

TTA E-Magazine

TRIBOLOGY RESOURCES FOR INDUSTRIAL PROFESSIONALS

What is Tribology?

ไทรโบโลยีคืออะไร?

Thai Tribology Association

สมาคมการสึกหรอและการหล่อลื่นไทย

1st TTA Annual Conference

การจัดการประชุมประจำปีครั้งที่ 1 ของสมาคมการสึกหรอและการหล่อลื่นไทย



CONTENT

TTA President's Message

Page 4

สารจากนายกสมาคมการสีกหล่อและการหล่อสีไทย

What is Tribology?

Page 6

ไทรโบโลยีคืออะไร?

Thai Tribology Association (TTA)

Page 12

สมาคมการสีกหล่อและการหล่อสีไทย

Surface Engineering and Tribology

Page 20

กระบวนการวิศวกรรมพื้นผิวและไทรโบโลยี

Hard Thin Film Coating Application to Reduce Adhesion in Deep Drawing Process

Page 26

การประยุกต์ใช้ฟิล์มแข็งเคลือบผิวเพื่อลดปัญหาการยึดติดในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก



CONTENT

Page 29

Hydromechanical Deep Drawing of Parabolic Cup

การขึ้นรูปชิ้นงานพาราโบลิกด้วยกระบวนการขึ้นโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

Page 41

Nano-Scratch Characterization of Top Layers of Hard Drive Disks via in-situ Residual Depth Measurements

การศึกษาคัดชั้นระดับนาโนที่ชั้นบนของฮาร์ดไดรฟ์ด้วยวิธีการวัดจากความลึกของรอยข่วนที่เหลือ

Page 48

Tribo-Systems Laboratory

ห้องปฏิบัติการ Tribo-Systems

Page 51

Fuji Die Tribological Approach to Low Friction Materials

กระบวนการทางไทรโบโลยีของบริษัท Fuji Die สำหรับวัสดุที่มีแรงเสียดทานต่ำ

Page 63

1st TTA Annual Conference

การจัดการประชุมประจำปีครั้งที่ 1 ของสมาคมการสักรถและการหล่อลื่นไทย



TTA President's Message

สารจากนายกสมาคมการสีกหล่อและหล่อสไทย



Assoc.Prof. Siriluck Vinitchanyong (President of Thai Tribology Association)

รศ. ศิริลักชน นีวัชรธรรยงค์ (นายกสมาคมการสีกหล่อและหล่อสไทย)

Tribology is the science and engineering of interacting surfaces in relative motion. It includes the study and application of the principles of friction, lubrication and wear. Recently, the field “Tribology” has received increasing attention as it has become evident that the wastage of resources resulting from high friction and wear is too great. Many research studies have reported the impact of wear, corrosion, and friction on machinery, manufacturing productivity, and costs.

One of the most important problems usually encountered in manufacturing industry is involved in the subjects of friction, wear, and lubrication. (2-6% of the Gross National Product in United States). Manufacturing is the largest sector of Thailand's economy, accounting for approximately 46 percent of Thailand's GDP. For long-term viability in a competitive marketplace, Thai manufacturing industry needs to increase quality of locally made components to enhance productivity and boost its innova-

ไทโรโลยีคือวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของพื้นผิวที่สัมผัสกันในการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นการศึกษาและการประยุกต์ใช้หลักการของแรงเสียดทาน การหล่อลื่น และการสีกหล่อ ในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาไม่นาน สายงานทางด้าน “ไทโรโลยี” ได้รับความสนใจมากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ชัดเจนว่าการสูญเสียทรัพยากรและพลังงานที่เกิดมาจากการเสียดทานและการสีกหล่อนั้นสูงมาก มีงานวิจัยมากมายที่ได้รายงานผลกระทบของการสีกหล่อ การกัดกร่อน และแรงเสียดทาน ในเครื่องจักรกล กระบวนการผลิต และต้นทุน

หนึ่งในปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรมการผลิตนั้นคือปัญหาเรื่อง แรงเสียดทาน การสีกหล่อ และการหล่อลื่น (ซึ่งคิดเป็น 2-6% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา) ภาคการผลิตนั้นถือว่าเป็นภาคที่ใหญ่ที่สุดของเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งคิดเป็นประมาณ 46% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ สำหรับการอยู่ในตลาดการแข่งขันสูงในระยะยาวนั้น อุตสาหกรรมการผลิตไทยนั้นจะต้องเพิ่มคุณภาพของชิ้นส่วนที่ผลิตภายในประเทศเพื่อที่จะยกระดับกำลังผลิตและส่งเสริมความสามารถด้านนวัตกรรม บริษัทที่มีขนาดใหญ่และขนาดเล็กนั้นต้องการ



capacity. Large and small manufacturing companies need advanced technology. However, Thai manufacturing industry still encounters the lack of technology, highly skilled labor, and infrastructure.

Thus, a centralized resource that assists existing manufacturing companies, helps attract new businesses to the industry, and creates opportunities for citizens is needed. As a result, Thai Tribology Association (TTA) has been established to raise industry recognition of Tribology and acts as an important bridge between industry and academic research. Our mission is to promote, develop, innovate and transfer research and development in advanced Tribology technology to Thai manufacturing industry through collaborations with top-rated experts and research institutes. TTA consists of top-rated domestic researchers and collaborates with the international experts in Tribology. Particularly, TTA is connected with International Research Group of Tribology in Manufacturing (IRGTM) and also Japanese Society of Tribologists (JAST).

TTA is the national leader of advanced Tribology employing top-rated researchers, promoting leading-edge research activities, and maintaining strong partnerships with Thai manufacturing industry. TTA strongly believes that advanced technology (knowledge and know-how) and innovation (novel products, processes, and applications) in Tribology will be crucial in the sustainable growth of Thai manufacturing industry. TTA is a central resource for advanced technology and innovation in Tribology for Thai manufacturing industry and expands industrial partners for technology enhancement and innovation.

TTA provides a variety of supports and activities that Thai manufacturing industry can benefit from. There are three main activities that are the focus of TTA: (1) research and development, (2) knowledge and skills development, and (3) network development.

I would like to call for your corporation and support for building a partnership with TTA. Any partnership ideas, initiatives, proposals or even criticisms will be welcomes. I also hope that you find our 1st issue of TTA E-Magazine useful and beneficial to your applications.

เทคโนโลยีขั้นสูง อย่างไรก็ตามอุตสาหกรรมการผลิตไทยนั้นยังประสบปัญหาเรื่องความขาดแคลนเทคโนโลยี แรงงานที่มีทักษะ และโครงสร้างพื้นฐาน

ดังนั้นศูนย์กลางทรัพยากรที่ช่วยเหลือและสนับสนุนบริษัทการผลิตที่มีอยู่ปัจจุบัน ผลักดันให้มีการตั้งธุรกิจใหม่ๆเข้ามาในอุตสาหกรรม และสร้างโอกาสสำหรับพลเมืองนั้นมีความจำเป็น จึงเป็นที่มาของการจัดตั้งสมาคมการสีกหรือและการหล่อลื่นไทย (TTA) เพื่อที่จะสร้างการยอมรับจากอุตสาหกรรมทางด้านโทรโบโลยี และเป็นจุดเชื่อมต่อที่สำคัญระหว่างการวิจัยจากอุตสาหกรรมและสถาบันวิชาการ พันธกิจของสมาคมคือการสนับสนุน พัฒนา สร้างนวัตกรรม และถ่ายทอดการวิจัยและพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีทางโทรโบโลยีขั้นสูงให้กับอุตสาหกรรมไทย จากการร่วมมือกันของผู้เชี่ยวชาญและสถาบันวิจัยชั้นนำ TTA นั้นประกอบไปด้วยนักวิจัยชั้นนำทางด้านโทรโบโลยีทั้งในและต่างประเทศ โดย TTA นั้นมีเชื่อมโยงความร่วมมือกับ International Research Group of Tribology in Manufacturing (IRGTM) และ Japanese Society of Tribologists (JAST)

TTA นั้นเป็นผู้นำระดับประเทศทางด้านเทคโนโลยีโทรโบโลยีที่มีผู้เชี่ยวชาญชั้นนำจากหลายสถาบัน สนับสนุนกิจกรรมวิจัยระดับนานาชาติ และมีความสัมพันธ์ที่ดีกับอุตสาหกรรมไทย TTA เชื่อว่าเทคโนโลยีขั้นสูง (ทั้ง Knowledge และ Know-How) และนวัตกรรม (ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และการประยุกต์ใหม่ๆ) ทางด้านโทรโบโลยีนั้นจะส่วนสำคัญอย่างยิ่งยวดในการเติบโตของอุตสาหกรรมไทยอย่างยั่งยืน TTA นั้นจะเป็นจุดศูนย์กลางทรัพยากรทางด้านเทคโนโลยีโทรโบโลยีขั้นสูงสำหรับอุตสาหกรรมไทย และขยายเครือข่ายความร่วมมือสำหรับการยกระดับเทคโนโลยีและนวัตกรรมของประเทศ

TTA ให้การสนับสนุนในหลายรูปแบบที่อุตสาหกรรมไทยจะสามารถได้รับประโยชน์ โดย TTA มี 3 กิจกรรมหลักคือ (1) การวิจัยและพัฒนา (2) การพัฒนาความรู้และทักษะ และ (3) การสร้างเครือข่ายทางด้านโทรโบโลยี

ดิฉันจึงอยากจะใคร่ขอความร่วมมือจากหน่วยงานของท่านในการสร้างความร่วมมือกับ TTA แนวคิดในความร่วมมือ ความคิดริเริ่มโครงการ หรือแม้กระทั่งคำติชมนั้นทาง TTA ยินดีที่จะรับฟังและนำไปพัฒนาต่อยอด นอกจากนี้แล้วดิฉันหวังเป็นอย่างยิ่งว่า TTA E-Magazine ฉบับแรกนี้จะประโยชน์และเป็นผลดีกับงานของท่าน



What is Tribology?

ไทรโบโลยีคืออะไร

Written by Dr. John Thomas Harry Pearce (Panyapiwat Institute of Management)
Translated by Mr. Pichitpong Pongsaranun (Khon Kaen University)

เขียนโดย Dr. John Thomas Harry Pearce (สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์)
แปลโดย นายพิชิตพงษ์ พงษ์สรานันท์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

Tribology is derived from the Greek word “tribos” which means rubbing. The term was originated in a 1966 report (Jost Report) from the Department of Education & Science (DES) in the UK (1). Up until the publication of this report the subject of wear had been generally neglected, most probably due to its multi-disciplinary nature. The Jost report stated very firmly that as a result of this neglect mechanical engineering design had been retarded and large amounts of money had been unnecessarily wasted due to the effects of friction and wear and their consequences. This report showed that solving the problems of wear could result in savings of up to 2% of the GNP of the UK. At present, in Australia the costs for wear parts alone in the mining and minerals industry are about 1000 million A\$ per year. In the US the current annual costs of wear are estimated at between 20 to 100 billion US\$, so even today wear is still a very expensive problem indeed.

ไทรโบโลยี (Tribology) มาจากภาษากรีกคำว่า “Tribos” ซึ่งหมายถึงการถู คำศัพท์นี้ถูกใช้ครั้งแรกในรายงานของกระทรวงศึกษาธิการและวิทยาศาสตร์ (DES) ในสหราชอาณาจักรในปี ค.ศ. 1996 (1) โดยก่อนที่จะมีการตีพิมพ์รายงานวิชาการนี้ประเด็นเกี่ยวกับความสึกหรอยังเป็นเรื่องที่ถูกละเลย ซึ่งอาจจะมีสาเหตุมาจากธรรมชาติของศาสตร์นี้ที่มีความหลากหลายในสาขาวิชาและศาสตร์ต่างๆ ใน Jost Report ระบุไว้อย่างชัดเจนว่าความบกพร่องที่เกิดจากการออกแบบทางวิศวกรรมเครื่องกลทำให้สูญเสียงบประมาณมากกว่าที่ควร อันเนื่องมาจากผลกระทบของแรงเสียดทานและความสึกหรอและผลที่เกิดจากปัจจัยสองอย่างนี้ รายงานนี้แสดงให้เห็นว่าการแก้ปัญหาของการสึกหรอส่งผลให้สามารถลดต้นทุนได้ถึง 2% ของผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GNP) ในสหราชอาณาจักร ปัจจุบันนี้ในประเทศออสเตรเลียเสียค่าใช้จ่ายสำหรับการสึกหรอของชิ้นงานเพียงอย่างเดียวในอุตสาหกรรมเหมืองแร่ประมาณ 1 พันล้านดอลลาร์ออสเตรเลีย (AUD) ต่อปี ในประเทศสหรัฐอเมริกาปัจจุบันเสียค่าใช้จ่ายอยู่ระหว่าง 20 ถึง 100 ล้านดอลลาร์สหรัฐ (USD) ต่อปี ดังนั้นในปัจจุบันการสึกหรอยังคงเป็นปัญหาที่มีการเสียค่าใช้จ่ายที่สูงมาก

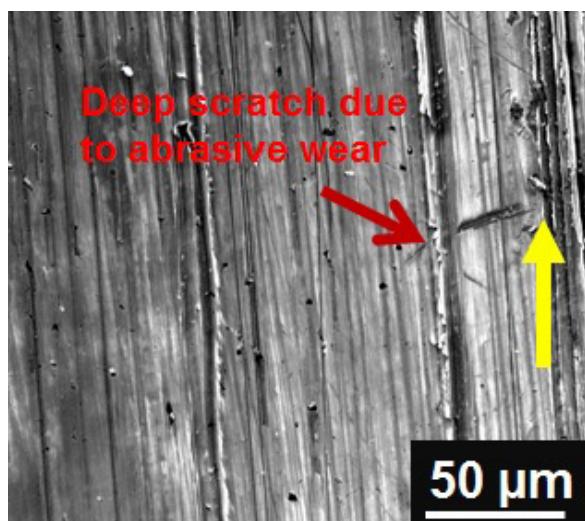
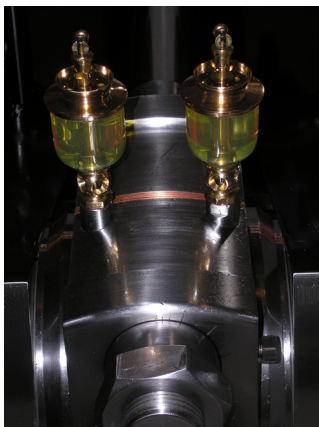


Fig. 1. “Deep ‘groove’ like surface indicates abrasive wear over cast iron (yellow arrow indicate sliding direction)” by Noim210 - Secondary Electron Microscopy. Licensed under CC BY-SA 3.0 via Wikimedia Commons

Tribology had developed much of its roots in the Physics and Chemistry of Solids Group in the Cavendish Laboratory at Cambridge under Bowden, whose classic text with Tabor on the friction and lubrication of solids has recently been re-published (2). The DES committee responsible for the Jost report grew out of the Iron & Steel Institute conference session in 1964, which addressed “Failures and Damages, believed to be due to lubrication and their real causes” in steelworks around the world. It was recognised that the so-called “lubrication failures” had their origins in the interrelationships between mechanical engineering, materials science & technology, and design — hence the birth of Tribology as formal discipline.



