช้ค่าความดันคงที่ (Constant pressure)
4. ตรวจสอบผลลัพธ์ Volumetric shrinkage, Pressure, Gate freeze
5. ปรับปรุงการหดตัวของชิ้นงาน

จากผลลัพธ์ใน 4) หากพบว่าเป้าหมายค่าหดตัวแตกต่างสูงสุด-ต่ำสุด ยังคงสูงกว่า 2% (สำหรับพลาสติกเกรดอื่นอาจจะมีค่ายอมรับที่สูงกว่า 2% ต้องดูจากข้อมูลค่าหดตัวของพลาสติกเกรดนั้นๆ) จำเป็นที่จะต้องทำการปรับแก้ค่าความดันฉีดย้ำหรือเพิ่มขั้นความดันฉีดย้ำเพื่อลดค่าหดตัวที่แตกต่างกันบนชิ้นงานให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด

6. ซิมูเลชั่น เพื่อจำลองผลการปรับปรุงค่าหดตัว
7. ตรวจสอบผลลัพธ์การปรับปรุงค่าหดตัว เช่นเดียวกับใน 4) ประเมินผลลัพธ์ หากจำเป็นต้องปรับแก้อีกให้ทำซ้ำ

6. Warp (Warpage) Simulation

การจำลองผลการเกิด Warpage ในชิ้นงานฉีดพลาสติก เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำซิมูเลชั่น โดยการตัดสินใจก่อนหน้านี้ทั้งหมดจะส่งผลต่อการบิดงอ เมื่อปฏิบัติตามแนวทางการออกแบบอย่างเหมาะสม การบิดงอจะลดลง ความท้าทายที่สำคัญที่สุด

รูปที่ 5 แผนผัง Optimize Packing Profile

โดย ธนวัฒน์ นิลดำ บริษัท ฟลูเอ้นท์ จำกัด

อย่างหนึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์การบิดงอ คือการกำหนดวิธีวัดการบิดงอบนชิ้นงานซึ่งจำเป็นต้องทำความเข้าใจเป็นอย่างดีเพื่อให้สามารถเปรียบเทียบผลลัพธ์การบิดงอบนชิ้นงานได้ ส่วนใหญ่แล้วผลลัพธ์จากการวิเคราะห์การบิดงอจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ของชิ้นงานนั้น กล่าวคือเป็นไปตามข้อกำหนดด้านคุณภาพที่ตรงตามแบบงานหรือไม่ ถ้าชิ้นงานไม่ตรงตามเกณฑ์จะต้องลดการบิดงอลง

ระบุสาเหตุของการเกิด Warpage ให้ตรงประเด็น เพื่อการกำหนดวิธีการปรับปรุงที่ตรงประเด็น

สาเหตุพื้นฐานของการเกิด Warpage คือ ความไม่สม่ำเสมอของการหดตัวทั่วทั้งชิ้นงาน ซึ่งการหดตัวที่ไม่สม่ำเสมอจะทำให้เกิดการบิดงอ ส่วนการหดตัวที่มีความสม่ำเสมอสูงจะทำให้ได้ชิ้นงานรูปร่างสมบูรณ์แต่มีขนาดเล็กลง การหดตัวมักเกิดขึ้นระหว่างการฉีดเติมและฉีดย้ำที่ตำแหน่งไกลเกตที่ตลอดความหนาของชิ้นงานและเกิดการหดตัวแตกต่างกันใน 2 ทิศทาง คือ ขนานและตั้งฉากกับทิศทางการไหล นอกจากนี้ผลลัพธ์ของการหดตัวและการบิดงอมีความสัมพันธ์กับความสมบูรณ์ของข้อมูลคุณสมบัติด้านต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบคุณลักษณะของพลาสติกแต่ละเกรด ในฐานข้อมูลของโปรแกรมซิมูเลชั่นมีการจำแนกความสมบูรณ์หรือระดับคุณภาพของข้อมูลออกได้ 3 ระดับ คือ ระดับ Gold Silver และ Bronze ซึ่งเรียงลำดับตามระดับความแม่นยำของผลลัพธ์จากมากไปน้อย ดังนั้น ข้อมูลทั้งหมดนี้จะช่วยให้วิศวกรและผู้ใช้งานโปรแกรมซิมูเลชั่นเข้าใจได้ดีขึ้นเมื่อต้องเชื่อมโยงผลลัพธ์จากซิมูเลชั่นไปยังกระบวนการฉีดพลาสติกจริง