ไทรโบโลยีมีการพัฒนาจากพื้นฐานของฟิสิกส์และเคมีจากกลุ่มวิจัยทางด้านของแข็ง (Solids Group) จากห้องปฏิบัติการ Cavendish ที่ Cambridge ภายใต้การควบคุมของ Bowden หนังสือของ Bowden และ Tabor เรื่องเกี่ยวกับแรงเสียดทานและการหล่อลื่นเป็นเอกสารทางเทคนิคที่มีคุณค่าต่อการศึกษาและวิจัยในศาสตร์นี้ และยังมีารพิมพ์ใหม่ออกมาจนถึงปัจจุบัน (2) คณะกรรมการ DES ซึ่งรับผิดชอบเอกสาร Jost Report เริ่มก่อตั้งมาจากการสนทนา Iron & Steel Institute Conference ใน ค.ศ.1964 ได้กล่าวถึง “ความเสียหายที่มาจากปัญหาด้านการหล่อลื่นและต้นเหตุอื่นๆ” ในโรงงานเหล็กทั่วโลก ซึ่งเป็นที่ยอมรับทั่วไปว่า ความเสียหายจากการหล่อลื่น มีต้นเหตุมาจากความสัมพันธ์ระหว่างวิศวกรรมเครื่องกล วัสดุศาสตร์และเทคโนโลยีวัสดุ และการออกแบบ จึงทำให้เกิดศาสตร์ทางด้าน ไทรโบโลยี ขึ้นอย่างเป็นทางการ

Fig. 2. Lubrication of the ship steam engine crankshaft. The two bottles of lubricant are attached to the piston and move while the engine is operating. (Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steam_engine_lubrication.jpg)

It was therefore (proposed that Tribology consisted of:

- 40% Materials Science and Technology
- 30% Mechanical Systems
- 20% Lubrication and Lubricants
- 10% Condition Monitoring, Instrumentation, Diagnostics, Information, etc.

Some 20 years later in 1986 a detailed survey across industry in China was published (3). The investment/potential savings ration determined from this study was said to vary from 1:40 for the coal mining industry to 1:76 for the metals industry. These were similar values to that of 1:64, found in an earlier US report (4), which focussed on “energy savings through Tribology”.

At around the same time in 1987 the discipline of “Surface Engineering” was formally defined by Bell (5) as:

“Surface engineering is the design and modification of the surface and substrate together of a component, as a system, to give cost effective performance enhancement of which neither is capable on its own.”

ดังนั้นศาสตร์ทางด้านไทรโบโลยีจึงถูกเสนอให้ประกอบไปด้วย

Materials Science and Technology 40%

Mechanical Systems 30%

Lubrication and Lubricants 20%

Condition Monitoring, Instrumentation, Diagnostics, Information และอื่นๆ อีก 10%

ใน 20 กว่าปีต่อมา ในปี ค.ศ.1986 มีการสำรวจอย่างละเอียดในอุตสาหกรรมประเทศจีน (3) โดยการศึกษาที่ได้รับว่าอัตราส่วนการลงทุนต่อความเป็นไปได้ในการลดต้นทุนจากไทรโบโลยีนี้นั้นมีตั้งแต่อัตราส่วน 1:40 ในอุตสาหกรรมเหมืองถ่านหินจนถึง 1:76 ในอุตสาหกรรมโลหะ ซึ่งมีตัวเลขใกล้เคียงกับผลการศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาก่อนหน้านี้ที่มีอัตราส่วนที่ 1:64 ซึ่งเน้น “การประหยัดพลังงานโดยใช้ไทรโบโลยี” (4)

ในช่วงเวลาเดียวกันในปี ค.ศ.1987 ศาสตร์ทางด้าน “วิศวกรรมพื้นผิว (Surface Engineering)” ได้ถูกจำกัดความอย่างเป็นทางการโดย Bell (5) ว่า “วิศวกรรมพื้นผิว คือ การออกแบบและการเปลี่ยนแปลงลักษณะวัสดุโครงสร้างชิ้นงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดการพัฒนาประสิทธิภาพให้ดีขึ้นด้วยต้นทุนที่ยอมรับได้ โดยที่องค์ประกอบทั้งสองนั้นไม่สามารถทำได้ด้วยตัวของตัวเอง”

Since then Tribology has played an essential role in the considerable advances in surface engineering towards the concept of “Designer Surfaces”. Like corrosion resistance, frictional behaviour and wear resistance, are not intrinsic properties of a material, but are characteristic of a particular engineering system, the variables of which interact to influence wear rates, etc. Hence, tribology requires a systems approach as seen. In many cases this approach provides alternative solutions to wear problems instead of that of developing a more wear resistant material or coating. For example, in an engine the answer may involve changing operating conditions such as speed and loads to coincide with a mild wear regime, changing the counter-face material, improving air and oil filtration, and/or changing the surface topography during final machining of components (7,8). In a motor car engine the aims of the systems approach to tribology is to minimize not only friction and wear but also vibration and noise.

ตั้งแต่นั้นมา ไทโรโลยีมีบทบาทสำคัญเป็นอย่างมากในความก้าวหน้าทางวิศวกรรมพื้นผิวด้วยแนวคิด “Designer Surfaces” (6) เช่นเดียวกับความต้านทานการกัดกร่อน พฏิกิริยาแรงเสียดทาน และความทนทานต่อการสึกหรอ ที่ไม่ได้เป็นคุณสมบัติที่แท้จริงของวัสดุ แต่เป็นลักษณะของระบบวิศวกรรมศาสตร์เฉพาะซึ่งมีตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสึกหรอ ดังนั้น ไทโรโลยีต้องใช้วิธีการในการแก้ปัญหาในเชิงระบบ จากตัวอย่างในหลายๆกรณีวิธีการในลักษณะนี้ได้เสนอแนวทางในการแก้ปัญหาด้านการสึกหรอมากกว่าการพัฒนาวัสดุหรือสารเคลือบผิวที่สามารถทนทานต่อการสึกหรอได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่น ในเครื่องยนต์คำตอบของปัญหานี้ อาจจะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้งาน เช่น ความเร็วและโหลด ซึ่งประจวบกับการเกิดระบบการสึกหรอแบบไม่รุนแรง การเปลี่ยนพื้นผิวของวัสดุ การปรับปรุงการกรองอากาศและน้ำมัน หรือการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างพื้นผิวระหว่างการแตงผิวครั้งสุดท้ายของส่วนประกอบต่างๆ (7,8) ในเครื่องยนต์ของรถนั้น การใช้วิธีการแก้ปัญหามีระบบสำหรับงานทางด้านไทโรโลยีนั้น ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อจะลดแรงเสียดทานและการสึกหรออย่างเดียว แต่ยังเป็น การลดการสั่นสะเทือนและเสียงได้อีกด้วย

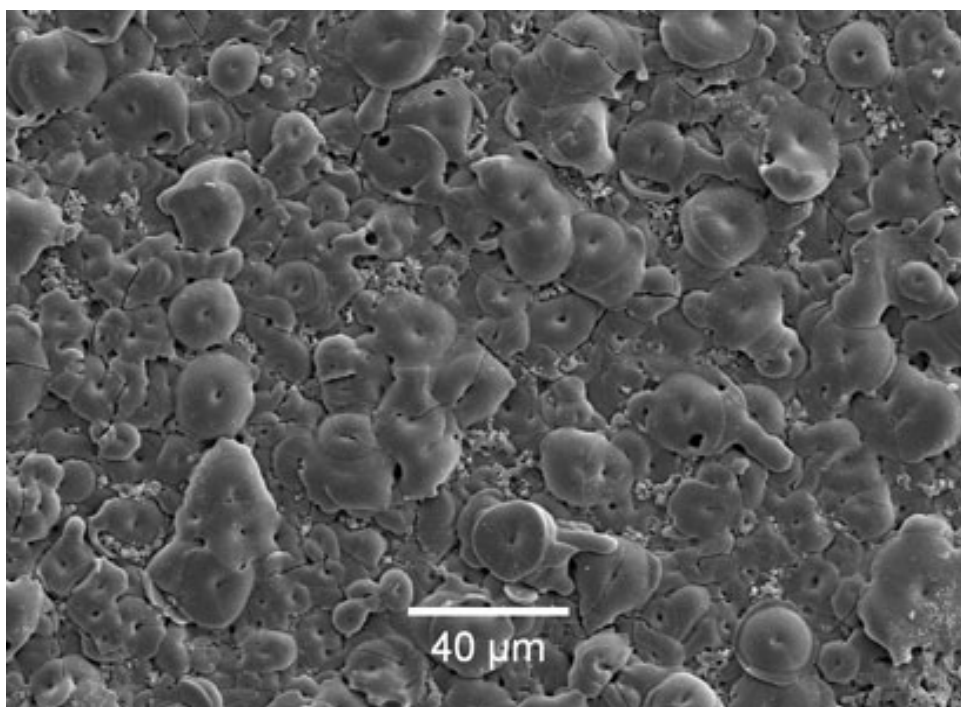


Fig. 3. Example of a surface coating on aluminum
(Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:PEO_surface.jpg)

Over recent years the demand areas for tribological knowledge and understanding have been identified (9) as:

- Functional reliability in difficult operating conditions
- Economic pressures
- Environmental pressures

ในช่วงปีที่ผ่านมา มีปัจจัยต่างๆที่ทำให้ความรู้พื้นฐานและความเข้าใจทางด้านไทโรโลยีนั้นมีความจำเป็น คือ (9)

- ประสิทธิภาพที่เชื่อถือได้ของชิ้นส่วนที่อยู่ในสภาวะการทำงานที่รุนแรงหรือเข้าถึงได้ยาก
- แรงกดดันทางด้านเศรษฐกิจ
- แรงกดดันทางด้านสิ่งแวดล้อม

Functionality + reliability is becoming more demanding in many areas such as space technology, nuclear power, and in the automation, miniaturization and computerization of equipment. The environmental pressures have now become as important as economics in that lubricants, chemicals and materials, used both during production and subsequent service life of items need to be “safe” and “green”. Hence tribology has a vital part to play in future sustainable development. From a human point of view, an excellent example of the role of tribology in improving life is the very considerable improvements in life expectancy of replacement hip joints from 5 to 25 years.

ความต้องการด้านฟังก์ชันและความน่าเชื่อถือนั้นถูกยกระดับสูงขึ้นในหลายๆด้าน เช่น เทคโนโลยีอวกาศ พลังงานนิวเคลียร์ และงานทางด้านยานยนต์ งานที่ต้องใช้การลดขนาดลงและการประมวลผลของอุปกรณ์ ความกดดันทางด้านสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันนี้มีความสำคัญเท่าเทียมกับด้านเศรษฐกิจ โดยที่น้ำมันหล่อลื่น สารเคมีและวัสดุ ที่ใช้ทั้งในระหว่างการผลิตและในช่วงอายุการใช้งานของอุปกรณ์จำเป็นที่จะต้องปลอดภัยและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ดังนั้นโทรโบโลยีจึงมีส่วนสำคัญในการพัฒนาอย่างยั่งยืนในอนาคต ในมุมมองของสำคัญของโทรโบโลยีต่อมนุษย์ ตัวอย่างที่น่าสนใจเกี่ยวกับบทบาทของโทรโบโลยีที่มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต คือ การยืดอายุขัยของข้อต่อสะโพกเทียม จาก 5 ปี เป็น 25 ปี



Fig. 4. “Safe” and “Green” concept for future sustainable development
(Source: Pixabay.com)

REFERENCES

1. Lubrication (Tribology) Education & Research (Jost Report) Department of Education & Science, HMSO London 1966.
2. The Friction and Lubrication of Solids, F.P Bowden & D.Tabor, Oxford University Press 2001, ISBN 0 19 50777 1.)
3. An investigation on the Application of Tribology in China. A Report by the Tribology Institution of the Chinese Mechanical Engineering Society, September 1986, Beijing.
4. Strategy for Energy Conservation through Tribology, ASME Reports, 1977 & 1981, New York.
5. T.Bell, European Journal of Engineering Education, 12 1987 2732.
6. T.Bell “ Realizing the potential of surface engineering in the 21st century”, Executive Engineer, 5 197 22-23.
7. T.S.Eyre, “Wear characteristics of castings used in internal combustion engines”, Metals Technology 11 1984 81-90.
8. T.S.Eyre, “ Friction and wear control in industry”, Metals & Materials 7 1991 143-148.
9. H.P. Jost, “Whither Tribology” Institute of Materials Handbook, London, 1989, 121-148.





Thai Parkerizing Co., Ltd.

THAI PARKERIZING CO., LTD.

Thai Parkerizing is a leader in Surface Treatment and Heat Treatment industry. We focus in best Quality and Technology development to utilize our products and service to fulfill our customer satisfaction.

THAI PARKERIZING

We provide variety of products and service to apply on each metal surface such as iron and steel, gavanized steel, aluminum i.e. Our products are applied to many customer processes since metal upstream toward OEM (Original Equipment Manufacturer) finish goods.



CHEMICAL PRODUCTS

Conversion coating chemicals

- » Zinc phosphate coating
- » Zinc calcium phosphate coating
- » Manganese phosphate coating
- » Metal oxide coating
- » Trivalent chrome coating
- » Non-chrome coating
- » Stearate soap coating
- » Dry-in-place lubricant coating (PULS)



Rust preventive products

Depend on your requirement for rust protection

- » Solvent base type
- » Wax base type
- » Water base type
- » PIPAK (Volatile Corrosion Inhibitor Film)



Rolling oil

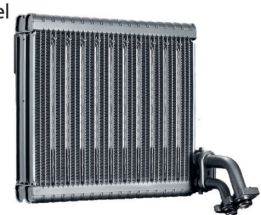
Applied as coolant for cold rolled steel process

- » Lubricity
- » High rolling speed



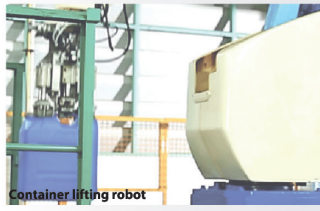
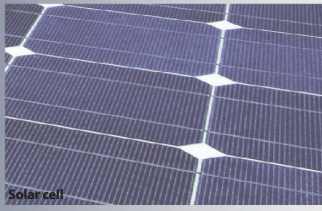
Other treatment products

- » Degreasing and cleaning chemicals
- » Hydrophilic coating on evaporator
- » Coil coating on galvanized steel (Chromate free)
- » Short-term rust preventive chemicals
- » Paint remover





THAI PARKERIZING CO., LTD.