สาเหตุของการบิดงอสามารถจัดกลุ่มได้ 4 กลุ่ม ดังนี้

1. การออกแบบชิ้นงาน ควรออกแบบให้ชิ้นงานมีความหนาที่เท่ากันหรือสม่ำเสมอกัน และใช้การออกแบบเชิงโครงสร้างเพื่อเสริมความแข็งแรงแทนการใช้ความหนา พบว่ามี 3 ประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบชิ้นงานที่ส่งผลต่อการบิดงอ ได้แก่ ความแกร่งของชิ้นงาน (Stiffness) ความหนาของชิ้นงาน และชิ้นงานหนา-บางแตกต่างกัน

2. การออกแบบแม่พิมพ์ การไหลของพลาสติกที่มีรูปแบบการไหลสมดุลคือปัจจัยหลัก ซึ่งปัจจัยดังต่อไปนี้ส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการบิดงอของชิ้นงาน ได้แก่ ตำแหน่งเกต จำนวนเกต การออกแบบรันเนอร์ และการออกแบบระบบหล่อเย็น

3. เงื่อนไขการตั้งค่ากระบวนการฉีด
   - อุณหภูมิแม่พิมพ์และอุณหภูมิหลอมเหลวที่สูงขึ้นจะเพิ่มการหดตัว การบิดงอมากขึ้น
   - เวลาฉีดเติมนานขึ้นจะเพิ่มการหดตัว การบิดงอมากขึ้น
   - เวลาฉีดย้ำต้องนานพอที่จะทำให้เกตแข็ง
   - การเพิ่มความดันฉีดย้ำช่วยลดการหดตัวได้

4. สมบัติของพลาสติก สมบัติด้านต่างๆ ของพลาสติกล้วนมีผลต่อการบิดงอของชิ้นงาน ตัวอย่าง สมบัติด้านความหนืด สมบัติโครงสร้างโมเลกุล ซึ่งพลาสติกที่มีผลึกและพลาสติกอะมอฟัสมีคุณสมบัติการบิดงอต่างกัน การเรียงตัวของเส้นใยแก้วส่งผลต่อการบิดงออย่างมีนัยสำคัญ

การทำงานตามแผนผังขั้นตอนการทำงานซิมูเลชั่น 6 ขั้นตอนอย่างเคร่งครัด (รูปที่ 1) จะช่วยลดการเกิดปัญหาการบิดงอหรือการโก่งตัวได้ หากเมื่อการจำลองผลลัพธ์ Warpage ที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดและเกณฑ์การออกแบบ ก็สามารถที่จะเข้าใจได้ว่ายังมีบางขั้นตอนใดที่ยังไม่สมบูรณ์ และในการหาสาเหตุและกำหนดแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการบิดงอ ก็จะทำได้อย่างรวดเร็วและประสิทธิภาพ ตรงประเด็น

เนื้อหาทั้งหมดโดยละเอียดที่เกี่ยวข้องกับซิมูเลชั่นจำลองการฉีดพลาสติกอย่างมีประสิทธิภาพ Effective Plastic Injection Molding Simulation ผู้เขียนและทีมงานได้เขียนไว้ในวารสารแม่พิมพ์ที่ตีพิมพ์โดยสมาคมแม่พิมพ์ TDIA รวมทั้งหมด 16 ฉบับ 16 ตอน ฉบับนี้เป็นตอนที่ 16 เป็นตอนที่เราตั้งใจที่จะเขียนเป็นเนื้อหาสรุปจากทั้งหมด 15 ตอนก่อนหน้า ซึ่งหากผู้อ่านที่สนใจในรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนของการทำงานซิมูเลชั่นการฉีดพลาสติกตั้งแต่เริ่มต้น สามารถติดตามอ่านได้จากวารสารทั้ง 15 ฉบับที่ตีพิมพ์ไปแล้ว หรือ ติดต่อมาที่ support@fluent.co.th หรือติดต่อ TDIA ได้โดยตรง