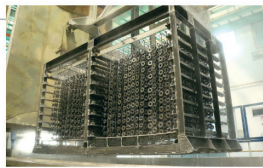


TREATMENT SERVICE

Surface treatment

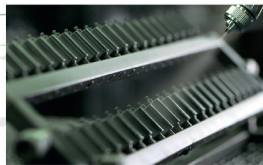
Phosphate treatment

- » Zinc phosphate coating
- » Manganese phosphate coating
- » Aluminum treatment
- » Trivalent chrome coating
- » Zinc phosphate and soap lubricant



Pallube treatment (Solid lubrication treatment)

- » Molybdenum disulfide (MoS_2)
- » Teflon (PTFE)



Kanigen® (Nikel electroless plating)

- » Ni-P alloy coating
- » Ni-P-B alloy coating
- » Ni coating with PTFE
- » Ni-Co-W-P alloy coating



DELTA-MKS®

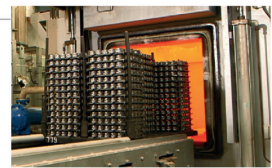
- » Zinc aluminium flakes
- » Small coating thickness (5-20 μm)
- » Cathodic corrosion protection
- » No hydrogen embrittlement



Heat treatment

Gas heat treatment

- » Gas carburizing
- » Gas carbonitriding
- » Gas soft nitriding
- » Quenching and tempering



ISONITE® (Salt Bath Soft Nitriding)

- » Quench-Polish-Quench
- » Surface hardness/
Wear resistance
- » Corrosion resistance



Shot peening

- » Fatigue strength
- » Modify metal surface



PVD (Physical Vapor Deposition)

- » TiN » TiC
- » CrN » TiAlN
- » DLC (Diamond Like Carbon)



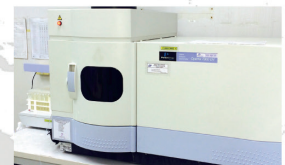
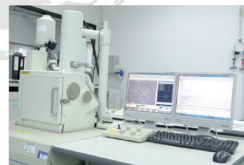
SERVICE LABORATORY

Surface and metallurgical analysis

- » Microstructure and chemical composition
- » Mapping and depth profile analysis
- » Wear and friction test
- » Corrosion test and paint evaluation

Environment analysis

- » Hazardous substance analysis (Pb, Cd and Cr^{6+})
- » Waste water analysis (pH, BOD, COD, TDS, SS, Heavy metal, Oil & Grease and Cyanide)



Chemical analysis

- » Organic and inorganic analysis
- » Qualitative and quantitative analysis

Zinc phosphate standard panel

- » Verify corrosion and paint evaluation



Thai Tribology Association

สมาคมการสีกหล่อและการหล่อลื่นไทย

Written by Dr. Numpon Mahayotsanun (Khon Kaen University)

เขียนโดย ดร.นำพล มหายศนันท์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

A group of researchers from both research universities and national research laboratories in Thailand who have had experiences working with Thailand manufacturing industry saw the need of setting up an association to serve the industry in various aspects and got together around November 2013. After many meetings and discussions with both domestic and international experts in Tribology from both academia and industry, we have formally established Thai Tribology Association or TTA and our association was formally registered in August 2014. It is very encouraging to see many young and active researchers who volunteer to join TTA as working group members in order to drive the association forward. It is also grateful gain several supports from the manufacturing industry. TTA would like to give a very special acknowledgement to Prof. Kuniaki Dohda, Dr. Hideyuki Kuwahara, and Mr. Atomo Yukimune for their tremendous support and contribution to the establishment of TTA.

กลุ่มนักวิจัยจากทั้งทางมหาวิทยาลัยและศูนย์วิจัยปฏิบัติการระดับชาติที่มีประสบการณ์การทำงานกับอุตสาหกรรมการผลิตไทยได้เล็งเห็นถึงความจำเป็นในการจัดตั้งสมาคมเพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมไทยในด้านต่างๆและได้รวมตัวกันในช่วงประมาณเดือนพฤศจิกายนของปี พ.ศ. 2556 ภายหลังจากการประชุมและปรึกษาหารือกันหลายครั้งทั้งกับผู้เชี่ยวชาญทางด้านโทรโบลยีทั้งในและต่างประเทศทั้งจากภาควิชาการและภาคอุตสาหกรรม พวกเราจึงได้จัดตั้งสมาคมการสีกหล่อและการหล่อลื่นไทยหรือ TTA ขึ้นมาอย่างเป็นทางการและได้จดทะเบียนขึ้นเป็นสมาคมในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2557 นับเป็นแรงผลักดันอย่างดียิ่งที่ได้เห็นนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีความกระตือรือร้นและมีจิตอาสาในการเข้าร่วมสมาคมในฐานะสมาชิกดำเนินการเพื่อที่จะผลักดันสมาคมไปข้างหน้า นอกจากนี้แล้วยังเป็นที่น่าปลื้มปิติที่ได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากอุตสาหกรรมการผลิตไทย TTA จึงอยากจะใคร่ขอแสดงความขอบคุณเป็นพิเศษกับ Prof. Kunidaki Dohda Dr. Hideyuki Kuwahara และ Mr. Atomo Yukimune สำหรับการสนับสนุนและส่งเสริมอย่างมหาศาลในการเริ่มก่อตั้ง TTA



THAI
TRIBOLOGY
ASSOCIATION
สมาคมการสีกหล่อและการหล่อลื่นไทย

Fig. 1. TTA logo



OUR VISION

To be recognized as the national leader of advanced Tribology employing top-rated researchers, promoting leading-edge research activities, and maintaining strong partnerships with Thai manufacturing industry.

OUR MISSION

To promote, develop, innovate and transfer research and development in advanced Tribology technology to Thai manufacturing industry through collaborations with top-rated experts and research institutes.

OUR VALUES

TTA strongly believes that advanced technology (knowledge and know-how) and innovation (novel products, processes, and applications) in Tribology will be crucial in the sustainable growth of Thai manufacturing industry.

OUR OBJECTIVES

1. To become a central resource for advanced technology and innovation in Tribology for Thai manufacturing industry.
2. To expand industrial partners for technology enhancement and innovation.
3. To provide testing services and technical knowledge related to Tribology to Thai manufacturing industry, educational institutions, and related organizations.

วิสัยทัศน์ของสมาคม

เป็นที่ยอมรับในนามของผู้นำทางด้านโทรโบโลยีที่มีนักวิจัยชั้นนำ เป็นผู้สนับสนุนกิจกรรมการวิจัยแนวหน้า และมีความสัมพันธ์อย่างดีกับอุตสาหกรรมการผลิตไทย

พันธกิจของสมาคม

สนับสนุน พัฒนา สร้างนวัตกรรม และถ่ายทอดงานวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเทคโนโลยีทางด้านโทรโบโลยีขั้นสูงให้กับอุตสาหกรรมการผลิตไทย ผ่านความร่วมมือจากผู้เชี่ยวชาญและสถาบันวิชาการชั้นนำ

ค่านิยมของสมาคม

TTA มีความเชื่ออย่างจริงจังก้าวเทคโนโลยีขั้นสูง (ทั้งที่เป็น Knowledge และ Know-How) และนวัตกรรม (ผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และการประยุกต์ใหม่ๆ) ทางด้านโทรโบโลยี จะเป็นจุดสำคัญอย่างยิ่งยวดในการเติบโตของอุตสาหกรรมการผลิตไทยอย่างยั่งยืน

จุดประสงค์ของสมาคม

1. เพื่อที่จะเป็นศูนย์รวมทรัพยากรกลางสำหรับเทคโนโลยีขั้นสูงและนวัตกรรมทางด้านโทรโบโลยีสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตไทย
2. เพื่อที่จะขยายแนวร่วมด้านอุตสาหกรรมสำหรับการยกระดับเทคโนโลยีและนวัตกรรม
3. เพื่อที่จะเป็นแหล่งการบริการทดสอบและความรู้เชิงเทคนิคเกี่ยวกับโทรโบโลยีให้กับอุตสาหกรรมการผลิตไทย สถาบันวิชาการ และองค์กรต่างๆที่เกี่ยวข้อง

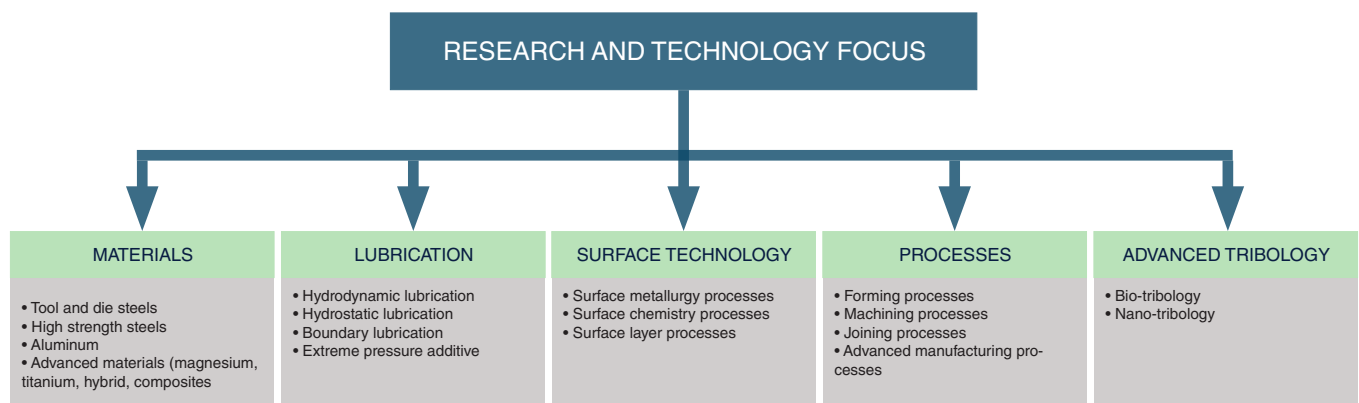


Fig. 2. TTA research and technology focus



TTA has following structure with five main research and technology focus.

PRESIDENT

The TTA president is Assoc.Prof. Siriluck Vinitchanyong (National Metal and Materials Technology Center).

VICE PRESIDENT

The TTA vice president is Dr. Numpon Mahayotsanun (Khon Kaen University).

MATERIALS DIVISION

This division offers both fundamental and advanced knowledge and know-how in materials, particularly in tool and steels, high strength steels, aluminum, and advanced materials such as magnesium, titanium, hybrid and composites. The division head is Assoc. Prof. Tachai Luangvaranant (Chulalongkorn University).

LUBRICATION DIVISION

This division offers both fundamental and advanced knowledge and know-how in all lubrication regimes and applications. The division head is Assoc.Prof. Varunee Premanond (King Mongkut's University of Technology Thonburi).

SURFACE TECHNOLOGY DIVISION

This division offers both fundamental and advanced knowledge and know-how in surface metallurgy processes, surface chemistry processes, and surface layer processes. The division head is Dr. Panadda Sheppard (National Metal and Materials Technology Center).

PROCESSES DEVISION

This division offers both fundamental and advanced knowledge and know-how in all manufacturing processes such as forming, machining, joining, and other advanced processes. The division head is Asst.Prof. Thanasan Intarakumthornchai (King Mongkut's University of Technology North Bangkok).

ADVANCED TRIBOLOGY DEVISION

This division offers both fundamental and advanced knowledge and know-how in bio and nano tribology. The division head is Asst.Prof. Papot Jaroenapibal (Khon Kaen University).

TTA มีโครงสร้างการทำงานและการวิจัยและเทคโนโลยีดังต่อไปนี้

นายกสมาคม

นายกสมาคมคือ ร.ศ. ศิริลักษณ์ นิวิฐจรรยงค์ จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

อุปนายกสมาคม

อุปนายกสมาคมคือ ดร. นำพล มหายศนันท์ จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น

แผนกวัสดุ

ในแผนกนี้จะนำเสนอความรู้ทั้งพื้นฐานและประยุกต์และความชำนาญเกี่ยวกับวัสดุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับแม่พิมพ์และเหล็กเหล็กที่มีความแข็งแรงสูง อลูมิเนียม และวัสดุขั้นสูงเช่น แมกนีเซียมไททาเนียม วัสดุไฮบริดและคอมโพสิต โดยหัวหน้าแผนกคือ ร.ศ. ธาไชย เหลืองวรานันท์ จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนกการหล่อขึ้น

ในแผนกนี้จะนำเสนอความรู้ทั้งพื้นฐานและประยุกต์และความชำนาญเกี่ยวกับกระบวนการหล่อขึ้นและการประยุกต์ใช้ต่างๆ โดยหัวหน้าแผนกคือ ร.ศ. วารุณี เปรมานนท์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

แผนกเทคโนโลยีพื้นผิว

ในแผนกนี้จะนำเสนอความรู้ทั้งพื้นฐานและประยุกต์และความชำนาญเกี่ยวกับ กระบวนการโลหะ กระบวนการเคมีพื้นผิว กระบวนการขึ้นผิว โดยหัวหน้าแผนกคือ ดร. ปนัดดา เชื้อเพ็ชร จากศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ

แผนกกระบวนการผลิต

ในแผนกนี้จะนำเสนอความรู้ทั้งพื้นฐานและประยุกต์และความชำนาญเกี่ยวกับกระบวนการผลิตต่างๆเช่น Forming Machining Joining และ Advanced Processes โดยหัวหน้าแผนกคือ ผศ. ธนสาร อินทรกำธรชัย จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

แผนกเทคโนโลยีไบโอบีโอโลยีขั้นสูง

ในแผนกนี้จะนำเสนอความรู้ทั้งพื้นฐานและประยุกต์และความชำนาญเกี่ยวกับ Bio-Tribology และ Nano-Tribology โดยหัวหน้าแผนกคือ ผศ. ปาพจน์ เจริญอภิบาล จากมหาวิทยาลัยขอนแก่น



TTA COMMITTEE AND COUNCIL

TTA also consists of administrative members, working group members, advisory board members, and collaborative network members. Both the administrative and working group members are the recruited researchers from research universities and national research laboratories in Thailand. We are also very honored to have distinguished advisory board members who are the world's experts in Tribology. Prof. Kuniaki Dohda is the chair of the international academic advisory board. Prof. Jian Liu is the advisor of the materials division. Prof. Meng Yonggang is the advisor of the lubrication division. Dr. Hideyuki Kuwahara is the advisor of the surface technology division, Prof. Peter Groche is the advisor of the processes division, and Prof. Steven Schmid is the advisor of the advanced tribology division.

TTA is still looking for experts from the industry who are willing to help provide guidance and directions and act as our industrial advisory board members. We are also creating a database of our collaborative network members from all over the world.

คณะกรรมการสมาคม

TTA นั้นประกอบไปด้วยสมาชิกบริหาร สมาชิกดำเนินการ สมาชิกที่ปรึกษา และสมาชิกเครือข่ายความร่วมมือ โดยสมาชิกบริหาร และสมาชิกดำเนินการนั้นมาจากการคัดเลือกนักวิจัยจากสถาบันอุดมศึกษาและศูนย์ปฏิบัติการระดับชาติในประเทศไทย นอกจากนี้แล้ว TTA รู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่สมาชิกที่ปรึกษาของสมาคมนี้เป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านโทรโบลีระดับโลก โดยมี Prof. Kuniaki Dohda เป็นประธานของสมาชิกที่ปรึกษานานาชาติ Prof. Jian Lu เป็นที่ปรึกษาทางด้านแผนกวัสดุ Prof. Meng Yonggang เป็นที่ปรึกษาทางด้านแผนกหล่อลื่น Dr. Hideyuki Kuwahara เป็นที่ปรึกษาทางด้านแผนกเทคโนโลยีพื้นผิว Prof. Peter Groche เป็นที่ปรึกษาทางด้านแผนกกระบวนการผลิต และ Prof. Stevn Schmid เป็นที่ปรึกษาทางด้านแผนกเทคโนโลยีโทรโบลีขั้นสูง

TTA กำลังค้นหาที่ปรึกษาจากทางอุตสาหกรรมซึ่งเป็นผู้มีความรู้ ประสบการณ์ และพร้อมที่จะช่วยให้คำแนะนำและแนวทางในการดำเนินงานของสมาคม และสามารถดำรงตำแหน่งเป็นที่ปรึกษาสมาคมทางด้านอุตสาหกรรมได้ นอกจากนี้แล้ว TTA ยังได้สร้างฐานข้อมูลของสมาชิกเครือข่ายของสมาคมที่มาจากทุกมุมโลกอีกด้วย

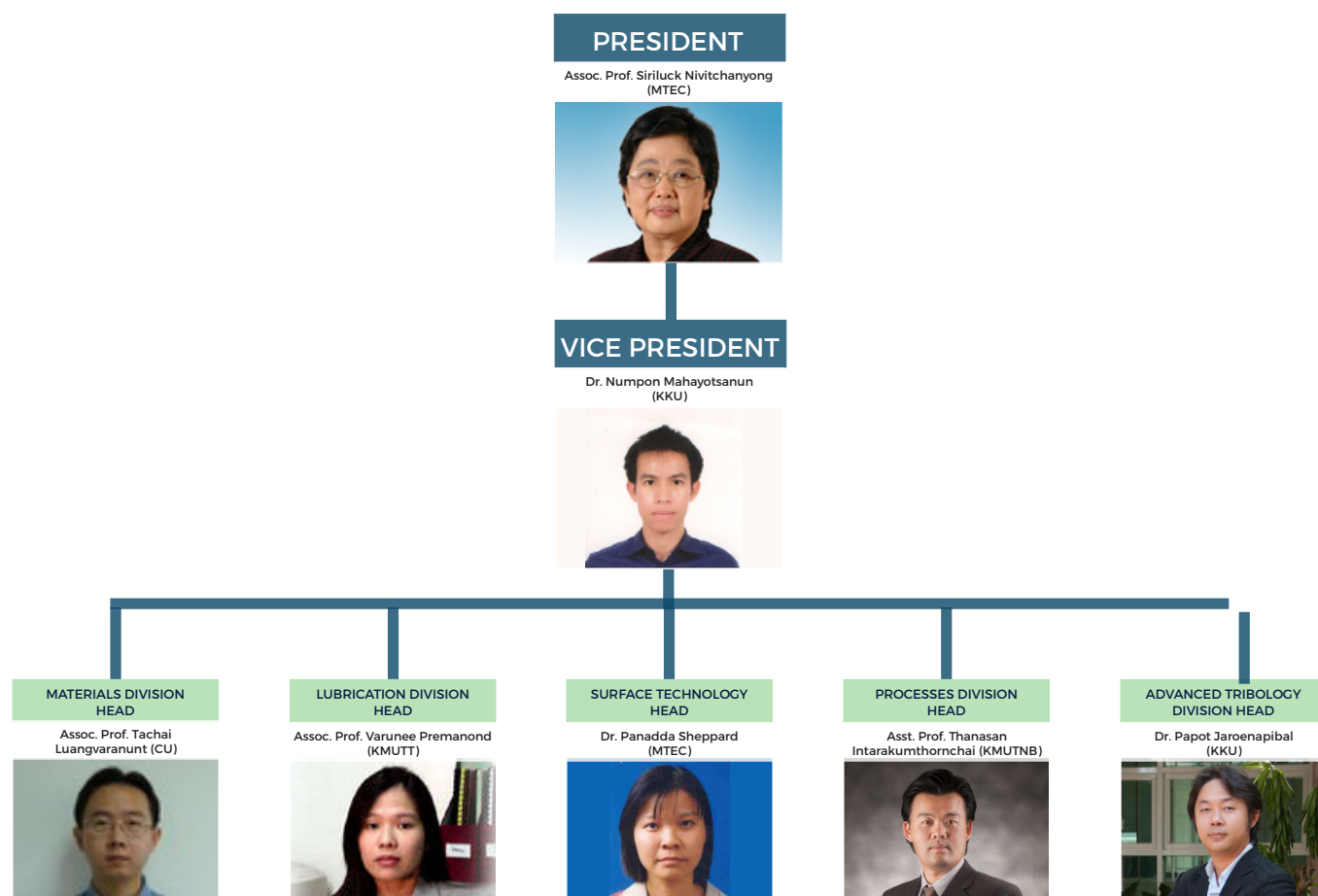


Fig. 3. TTA executives



TTA PARTNERS

It is an honor and pleasure for TTA to be a formal partner with the International Research Group of Tribology in Manufacturing (IRGTM). This group is an association of multinational researchers in the field of production engineering. The group represents academic and scientific interests in terms of a global network of tribologists. Prof. Kuniaki Dohda is currently the president of IRGTM and also acting as the chair of the international academic advisory board of TTA. IRGTM have held the conference, International Conference on Tribology in Manufacturing (ICTMP), and been deeply involved with various international tribology conferences around the world. We are very proud to present that TTA and IRTGM will host the next ICTMP conference in Phuket, Thailand during February 28 to March 2, 2016.

In addition, TTA has also established a formal partnership with Japanese Society of Tribologists (JAST). Prof. Takahisa Kato, president of JAST has recently sent us a congratulations message on the establishment of TTA and also willing to assist TTA in the international collaborations in order to transfer the tribotechnology and know-how. JAST was established in 1955 and the 60-year experiences will surely provide tremendous supports to TTA and Thai manufacturing industry. TTA has been receiving a great support from the domestic universities, institutes and organizations.

องค์กรเครือข่ายของสมาคม

TTA รู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ได้เป็นองค์กรเครือข่ายอย่างเป็นทางการกับ International Research Group of Tribology in Manufacturing (IRGTM) โดยกลุ่มวิจัยนี้เป็นการรวมตัวกันของนักวิจัยในสาขาวิศวกรรมการผลิตจากหลายๆประเทศ โดยกลุ่มวิจัยนี้นำเสนอข้อมูลและความสนใจในเชิงวิชาการและวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการสร้างเครือข่ายนักโทรโบโลยีของโลก โดยปัจจุบันนี้ Prof. Kuniaki Dohda นั้นเป็นประธานกลุ่มวิจัย และยังเป็นประธานที่ปรึกษานานาชาติของ TTA อีกด้วย กลุ่มวิจัย IRGTM นั้นได้จัดงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติเป็นประจำคือ International Conference on Tribology in Manufacturing (ICTMP) และได้ทำกิจกรรมต่างๆอย่างเข้มข้นกับงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติทางด้านโทรโบโลยีอื่นๆ พวกเรารู้สึกเป็นเกียรติอย่างยิ่งที่ TTA กับ IRGTM จะจัดงานประชุมวิชาการระดับนานาชาติ ICTMP ในครั้งต่อไปที่ภูเก็ต ประเทศไทย ระหว่างวันที่ 28 กุมภาพันธ์ ถึง 2 มีนาคม พ.ศ. 2559

นอกจากนี้แล้ว TTA ยังได้สร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นทางการกับ Japanese Society of Tribologists (JAST) โดยประธานของ JAST คือ Prof. Takahisa Kato ได้ส่งข้อความแสดงความยินดีกับการก่อตั้ง TTA เมื่อไม่นานมานี้ และพร้อมที่จะสนับสนุนและช่วยเหลือ TTA ในกิจกรรมความร่วมมือระดับนานาชาติเพื่อที่จะถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้านโทรโบโลยีและความชำนาญ JAST นั้นได้ก่อตั้งในปี ค.ศ. 1955 และจากประสบการณ์ 60 กว่าปีที่ผ่านมาของ JAST จะช่วยเป็นกำลังสำคัญในการขับเคลื่อน TTA และอุตสาหกรรมผลิตไทยได้เป็นอย่างดี ยิ่งไปกว่านั้น TTA นั้นถือว่าได้รับการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากมหาวิทยาลัย สถาบันวิจัย และองค์กรต่างๆในประเทศ



Fig. 4. International partners of TTA



TTA SPONSORS

TTA would also like to formally acknowledge the supports from our sponsors:

- Diamond Sponsors: Thai Parkerizing Co., Ltd. and Honda R&D Asia Pacific Co., Ltd.
- Gold Sponsors: Akebono Brake Corporation, JEOL ASEAN Technical Center (Thailand) and Western Digital (Thailand) Co., Ltd.

The sponsorship and support would help TTA immensely in the attempt to enhance the growth and network of Thai manufacturing industry, particularly in the subject of Tribology.

JOIN TTA

There are two types of TTA membership program: Corporate Membership and Individual Membership. The information regarding the benefits of each program and how to become a TTA member can be found in www.tta.or.th.

ผู้สนับสนุนหลักอย่างเป็นทางการของสมาคม

TTA ขอแสดงความขอบคุณอย่างเป็นทางการสำหรับการสนับสนุนจากผู้สนับสนุนหลักอย่างเป็นทางการดังต่อไปนี้

- ผู้สนับสนุนระดับเพชรคือ บริษัท Thai Parkerizing จำกัด และบริษัท Honda R&D Asia Pacific จำกัด

- ผู้สนับสนุนระดับทองคือ บริษัท Akebono Brake บริษัท JEOL ASEAN Technical Center (Thailand) และบริษัท Western Digital (Thailand) จำกัด

ความช่วยเหลือและการสนับสนุนนี้จะเป็นแรงขับเคลื่อนที่สำคัญของสมาคมในการพยายามที่จะยกระดับการเติบโตและเครือข่ายของอุตสาหกรรมการผลิตไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านโทรโบโลยี

การสมัครเป็นสมาชิกของสมาคม

รูปแบบหลักของการเป็นสมาชิกของสมาคมคือ สมาชิกบริษัท และสมาชิกส่วนบุคคล โดยรายละเอียดเกี่ยวกับประโยชน์ของการเป็นสมาชิกของแต่ละรูปแบบและการสมัครเป็นสมาชิกสมาคมนี้สามารถหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่ www.tta.or.th



Fig. 5. Official sponsors of TTA

TTA Training Schedule 2015

Thai Tribology Association (TTA) in collaboration with Thai Corrosion of Metals and Materials Association (TCMA) are providing the following training sessions for TTA corporate and individual members.

ID	Date	Topic	Instructor
Regular-I	January 28	Lubrication and Lubricants	Dr. Peerawat Nunthavarawong (KMUTNB)
Regular-II	March 26	Surface and Contact Mechanics	Assoc. Prof. Surasith Piyasin (KKU)
Regular-III	April 27	Corrosion Theory and Material Selection	Dr. Pongsak Tuengsook (KMUTT)
Regular-IV	May 14	Die Materials and Coatings Selection	Dr. Pongsak Tuengsook (KMUTT)
Regular-V	June 18	Corrosion Workshop for Industrial Applications	TBD
Regular-VI	July 16	Application of Finite Element Analysis in Tribology	Mr.Sedthawatt Sucharitpwatskul (MTEC)
Regular-VII	August 20	Fracture Mechanisms and Maintenance	TBD
Regular-VIII	September 17	Wear Mechanisms and Maintenance	Assoc. Prof. Surapol Raadhui (KMUTNB)
Regular-IX	October 22	High Temperature Corrosion and Applications	TBD
Regular-X	November 19	Tribometers for Manufacturing Applications	Dr. Numpon Mahayotsanun (KKU)

If you are interested in joining the training, please contact admin@tta.or.th.



7th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes

February 28 to March 2, 2016

Phuket, Thailand



International Research Group of Tribology in Manufacturing (IRGTM) in collaborations with Thai Tribology Association (TTA), National Metal and Materials Technology Center (MTEC), King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), and Khon Kaen University (KKU) are organizing the 7th International Conference on Tribology in Manufacturing Processes (ICTMP) during **February 28 to March 2, 2016** in Phuket, Thailand.

The aim of the conference is to present the latest developments in the research of tribological aspects in manufacturing processes, particularly in the following topics:

- Tribology in forming processes
- Tribology in cutting and finishing processes
- Tribology in joining processes
- Functional surfaces
- Advanced (nano/bio) tribology

The scope of interest is related to friction, lubrication, wear, surface engineering, process modelling, applied plasticity and environmental issues. In this conference, we are strongly interested in **“Tribology of Tool Materials and Designs for High Performance and Extended Service Life”**. Focused tool applications are (but not limited to):

- Extrusion
- Forging
- Machining
- Stamping

The applications can range from nano scale, to micro/meso scale, to macro scale. In addition, the presentations include practical guidelines for solving tribological problems in an industrial environment.

Papers are welcome on all tribological aspects of manufacturing processes:

- Friction, lubrication and wear phenomena
- New lubricants, tool materials, coatings and surface engineering
- Tribological effects on process modeling and applied plasticity
- Environmental issues: new user- and environment friendly lubricants and coatings

The conference will be held at Mövenpick Resort & Spa Karon Beach Phuket, Thailand.