ซิมูเลชั่นการจำลองการฉีดพลาสติก เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังและมีประสิทธิภาพสูง ต้องการทีมงานที่มีทักษะที่จำเป็นใน 4 ด้าน ทำงานร่วมกันอย่างถูกต้องตามกระบวนการ อันได้แก่ 1) ด้านความชำนาญในตัวโปรแกรมซิมูเลชั่น 2) ด้านการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติก 3) ด้านความรู้ในตัวคุณสมบัติของพลาสติก และ 4) ด้านการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ และซิมูเลชั่นการจำลองการฉีดพลาสติกยังเป็นเป็นเครื่องมือในการพัฒนาทักษะความรู้ของพนักงานได้เป็นอย่างดี เป็นการยกระดับความรู้และทักษะของพนักงานและองค์กรให้มีเป็นองค์กรมาตรฐานสูง สร้างความเชื่อมั่นให้กับลูกค้า คู่ค้า และสร้างความได้เปรียบทางธุรกิจ ขอบคุณ TDIA สำหรับพื้นที่ของบทความคุณภาพ และขอบคุณ DIGITECH ONE CO.,LTD. ผู้อนุเคราะห์ Autodesk Moldflow Insight Software

วารสารแม่พิมพ์

Mould & DIE

JOURNAL

ลด 10%
สำหรับสมาชิก
สมาคมฯ

ปีที่ 34 ฉบับที่ 2 : กรกฎาคม - ธันวาคม 2565

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

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

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.
6-7	นัมบุชิล (ไทยแลนด์) บจก.
21	เพรสซิชั่น ทูลลิ่ง เซอร์วิส บจก.
22	Nidec Minster Machine USA
23	มายโกรว์เทค (ประเทศไทย) บจก.
24	เอ.เบสท์ อินเตอร์ โปรดักส์ บจก.
25	เคียวเซร่า เอเชีย แปซิฟิค (ไทยแลนด์) บจก.
26	ซีเอชเอส-เอเชีย บจก.
27	ดี.บี. ไดมอนด์ (ประเทศไทย) บจก.
28	เอราวัณ รับเบอร์ บจก.
45	เอ็มบีเอส เบสท์ เซอร์วิส บจก.
46	Makino (Thailand) Co., Ltd.
47	เออร์ลิคอน บัลเซอร์ส โค้ทติ้ง (ไทยแลนด์) บจก.
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

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)

Consultancy

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

R&D / D&D

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

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)

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

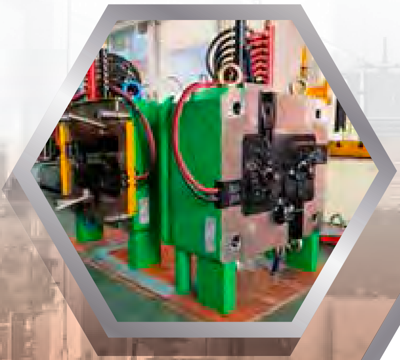
TMD

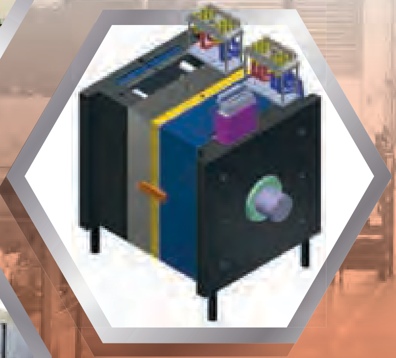
บริษัท ไทย โมลด์ แอนด์ ดาย จำกัด

THAI MOLD AND DIE CO., LTD.