Co-Chairs

[Assoc.Prof. Varunee Premanond](#)

King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
varunee.pre@kmutt.ac.th

[Dr. Numpon Mahayotsanun](#)

Khon Kaen University (KKU)
numpon@kku.ac.th

WWW.ICTMP2016.COM



Surface Engineering and Tribology

กระบวนการวิศวกรรมพื้นผิวและโกลโบลีย

Written by Dr. Panadda Sheppard (National Metal and Materials Technology Center)

Translated by Dr. Numpon Mahayotsanun (Khon Kaen University)

เขียนโดย ดร.ปนัดดา เชฟเพิร์ด (ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ)
แปลโดย ดร.นพพล มหายศนันท์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

Wear of materials starts from a surface or subsurface layer of a material. Whether it is a deformation of the surface due to adhesive or sliding wear, a cutting or chipping of the surface due to abrasion and erosion or a formation of microcracks just below the surface due to fretting and fatigue wear, all involves a mechanical failure of the surface of a component. It is of course possible to find a material that can resist the deformation and cracking as a result of external forces but usually at a sacrifice of the material's reliability. Cost and availability also place a limitation on the material selection. Surface engineering offers a simplest solution; design the structural material and the surface of a component separately. While the strength and stability of the structural material are vital to the smooth functioning of a component, the correctly designed surface can enhance its performance.

การสึกหรอของวัสดุนั้นเริ่มต้นจากพื้นผิวหรือชั้นบนของพื้นผิวด้านในของวัสดุ ซึ่งการเสีรูปของพื้นผิวนั้นอาจเกิดจากการสึกหรอแบบ Adhesive หรือ Sliding การตัดหรือการบิ่นของพื้นผิวนั้นเนื่องมาจากการขีดข่วนและการกัดเซาะ หรือการก่อตัวของ Microcracks ที่อยู่ใต้พื้นผิวซึ่งเกิดจากการสึกหรอแบบ Fretting และ Fatigue โดยสาเหตุเหล่านี้มีส่วนทำให้เกิดการเสียหายทางกลของพื้นผิว ถ้าจะหาวัสดุที่สามารถทนต่อการเสีรูปและแตกจากแรงกระทำภายนอกก็เป็นไปได้ แต่ก็ต้องแลกมาด้วยความน่าเชื่อถือในการใช้งานของวัสดุ ราคาและวัสดุที่หาได้นั้นยังเป็นข้อจำกัดในการเลือกวัสดุอีกด้วย Surface Engineering เป็นวิธีแก้ปัญหาที่ง่ายเพราะสามารถออกแบบวัสดุส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่เป็นพื้นผิวแยกกันได้ ในขณะที่ความแข็งแรงและความมั่นคงของพื้นผิวมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการทำงานอย่างราบรื่นของชิ้นส่วน การออกแบบพื้นผิวชิ้นส่วนอย่างถูกวิธีนั้นสามารถช่วยเพิ่มสมรรถนะได้

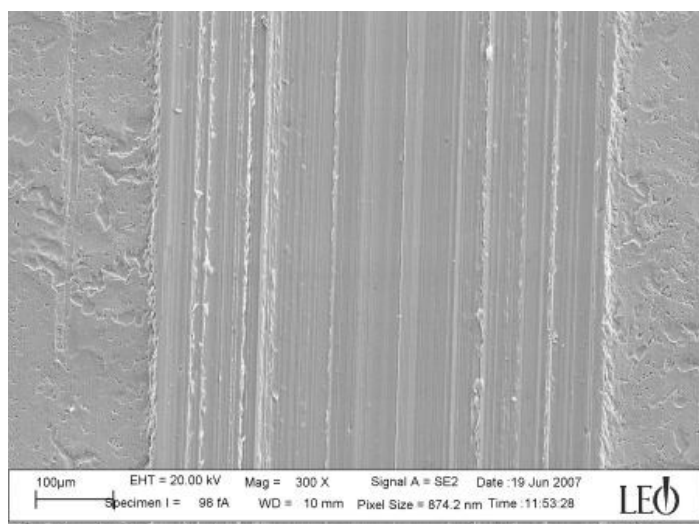


Fig. 1. An example of abrasive wear
(Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abrassiv_Web.jpg)

Surface engineering is a localised improvement on specific functions or properties of a material. The improvement is restricted to the surface and subsurface region only in order to avoid any major changes to the bulk of the component. Thus the structural properties of the component remains mostly unaltered with enhanced surface properties. For example, a TiAlN thin film applied on a mould surface increases the surface hardness and reduces metallic seizure on the mould surface. The thin film process takes place at a temperature lower than 400°C thus does not greatly alter the mechanical properties of the hardened tool steel component. The flexibility in designing the surface of a component separately from its bulk renders surface engineering its popularity in a wide range of applications. It not only allows an increase in the performance of a component but at a lower material and processing cost, too.

Surface Engineering เป็นกระบวนการพัฒนาเฉพาะจุดสำหรับ ฟังก์ชันหรือคุณสมบัติที่เฉพาะเจาะจงของวัสดุ การพัฒนานั้นจำกัดแค่ส่วนที่เป็นพื้นผิวหรือชั้นในพื้นผิวเท่านั้นเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงการทำให้คุณสมบัติของวัสดุโครงสร้างนั้นเปลี่ยนแปลงไปมาก ดังนั้น คุณสมบัติของโครงสร้างของชิ้นส่วนจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน แต่คุณสมบัติของพื้นผิวนั้นดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่น การเคลือบผิวฟิล์มบางด้วย TiAlN บนแม่พิมพ์จะช่วยเพิ่มความแข็งของพื้นผิวและลดการยึดติดของโลหะบนพื้นผิวของแม่พิมพ์ กระบวนการเคลือบผิวฟิล์มบางนั้นทำในช่วงอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 400 °C ดังนั้นจึงไม่เปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งมากนัก ความยืดหยุ่นในการออกแบบพื้นผิวของชิ้นส่วนแยกออกจากโครงสร้างหลักทำให้ Surface Engineering เป็นที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการใช้งานต่างๆ ไม่ใช่แค่การเพิ่มสมรรถนะของชิ้นส่วนเท่านั้นแต่ยังเป็นการลดต้นทุนเกี่ยวกับวัสดุและกระบวนการผลิตอีกด้วย



Fig. 2. Aluminium titanium nitride (AlTiN) coated endmills

(Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:AlTiNCoatedEndmill_NanoShieldPVD_Thailand.JPG)

So, what surface properties contribute to a component's tribological performances?

Hardness and strength are obvious choices. Many wear damages occur due to a harder object comes into contact with the softer component's surface. Depending on the intrinsic property of the component and the nature of the contact force, the surface will either deform plastically or cutting and chipping can occur. In order to reduce the wear damage, surface techniques such as carburizing, nitriding, TiN thin film, enameling, etc. are aiming to increase the surface hardness and strength of the component thus reduce the likelihood of wear damages. It should be noted here however that hardness is not always a solution for wear damage. Soft metals such as Babbitt have been successfully employed as bearing surfaces. Another good example is a rubber liner popularly used as a protection for erosive damages.

แล้วคุณสมบัติอะไรของพื้นผิวที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติทางด้าน ไทรโบโลยีของชิ้นส่วน?

ความแข็งและความแข็งแรงเป็นคุณสมบัติที่เห็นได้ชัด การเสียหายที่เกิดจากการสึกหรอเป็นจำนวนมากนั้นเกิดขึ้นจากการที่วัสดุที่แข็งกว่าสัมผัสกับพื้นผิวของวัสดุที่อ่อนกว่า พื้นผิวของวัสดุอ่อนจะเกิดการเสียรูปแบบพลาสติกหรือถูกฉีกเป็นเศษขนาดเล็ก ซึ่งจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติที่อยู่ภายในของวัสดุและลักษณะของแรงที่มากระทำ สำหรับการที่จะป้องกันการสึกหรอนั้น เทคนิคเกี่ยวกับพื้นผิวเช่น Carburizing Nitriding TiN thin film Enameling และอื่นๆ นั้นมีจุดประสงค์ในการเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงของชิ้นส่วน จึงทำให้ลดการเกิดความเสียหายจากการสึกหรอได้ อย่างไรก็ตามก็ตามความแข็งนั้นไม่ใช่วิธีการแก้ปัญหาความเสียหายจากการสึกหรอเสมอไป โลหะอ่อนเช่น Babbitt ได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นผิวของแบริ่งได้เป็นอย่างดี อีกตัวอย่างที่ดีคือ Rubber Liner ซึ่งได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายสำหรับการป้องกันความเสียหายแบบ Erosive Wear

Material's compatibility dictates how easily two contacting surfaces will form a metallic bonding with one another. For example, Fe has a relatively high material compatibility with Zn. Under an adhesive or dry sliding condition, the two contacting surfaces can adhere to one another. This will eventually result in material tearing and/or seizure on the surfaces, leading to wear damage. It is thus important that the intrinsic properties of the mating surfaces are taken into account when designing a component. Surface engineering can be used to reduce the compatibility of the mating surfaces by applying a coating with a lower compatibility. For example, a steel roller guide used in Cu wire production can be plated with hard Cr in order to reduce the adhesion of Cu on the roller guide.

ความเข้ากันได้ของวัสดุเป็นตัวกำหนดความยากง่ายในการที่สองพื้นผิวที่สัมผัสกันจะเกิดพันธะโลหะระหว่างกัน ยกตัวอย่างเช่น Fe มีความเข้ากันได้ของวัสดุสูงกับ Zn เมื่อวัสดุทั้งสองชิ้นนี้อยู่ภายใต้สภาวะแบบ Adhesive หรือ Dry Sliding พื้นผิวของวัสดุสองชิ้นนี้จะยึดติดกัน ซึ่งในที่สุดจะทำให้เกิดการฉีกขาดและ/หรือการเชื่อมติดของวัสดุบนพื้นผิวของวัสดุทั้งสอง และส่งผลทำให้เกิดความเสียหายจากการสึกหรอ ดังนั้นการพิจารณาคุณสมบัติที่อยู่ภายในของวัสดุที่จะนำมาสัมผัสกันนั้นจึงมีความจำเป็นมากในการออกแบบชิ้นส่วน Surface Engineering สามารถนำมาใช้ในการลดความเข้ากันได้ของวัสดุที่จะนำมาสัมผัสกันโดยการประยุกต์ใช้ Coating ที่มีความเข้ากันได้ของวัสดุต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ตัวไกด์ลูกกลิ้งเหล็กที่ใช้ในการผลิตลวดทองแดงสามารถนำไปเคลือบด้วย Hard Cr เพื่อป้องกันการยึดติดของทองแดงกับตัวไกด์ลูกกลิ้งเหล็ก



Fig. 3. Decorative chrome plating on a motorcycle

(Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Chrome_plating#/media/File:Motorcycle_Reflections_bw_edit.jpg)



Surface friction is also an important property that affects a component's tribological behavior and is worth a consideration. Some applications require a certain amount of friction to be maintained throughout the service life of a component. Brake pad, helicopter landing shoes, textile guide/roller and feed screw are some examples where a surface modification can be applied in order to achieve a certain level of friction. Some applications, on the other hand, will benefit from a low surface friction, for example, mould and die, hydraulic shaft, bearing and gasket. In these cases, the surface friction can be adjusted by controlling the surface roughness and by changing the surface composition. For example, a low friction on a stamping die surface can be achieved by super-finishing the hardened tool steel to a roughness below $0.1 \mu\text{m Ra}$ followed by a deposition of a TiN film to alter the surface composition from a ferrous alloy to a ceramic compound.

There are other properties that may be relevant but is not mentioned here, such as a corrosion behaviour, thermal conductivity, fracture toughness, etc. In order to find a solution to a wear problem, we need to understand the working environment of the component, to identify the important surface properties, and to design the surface accordingly.

แรงเสียดทานพื้นผิวนั้นเป็นอีกคุณสมบัติหนึ่งที่สำคัญที่ส่งผลกระทบท่อพฤติกรรมทางไทรโบโลยีและควรที่จะพิจารณา งานบางอย่างต้องการให้มีแรงเสียดทานคงที่ระดับหนึ่งตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์หรือเครื่องมือ เช่น ผ้าเบรก รองเท้าจอดเฮลิคอปเตอร์ ลูกกลิ้งและฟีดสกรูของสิ่งทอ เป็นตัวอย่างที่การเปลี่ยนแปลงพื้นผิวนั้นจำเป็นที่จะต้องนำมาประยุกต์ใช้เพื่อให้ได้แรงเสียดทานที่ต้องการ อย่างไรก็ตามงานบางอย่งนั้นได้ประโยชน์จากการมีแรงเสียดทานพื้นผิวที่น้อยเช่น แม่พิมพ์ เพล้าไฮดรอลิก แบร็งและปะเก็น ในกรณีนี้แรงเสียดทานสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยการควบคุม Surface roughness และโดยการเปลี่ยนองค์ประกอบของพื้นผิว ยกตัวอย่างเช่น แม่พิมพ์ที่มีแรงเสียดทานต่ำสามารถทำได้โดยทำพื้นผิวของเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งให้เรียบมากโดยมี Surface roughness ต่ำกว่า $0.1 \mu\text{m Ra}$ แล้วเคลือบด้วยแผ่นฟิล์ม TiN เพื่อที่จะเปลี่ยนองค์ประกอบของพื้นผิวจาก Ferrous alloy เป็น Ceramic compound

นอกจากนี้แล้วยังมีคุณสมบัติอื่นๆที่อาจจะเกี่ยวข้องอีกแต่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้เช่น พฤติกรรมการกร่อน การนำความร้อน Fracture Toughness และอื่นๆ ถ้าเราต้องการที่จะแก้ปัญหาการสึกหรอ เราจะต้องเข้าใจสภาพแวดล้อมการทำงานขององค์ประกอบที่เราจะศึกษา บ่งชี้คุณสมบัติของพื้นผิว และออกแบบพื้นผิวให้สอดคล้องกัน



Fig. 4. Titanium nitride coated punches

(Source: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TiNCoatedPunches_NanoShieldPVD_Thailand.JPG)

HONDA

Honda R&D Asia Pacific Co., Ltd.



**Brio
AMAZE**
aunsnouqolnu





Hard Thin Film Coating Application to Reduce Adhesion in Deep Drawing Process

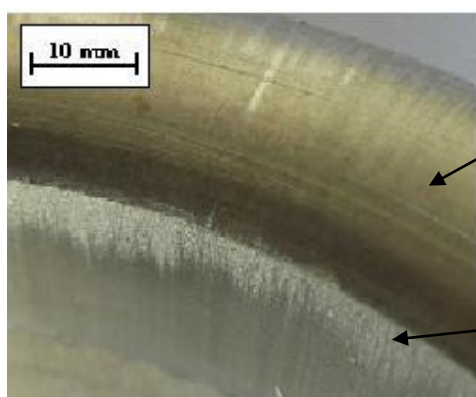
การประยุกต์ใช้ฟิล์มแข็งเคลือบผิวเพื่อลดปัญหาการยึดติด
ในกระบวนการลากขึ้นรูปลึก

Written by Assoc.Prof. Varunee Premanond (King Mongkut's University of Technology Thonburi)

เขียนโดย รศ.ดร. วารุณี เปรมานนท์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี)

This article aims to present a case study demonstrating usefulness of tribology research work on metal stamping process area. Tribology defined as “the science and engineering of interacting surfaces in relative motion. It includes the study and application of the principles of friction, lubrication and wear.” (<http://en.wikipedia.org/wiki/tribology>). Tribological study is therefore very useful to help improving the metal forming process efficiency. Deep drawing is one of a main operation of changing sheet materials into shape which involved sliding of sheet material against die surface under high pressure. The situation leads to severe adhesion especially for particular materials which have higher prone to adhere to tool surface. In general, material which having similar characteristics tends to be adhered to each other easily. Therefore, high strength steel sheet and stainless steel sheet are cases of tribologically difficult materials.

บทความนี้ ผู้เขียนมีความตั้งใจที่จะนำเสนอกรณีศึกษาเพื่อให้เห็นถึงประโยชน์ของ “ไทรบอโลยี” ในงานปั๊มขึ้นรูปโลหะ ไทรบอโลยีหมายถึง ศาสตร์ทั้งด้านวิทยาการและวิศวกรรมที่กล่าวถึงการเคลื่อนที่สัมผัสของพื้นผิว จึงหมายรวมถึงการศึกษาและการประยุกต์ส่วนที่เกี่ยวข้องคือ ความเสียดทาน การหล่อลื่น และการสึกหรอ” (แปลจาก <http://en.wikipedia.org/wiki/tribology>) ดังนั้นการศึกษาทางด้านไทรบอโลยีจึงมีประโยชน์ในการช่วยพัฒนางานประสิทธิภาพของงานขึ้นรูปโลหะเป็นอย่างมาก งานลากขึ้นรูปลึกเป็นกระบวนการหลักงานหนึ่งที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนรูปจากโลหะแผ่น ให้เป็นรูปร่างตามที่ต้องการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแผ่นโลหะที่ต้องการขึ้นรูปไปบนผิวหน้าของแม่พิมพ์ภายใต้แรงดันสูง ซึ่งเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัจจัยบวก ส่งผลให้เกิดปัญหาการยึดติดของแผ่นโลหะบนผิวแม่พิมพ์ได้อย่างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโลหะแผ่นบางประเภทที่มีแนวโน้มในการเกาะยึดกับผิวแม่พิมพ์ได้ง่าย โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่มีคุณลักษณะที่มีความใกล้เคียงกัน จะยึดติดกันได้ง่าย ดังนั้นโลหะแผ่นที่มีความใกล้เคียงกับวัสดุทำพิมพ์ (มีความแข็งและความแข็งแรงสูง ใกล้เคียงกับวัสดุทำพิมพ์) ซึ่งได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม และเหล็กกล้าความแข็งแรงสูง จึงจัดอยู่ในกลุ่มวัสดุที่มีความเสี่ยงของการยึดติดสูง จัดเป็นโลหะแผ่นที่ขึ้นรูปยากในมุมของไทรบอโลยี



Deep drawing die made from
cold work tool steel grade SKD11

Adhesion of SPFC980Y on die surface

Fig. 1. Transfer of SPFC980Y material on the deep drawing die radius after 30 strokes.



Deep drawing experiments were conducted to evaluate the performance of hard film coated tool on SPFC980Y sheet. Adhesion in forming of part can be investigated directly on the tool surface as shown in fig.1. Adhesion between tool steel JIS-SKD11 and advanced high strength steel sheet, SPFC980Y shows materials transfer of SPFC980Y on SKD11 tool surface on die radius area after 30 strokes. The corresponding cup from the tool presents in fig 2. Severe galling on the cup wall can be clearly seen.



Fig.2 Corresponding SPFC980Y cup from the tool shows in fig 1.

To improve the efficiency, tribological study has been made. In order to reduce adhesion problem, the tool materials and lubricants play a vital role. However, the use of liquid lubricant is insufficient due to the sustainability of lubricant under high pressure and high sliding at die radius area in deep drawing is rather low. The solution was then focus on hard thin film coating technique on die surface. Coating by hard thin film layer not only increase the hardness but also reduce the friction. Fig 3 and fig 4 shows the deep drawing die which was coated by radical nitride — CrN (the tool substrate was nitrided prior to be subsequently coated with CrN film in the same furnace) and the corresponding cup after 1,000 strokes. The cups could be continuously deep drawn up to 1,000 strokes without a sign of marks. However careful study should be made, not all types of hard thin film coating will be benefit. The materials compatibility should be considered. Proper selection is required for a specific problem. Fig 5 shows roughness of SPFC980Y cup deep drawn by several tool. High value of surface roughness (R_y , the max-

การทดสอบงานลากขึ้นรูปลึกเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้ฟิล์มแข็งเคลือบผิวบนแม่พิมพ์เพื่อลดปัญหาการยึดติดได้จัดทำขึ้น โดยทำการทดสอบกับโลหะแผ่นชนิดเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ เกรด SPFC980Y การศึกษาการเกาะยึดทำได้โดยตรงโดยการสังเกตที่บริเวณรัศมีตายภายหลังการขึ้นรูปดังแสดงในรูปที่ 1 โดยวัสดุทำพิมพ์เป็นกลุ่มเหล็กเครื่องมืองานเย็นที่ใช้กันทั่วไป เกรด SKD11 ตามมาตรฐานญี่ปุ่น (JIS) จากรูปแสดงให้เห็นถึงส่วนที่มีเศษของ SPFC980Y ไปเกาะติดอยู่บริเวณรัศมีตายหลังจากการขึ้นรูป 30 ถ้วย จากเศษที่เกาะยึดนี้เอง ก็ส่งผลต่อไปยังรอยขีดลึกลงบนผนังถ้วยที่ขึ้นรูปผ่านแม่พิมพ์ชุดนี้ซึ่งสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังแสดงในรูปที่ 2

การการศึกษาทางไดรบอลอยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ จากการลดปัญหาการยึดติด มุ่งเน้นไปที่การพัฒนาวัสดุทำพิมพ์และการหล่อลื่น ซึ่ง 2 ปัจจัยนี้มีผลโดยตรงต่อการเกิดการยึดติด อย่างไรก็ตามปัญหาของการหล่อลื่นด้วยของเหลวในกลุ่มน้ำมัน คือมีความสามารถต่ำในการคงอยู่ภายใต้สภาวะของแรงดัน และการเคลื่อนที่สัมพัทธ์สูง น้ำมันหล่อลื่นมักจะหนีไปอยู่ในบริเวณที่มีแรงดันที่ต่ำกว่า ดังนั้นคำตอบสำหรับกรณีศึกษาจึงพุ่งมาที่ศาสตร์ของการเคลือบผิวด้วยฟิล์มแข็ง ซึ่งนอกจากจะช่วยในเรื่องของการเพิ่มความแข็งที่ผิวให้กับแม่พิมพ์แล้ว ยังช่วยเพิ่มผลทางด้านความลื่น ลดความเสียหายบนผิวด้วย ภาพถ่ายที่บริเวณรัศมีตายที่ผ่านการเคลือบผิวด้วย radical nitride — CrN (ทำในไดรด์บนผิวแม่พิมพ์ ก่อนการเคลือบด้วยฟิล์ม CrN ภายในเตาแบบต่อเนื่อง) และถ้วยที่ขึ้นรูปผ่านชุดแม่พิมพ์ ภายหลังการขึ้นรูป 1,000 ถ้วยแสดงในรูปที่ 3 และ รูปที่ 4 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำงานไป 1,000 ถ้วย ก็ยังไม่แสดงให้เห็นถึงปัญหาการเกาะยึด ผนังถ้วยยังมีสภาพที่สมบูรณ์ ปราศจากรอยขีดข่วน อย่างไรก็ตาม การศึกษาทดลองต้องทำด้วยความระมัดระวังรอบคอบ ไม่ใช่ทุกการเคลือบผิวด้วยฟิล์มแข็งจะสามารถใช้งานได้ดี ต้องพิจารณาถึงความเข้ากันได้ทางวัสดุศาสตร์ด้วย ดังแสดงตัวอย่างผลการทดสอบในรูปที่ 5 แสดงให้เห็นค่าความหยาบผิวสูงสุด (R_y) ที่วัดที่ผนังถ้วยที่ขึ้นรูปผ่านชุดแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน ค่า R_y ที่สูงหมายถึงมีความลึกของรอยขีดขูดสูง จะเห็นได้ว่าแม่พิมพ์ที่ไม่ผ่านการเคลือบผิว และแม่พิมพ์ที่เคลือบผิวด้วยฟิล์ม TiN ให้ค่าความหยาบผิวของถ้วยสูงตั้งแต่การขึ้นรูปถ้วยผ่านไปเพียงไม่กี่ใบ ส่วนถ้วยที่ขึ้นรูปโดยใช้แม่พิมพ์ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยฟิล์ม CrN มีค่าความหยาบผิวที่คงที่ถึง 400 ถ้วย หลัง

imum roughness height) which representing deep scratch on the cup wall were recorded from the cups produced by non-coated tool and TiN-radical nitride coated tool. The roughness of the cups produced by CrN coated tool remained constant up to 400 strokes and increased significantly up to 1,000 strokes. The CrN film peeled off, as shown in fig 6. This phenomenon of film peel-off expressed the low bond strength. Radical nitriding prior to coated film increased the bond strength between the coated film and substrate. Therefore, it can be concluded that the radical nitride — CrN coated tool has a high performance on deep drawing of advanced high strength steel.



Fig 3. Radical nitride — CrN coated die after 1,000 strokes.

จากนั้นค่าความหยาบผิวก็เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วไปจน 1,000 ถ้วย รูปที่ 6 แสดงภาพถ่ายที่รัศมีตายของแม่พิมพ์ที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยฟิล์ม CrN พบว่าเกิดการหลุดลอกของฟิล์ม CrN ที่เคลือบอยู่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า มีค่าความแข็งแรงในการจับยึดระหว่างฟิล์มเคลือบและพื้นผิวได้ล่าง ดังนั้น การทำชั้นไนไตรด์ที่ผิวแม่พิมพ์ก่อนเคลือบด้วย CrN (radical nitride — CrN) จึงช่วยเพิ่มค่าความแข็งแรงในการจับยึดของฟิล์ม CrN กับพื้นผิวของวัสดุทำพิมพ์ จึงเป็นข้อสรุปของงานทดสอบชุดนี้คือ การเคลือบผิวด้วย radical nitride — CrN บนผิวแม่พิมพ์ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการลดปัญหาการเกาะยึดในการลากขึ้นรูปลึกของวัสดุเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงพิเศษ



Fig 4. Corresponding SPFC980Y cup from the tool shows in fig 3.

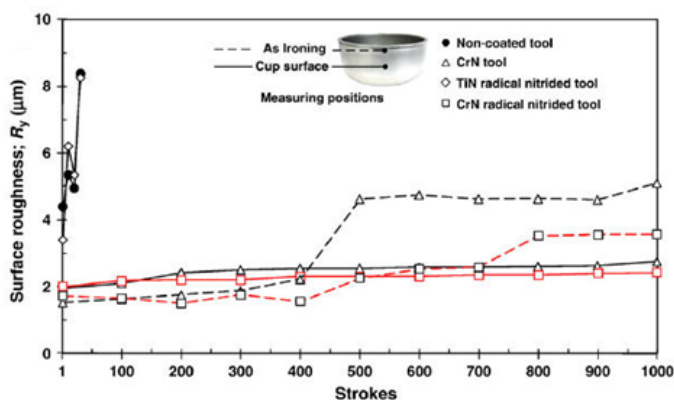


Fig 5. Results of cup surface roughness produced by various tool; Non coat tool (SKD11), TiN radical nitride coating tool, CrN coating tool and CrN radical nitriding tool.



Fig 6. CrN coated die after 1,000 strokes

Hydromechanical Deep Drawing of Parabolic Cup

การขึ้นรูปชิ้นงานพาราโบลาด้วยกระบวนการขึ้นโลหะแผ่น
ด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

Written by Asst.Prof. Thanasan Intarakumthornchai (King Mongkut's University of Technology North Bangkok)
Translated by Mr. Pramote Koowattanasuchat (Khon Kaen University)

เขียนโดย ผศ.ดร.ธนสาร อินทรกำแหงชัย (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)
แปลโดย นายปราโมทย์ คุ้มตนสุขชาติ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

Hydromechanical deep drawing is a metal forming process by using water pressure, which has a tube shape and forms the sheet to the desired shape. The idea of hydromechanical forming can be applied to form any shape and water pressure helps lift and push metal sheet to obtain uniform material elongation throughout the sheet, which enhances its formability, particularly for materials that are difficult to form such as High Strength Steel (HSS). Using of water pressure is also beneficial in terms of forming complex shapes such as parabolic cup as shown in Fig 1. Since the sample has a taper shape and its bottom has a sharp angle, this is prone to tearing due to the stress concentration and wall wrinkling. For this reason, the traditional deep drawing process requires 6 forming steps [1] as illustrated in Fig 2, which also needs 6 die sets and 6 forming machines in order to achieve the cup. Nevertheless, only one form step is required by using hydromechanical forming process. The types of hydromechanical forming process will be discussed next.

กระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำเป็นกระบวนการที่ใช้แรงดันน้ำขึ้นรูปโลหะซึ่งในที่นี้จะมีลักษณะเป็นท่อและลักษณะเป็นแผ่นให้เป็นรูปร่างตามต้องการ แนวความคิดของการใช้น้ำในการขึ้นรูป เนื่องจากแรงดันน้ำสามารถเข้ารูปกับชิ้นงานใดๆ ก็ได้และแรงดันน้ำยังช่วยในการพยุงและดันโลหะแผ่นให้มีการยืดตัวสม่ำเสมอเท่ากันตลอดทั้งแผ่นจึงช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยเฉพาะกับวัสดุที่ขึ้นรูปได้ยากเช่น เหล็กกล้าความแข็งแรงสูง (High Strength Steel) การอาศัยแรงดันน้ำยังมีประโยชน์ในการขึ้นรูปร่างชิ้นงานที่มีความซับซ้อนอย่างเช่นชิ้นงานถ้วยทรงพาราโบลา (Parabolic Cup) ดังรูปที่ 1 เนื่องจากเป็นชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นแบบพื้นผิวเอียง (Taper) และรูปร่างก้นถ้วยที่มีลักษณะค่อนข้างเป็นมุมแหลมส่งผลให้การขึ้นรูปชิ้นงานนี้เสี่ยงต่อข้อบกพร่องในรูปแบบของการฉีกขาดจากความเค้นเฉพาะจุดและรอยย่นบนผนังได้ง่าย ซึ่งถ้าทำการขึ้นรูปแบบดั้งเดิมคือการขึ้นรูปแบบลากขึ้นรูปลึก (Deep Drawing) จำเป็นต้องทำการขึ้นรูปถึง 6 ขั้นตอน [1] ดังรูปที่ 2 ซึ่งหมายความว่าต้องสร้างแม่พิมพ์ถึง 6 ชุด และใช้เครื่องจักรถึง 6 เครื่อง ในการขึ้นรูป แต่ชิ้นงานดังกล่าวสามารถขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปด้วยน้ำ (Hydromechanical Deep Drawing) เพียงขั้นตอนเดียว ซึ่งในหัวข้อถัดไปจะกล่าวถึงประเภทของการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำ

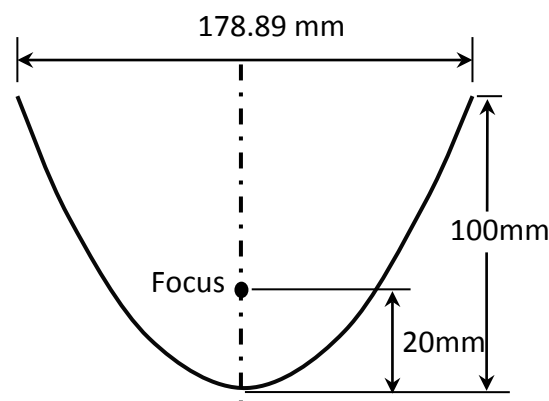


Fig 1. A schematic showing the parabolic cup and forming steps

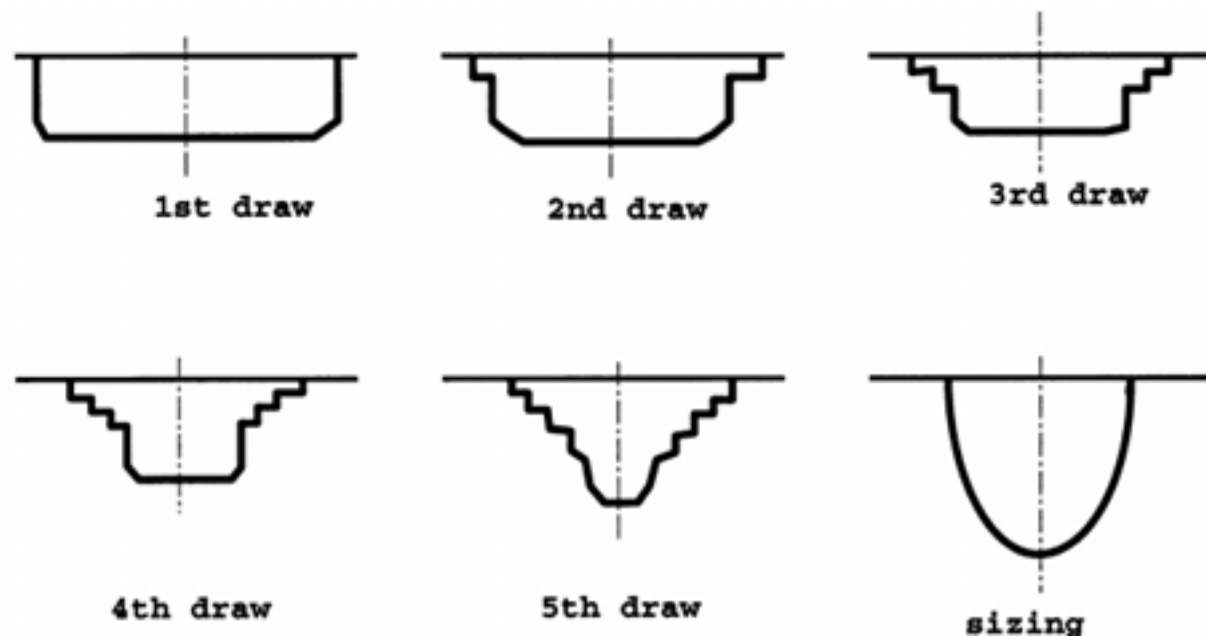


Fig 2. Deep drawing steps of a parabolic cup [1]

1. Types of hydromechanical forming

There are two main types hydroforming, categorized by the types of blank: tube hydroforming and sheet hydroforming. In addition, sheet hydroforming can be classified as (1) high pressure sheet hydroforming (2) hydromechanical deep drawing and (3) hydroforming of double blank as displayed in Fig 3.

1. ประเภทของการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำ

กระบวนการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำหลักๆ สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท ตามลักษณะของวัตถุดิบที่จะมาทำการขึ้นรูป (Blank) คือ การขึ้นรูปท่อโลหะด้วยน้ำ (Tube Hydroforming) และการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำ (Sheet Hydroforming) นอกจากนั้นการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำยังสามารถแบ่งได้อีก 3 ประเภท คือ 1) การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้แรงดันสูง (High Pressure Sheet Hydroforming) 2) การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป (Hydromechanical Deep Drawing) และ 3) การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำโดยใช้โลหะแผ่นคู่ (Hydroforming of Double Blank) แสดงดังรูปที่ 3

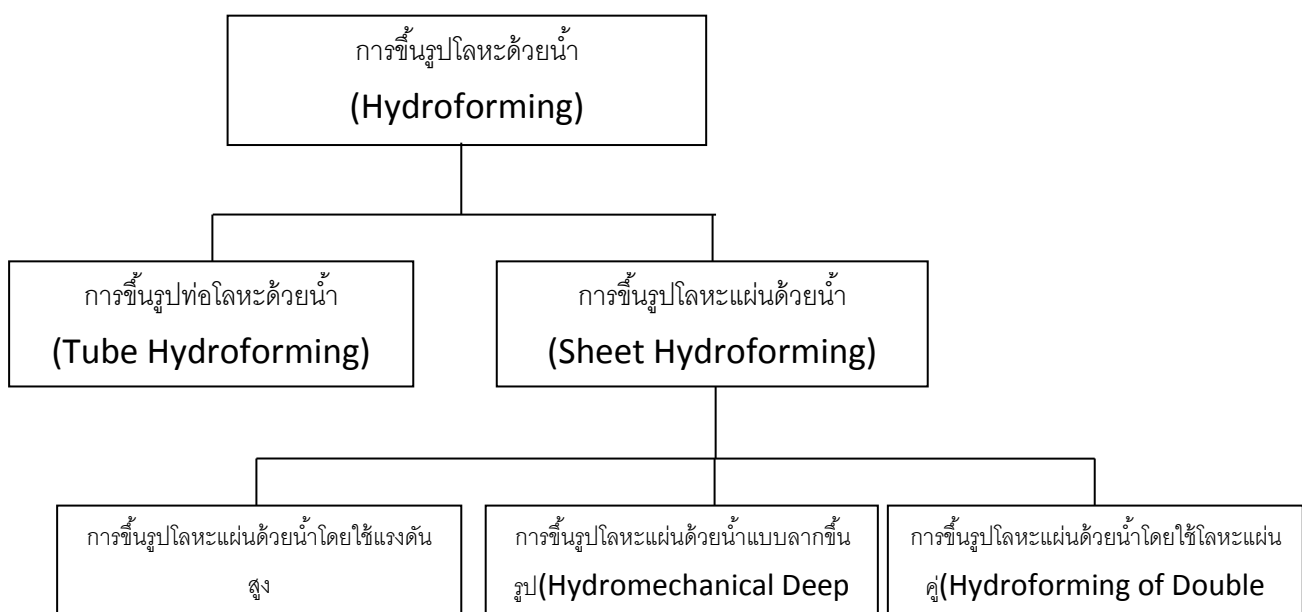


Fig 3. Types of hydromechanical forming

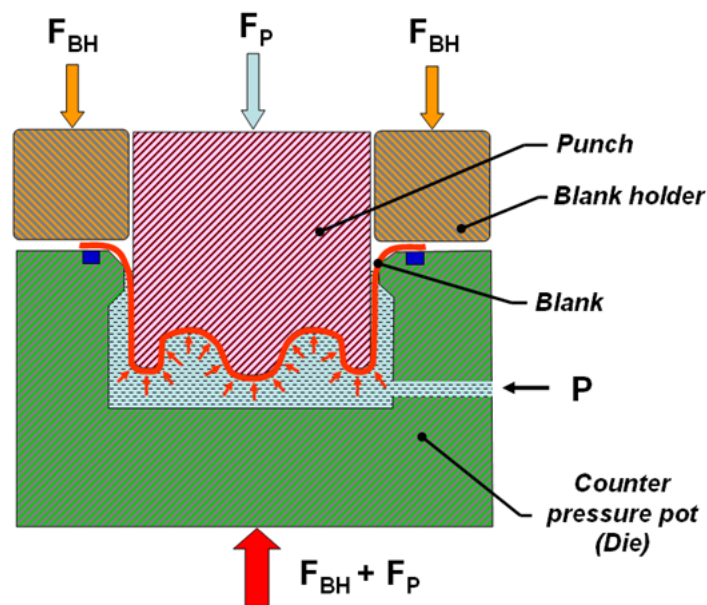


Fig 4. Process of hydromechanical deep drawing of parabolic cup

2. Hydromechanical deep drawing (HMD)

Hydromechanical Deep Drawing (HMD) is a process that relies on a water reservoir to accommodate loads when the punch moves down. The water in the reservoir is pressurized, forcing the sheet to form around the punch, acting as a die force. The major difference between HMD and typical Deep Drawing is that the water pressure is applied throughout the sheet on the areas that are in contact and have no contact with the punch. HMD can be categorized into two types [4]: (1) Passive, this type creates water pressure by the replaced punch volume, generating water pressure in the reservoir and (2) Active, this type requires pressure intensifiers in order to generate desired water pressure.

Fig 4. demonstrates HMD where the reservoir is used as a die shape. In this process, the water pressure is applied throughout the sheet, causing the sheet to make contact with the punch. The friction between the punch and the sheet leads to the non-contact area to elongate during forming, which also creates the uniform sheet thickness. This also increases the formability compared to the traditional forming process that uses steel dies.

The continuous support of the water pressure to the sheet both on the contact and non-contact areas to the punch provides uniform force distribution and appropriate forming levels. This also helps reduce sidewall wrinkle and sheet tearing, which allows higher forming depths and uniform sheet thickness. The surface of the formed sheet is also very smooth with no scratches, which meets the requirement of automotive parts such as outer body parts.

2. การขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

เป็นกระบวนการที่อาศัยอ่างน้ำเพื่อรองรับแรงกระทำจากการเคลื่อนที่ลงมาของพินช์ ซึ่งน้ำในอ่างจะมีแรงดันมากระทำกับโลหะแผ่นให้เข้ารูปกับพินช์เสมือนแรงกระทำจากตาย แตกต่างกันตรงที่แรงดันน้ำสามารถกระทำกับโลหะแผ่นทั่วทั้งแผ่นทั้งส่วนที่สัมผัสและไม่สัมผัสกับพินช์ตลอดการขึ้นรูป กระบวนการดังกล่าวสามารถแบ่งได้ 2 วิธี [4] คือ แบบพาสซีฟ (Passive) โดยแรงดันเกิดจากการทดแทนปริมาตรของพินช์ ในอ่างส่งผลให้แรงดันน้ำในอ่างเพิ่มขึ้นไปตาม อีกวิธีคือแบบแอคทีฟ (Active) วิธีการนี้จะอาศัยแรงดันจากชุดเพิ่มแรงดัน (Pressure Pump) ในการสร้างแรงดันเพื่อให้ได้ลักษณะแรงดันตามต้องการ

รูปที่ 4 แสดงขั้นตอนของการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป ซึ่งอ่างน้ำจะทดแทนรูปร่างของตาย กระบวนการนี้แรงดันน้ำจะกระทำกับโลหะแผ่นตลอดการขึ้นรูปส่งผลให้โลหะแผ่นไปสัมผัสกับพื้นผิวของพินช์แรงเสียดทานระหว่างพินช์กับโลหะแผ่นจะส่งผลให้บริเวณที่สัมผัสกันไม่เกิดการยืดตัวออกในขณะขึ้นรูป เป็นผลให้ความหนาของชิ้นงานมีความสม่ำเสมอ และทำให้ความสามารถในการขึ้นรูปเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับกระบวนการแบบดั้งเดิมที่ตายทำจากเหล็ก

การที่มีแรงดันน้ำคอยพยุงโลหะแผ่นตลอดเวลาขึ้นรูปทั้งบริเวณที่สัมผัสและยังไม่สัมผัสกับพินช์ จะช่วยให้โลหะแผ่นมีการกระจายแรงที่สม่ำเสมอ มีการตึงระดับที่เหมาะสมตลอดเวลาขณะทำการขึ้นรูป การที่มีแรงดันน้ำมากระทำกับโลหะแผ่นตลอดเวลาจะช่วยให้ลดการเกิดรอยยับบริเวณผนัง (Sidewall Wrinkle) และยังช่วยชะลอการฉีกขาดของชิ้นงานทำให้สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้ลึกมากขึ้น จะทำให้ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการนี้จะมีคุณภาพที่ค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยผิวชิ้นงานบริเวณที่สัมผัสกับน้ำจะออกมาเรียบสวยไม่เกิดรอยขีดข่วน จึงเหมาะกับการนำมาขึ้นรูปชิ้นงานที่แสดงผิวภายนอกเช่น ชิ้นส่วนภายนอก (Outer Body) ของรถยนต์