WWW.TMDD.CO.TH

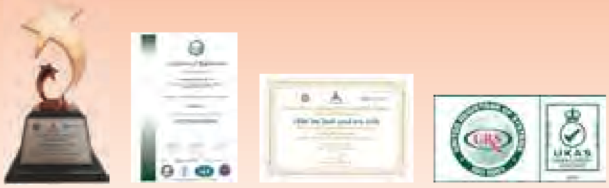
ONE STOP SERVICE





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@tmdd.co.th / info@tmdd.co.th

SAF

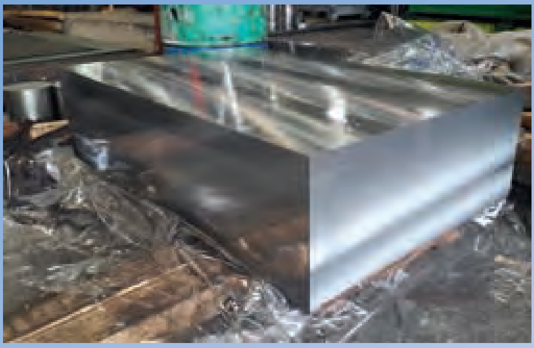
บริษัท เอส.เอ.เอฟ. สเปเชียล สตีล จำกัด (มหาชน)

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

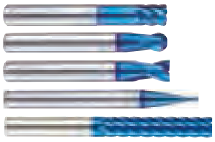
Tel : 02-897-4800-3 Fax : 02-897-4805

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

DIE & MOLD MACHINING
TOOL SOLUTIONS FOR INDUSTRIES

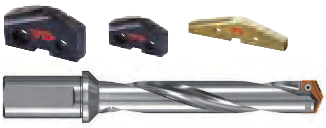
FACING / ROUGHING / PRE-FINISHING
YG MILL
[General & -TR Chipbreaker]

MILLING
X5070



MILLING / HEAVY CUTTING / SEMI FINISHING / PROFILING
V7 PLUS

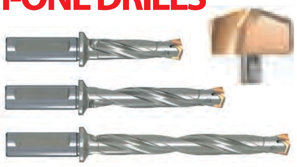
DRILLING, Large Diameter Ø9.5~114.3 mm
SPADE DRILLS



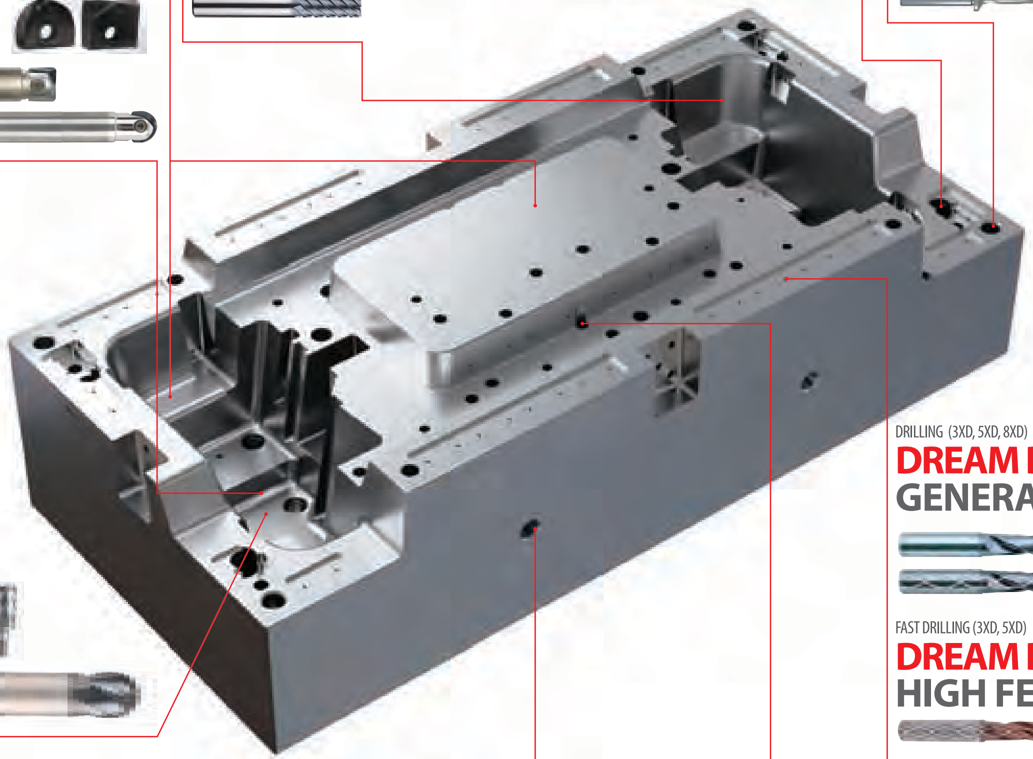
MILLING / FINISHING / PROFILING / ROUGHING
4G MILL

DRILLING
YG DRILL

DRILLING(3xD, 5xD, 8xD)
i-ONE DRILLS



COPY MILLING / PROFILING
i-Xmill



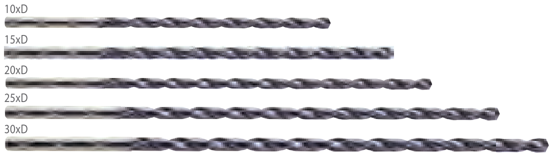
COPY MILLING / PROFILING
i-SMART

DRILLING (3XD, 5XD, 8XD)
DREAM DRILLS GENERAL

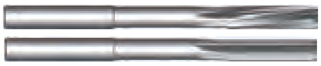
FAST DRILLING (3XD, 5XD)
DREAM DRILLS HIGH FEED

THREADING
PRIME TAPS | THREAD MILLS
COMBO TAPS | SYNCHRO TAPS

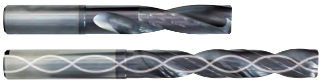
DEEP DRILLING (10xD,15xD, 20xD, 25xD, 30xD, 35xD, 40xD)
DREAM DRILLS MQL



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

N-TECH MACHINERY
บริษัท เอ็น-เทค แมชชีนเนอรี่ จำกัด
N-TECH MACHINERY CO., LTD.
Exclusive offer!
สำหรับ 2 รุ่น พิเศษสุด
ในงาน Metalex 2022 นี้เท่านั้น
METALEX
พบกัน 16-19 November 2022
Hall 102 | Booth No. BL29
CHMER
CNC WIRE-CUT EDM
MODEL : RV 853L
CHMER
WOODWAY
CNC TURNING CENTER
MODEL : GA 2600/600
LINEAR MOTOR DRIVE HIGH-PERFORMANCE WIRE-CUT EDM
DAH LIH
CNC MACHINING CENTER
kafo
CNC DOUBLE COLUMN
maxmill
CNC MACHINING CENTER
AKIRA - SEIKI
CNC MACHINING CENTER
CHEVALIER
SURFACE GRINDING MACHINE
SCARMAX
ZNC & CNC E.D.M
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 MACHINERY CO., LTD.
Hot Line Sales : 086-304-6341
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
ZNC EDM
Super Drill
CNC EDM
Wire Cut
SiEl - Yan Yang
SiEl - PROSS+
Turbine Service CNC Drill EDM
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 XT LASER
Laser Cutting Machine & Laser Marking Mahines
SiEl - EXCELLENT
CNC Wire Cut EDM Machine
ZNC EDM Machine
SUPER DRILL EDM
Consumable, Ware Part, Accessories for Every Brands of EDM,& Wire Cut & Super Drill & ETC.
SiEl - Precision Working Holders System (EROWA & 3R EQUIVALENT)
SiEl
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 และความรู้ในผลิตภัณฑ์ที่เป็นตัวแทนจำหน่ายจริง ๆ