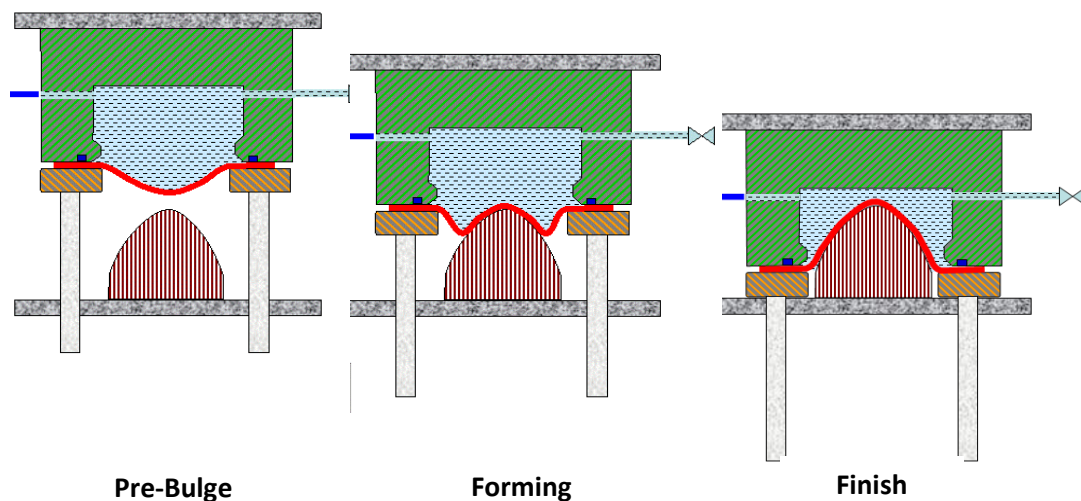


Fig 5. Steps of hydromechanical deep drawing of parabolic cup

3. HMD Test

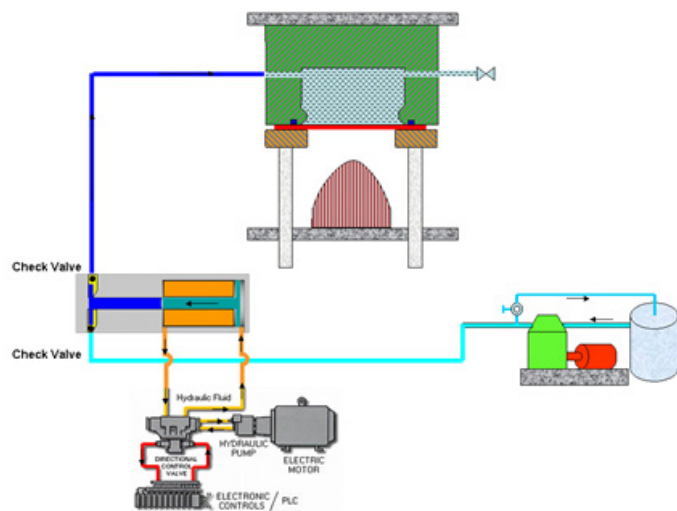
3.1 Forming process

The process begins by filling water to the reservoir and then increases the water pressure to create Pre-Bulge. Then the reservoir is moved down opposite to the Pre-Bulge direction. Finally, the reservoir is moved completely downward to form the desired shape as seen in Fig 5.

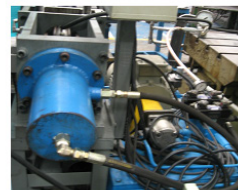
3. การทดสอบการขึ้นรูป

3.1 ขั้นตอนการขึ้นรูป

เริ่มจากการเติมน้ำเข้าสู่อ่างน้ำจนเต็ม หลังจากนั้นเพิ่มแรงดันเพื่อทำให้ชิ้นงานโป่งออกก่อน (Pre-Bulge) หลังจากนั้นอ่างน้ำจะเคลื่อนที่ลงเพื่อขึ้นรูปส่วนทางกับชิ้นงานที่โป่งออก หลังจากนั้นอ่างน้ำจะเคลื่อนที่ลงมาจนสุด ก็จะเสร็จสิ้นช่วงของการขึ้นรูป ดังรูปที่ 5



Mold



Pressure Pump



Water Filing System

Fig 6. Schematic of the major components of hydromechanical deep drawing of parabolic cup (Left) and prototype of the hydromechanical deep drawing of parabolic cup setup (Right)

3.2 Machine and equipment

The machine and equipment of HMD process is similar to that of traditional deep drawing process but requires additional water filling system and pressure pump as shown in Fig 6.

3.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์

กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป จะคล้ายคลึงกับกระบวนการลากขึ้นรูปปกติ จะมีอุปกรณ์เพิ่มเติมเพียงชุดเติมน้ำและชุดสร้างแรงดัน (Pressure Pump) ดังแสดงในรูปที่ 6

3.3 Forming test

After the machine and equipment have been set up, the process parameters must be considered. In HMD, water pressure profile and clamping force with respect to the forming displacement are considered important. These parameters must be simulated by using Finite Element Methods until satisfied results are obtained prior to the actual test. The pressure and clamp force profiles are displayed in Fig 7.

3.3 การทดสอบการขึ้นรูป

หลังจากทำการสร้างแม่พิมพ์และอุปกรณ์สร้างแรงดัน สิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึงคือการกำหนดพารามิเตอร์ในการขึ้นรูป กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปนั้นพารามิเตอร์ที่สำคัญได้แก่รูปร่างลักษณะของแรงดันและแรงจับยึดเทียบกับระยะการกดลง ซึ่งลักษณะเหล่านี้ได้ทำการทดสอบกับการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาก่อนจนเป็นที่น่าพอใจ จึงนำมาทดสอบกับการขึ้นรูปจริง โดยลักษณะของแรงดันและแรงจับยึดเทียบกับระยะการกดลงที่ใช้ในการทดสอบ แสดงดังรูปที่ 7

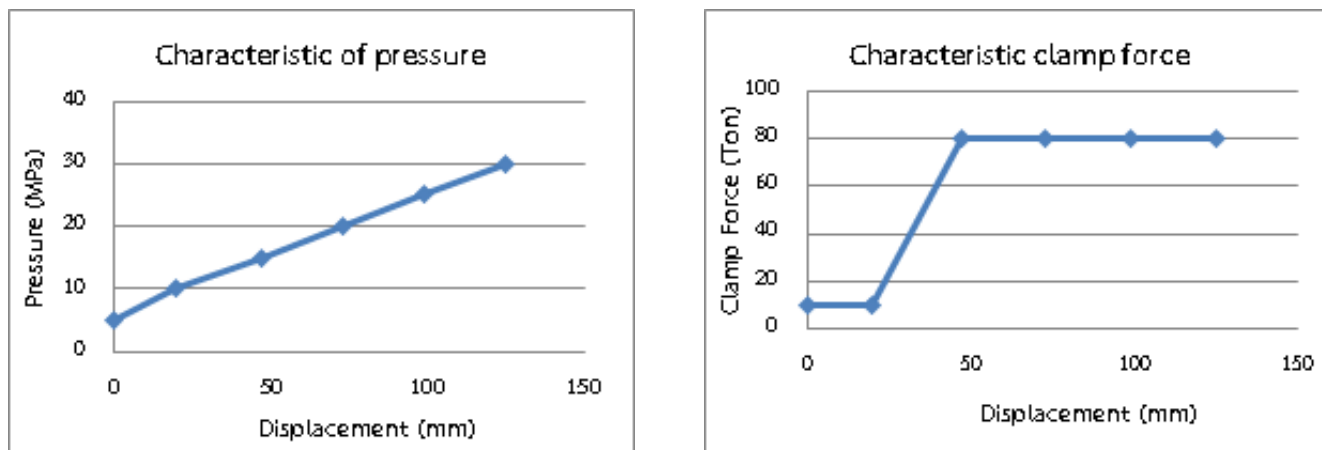


Fig 7. Characteristics of pressure and clamp force

Fig 8 shows the tested parabolic cup from the HMD test. It can be seen that there is no sidewall wrinkle and tearing, which verifies that HMD can be used to form the parabolic cup in one step.

หลังการทดลองได้ชิ้นงานถ้วยพาราโบลาแสดงดังรูปที่ 8 ซึ่งชิ้นงานดังกล่าวไม่พบรอยย่นบริเวณผนังและไม่เกิดการแตก ดังนั้นกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปสามารถขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยพาราโบลาได้ภายในขั้นตอนเดียว



Fig 8. Characteristics of pressure and clamp force in the experiment

The sheet thickness distribution along the cross section of the formed cup is then measured and converted the results into sheet thinning values, which can be seen in Fig 9.

According to the figure, it can be observed that the top areas are thinner than the lower areas. This is due to the fact that the top areas make contact with the punch and also are clamped with the punch with friction, leading to the lower wall to be restrained, thus, having the thinnest value at 30%.

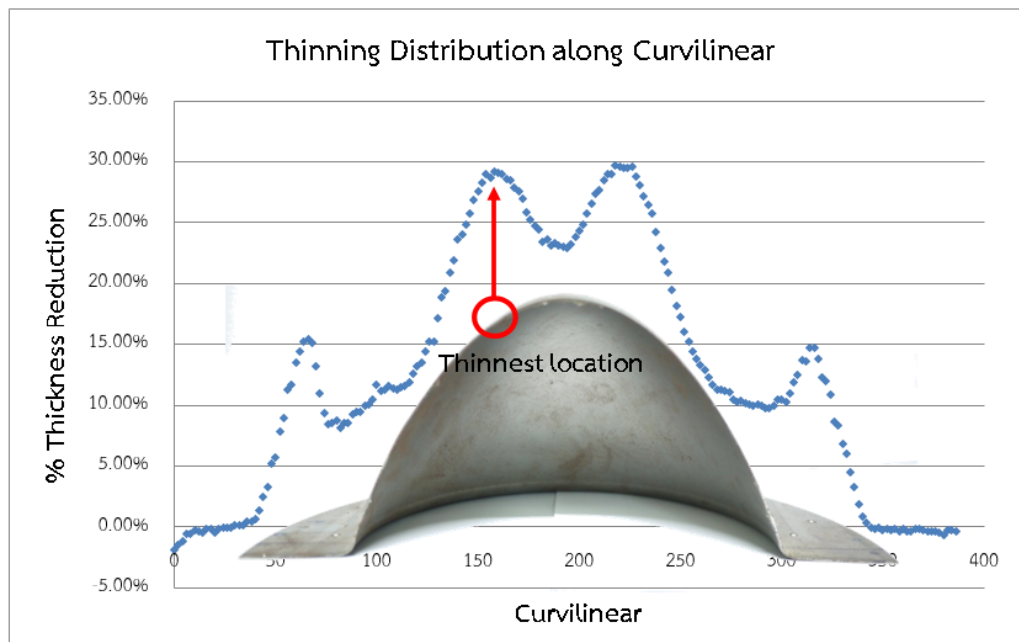


Fig 9. Distribution of the thickness reduction along the cross section of the part

3.4 Parabolic cup behaviours by HMD

In this study, the clamping force was set constant throughout but the drawing process was divided into 6 steps in order to investigate the forming behaviour of each step. Fig 10 demonstrates the formed parts from the six forming steps. It can be seen that, initially, the sheet was pressurised from the above water, which created the dome shape until the sheet made contact with the punch. Then the water reservoir gradually moved down, thus, the sheet was pressurized from both top and bottom direction simultaneously. With the high water pressure, the sheet was gradually formed until fully covered the punch, obtaining the parabolic shape. Then, the sheet thinning values along the cross sections of the formed sheets were measured as shown in Fig 11. In step 1, the thinnest location was at the top dome because this was the result of direct water pressure to the sheet. In the step 2, the sheet was thinner due to the pressure from the water and the punch. The diameter of the sheet from step 1 to step 2 did not change as shown in Fig 12. Similarly, from step 2 to step 3, the sheet thickness was further reduced rapidly and the

เมื่อชิ้นงานมีความสมบูรณ์จึงทำการสำรวจการกระจายความหนาตามแนวกึ่งกลางของชิ้นงาน โดยทำการผ่าชิ้นงานแล้วทำการวัดความหนาตามแนวกึ่งกลางของชิ้นงาน แล้วทำการแปลงผลลัพธ์ของความหนาเป็นค่าการสูญเสียความหนา (ความบาง; Thinning) แสดงการกระจายตัวค่าความบางตามแนวกึ่งกลางของชิ้นงานดังรูปที่ 9

จากรูปที่ 9 พบว่าชิ้นงานบริเวณบนยอดมีค่าความบางน้อยกว่าบริเวณผนังในตำแหน่งที่ต่ำลงมาเนื่องจากบริเวณบนยอดเป็นบริเวณที่สัมผัสกับโลหะแผ่นก่อนและถูกยึดตรึงกับพื้นด้วยแรงเสียดทาน ทำให้บริเวณผนังถัดลงมาเกิดการดึงรั้งแทนจึงเป็นตำแหน่งที่บางที่สุดที่ 30%

3.4 การศึกษาพฤติกรรมการขึ้นรูปถ้วยพาราโบลิกด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป

ในการศึกษาได้ทำการขึ้นรูปด้วยลักษณะเส้นแรงดันและแรงจับยึดแบบเดิม แต่ในขณะทำการขึ้นรูปจนถึงขั้นตอนสุดท้ายได้ให้ระบบทำการหยุด 6 ช่วง เพื่อทำการตรวจสอบชิ้นงานในแต่ละขั้นตอนว่ารูปร่างของชิ้นงานจะมีลักษณะอย่างไร ซึ่งชิ้นงานที่ได้ทั้ง 6 ชิ้น แสดงดังรูปที่ 10 จะพบว่าในช่วงแรกโลหะแผ่นจะถูกแรงดันน้ำจากด้านบนดันลงด้านล่างเกิดเป็นโดม (Bulge) จนไปชนกับพื้น หลังจากนั้นอ่างน้ำจะค่อยๆ เคลื่อนลงทำให้โลหะด้านล่างถูกแรงจากพื้นดันขึ้นในขณะเดียวกันก็มีแรงดันน้ำจากด้านบนมากระทำพร้อมๆ กันโดยแรงดันที่สูงจะดันให้รูปร่างของโลหะแผ่นโดยรอบนูนลงด้านล่างจนท้ายที่สุดโลหะแผ่นจะหุ้มพื้นทั้งหมดจนได้เป็นถ้วยพาราโบลิก หลังจากนั้นทำการวัดค่าการสูญเสียความหนาตามแนวกึ่งกลางของชิ้นงานทั้ง 6 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 11 พบว่าในขั้นตอนที่ 1 ความบางสูงสุดอยู่บริเวณยอดโดมเนื่องจากยังในช่วงที่แรงดันน้ำกระทำกับโลหะแผ่นโดยตรง หลังจากนั้นในขั้นตอนที่สองเมื่อโลหะแผ่นรูปโดมสัมผัสกับพื้นจะเริ่มถูกขึ้นรูปทั้งจากแรงดันน้ำและแรงจากพื้นทำให้เกิดการสูญเสียความหนาเพิ่มขึ้นอย่างมากประกอบกับขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานจากขั้นตอนที่ 1 ไปสู่ขั้นตอนที่ 2 ไม่เกิดจากเปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 12 เช่นเดียวกับพฤติกรรมของชิ้นงานในขั้นตอนที่ 2 ไปสู่ชิ้นงานในขั้นตอนที่ 3 พบว่าค่าความบางเพิ่ม

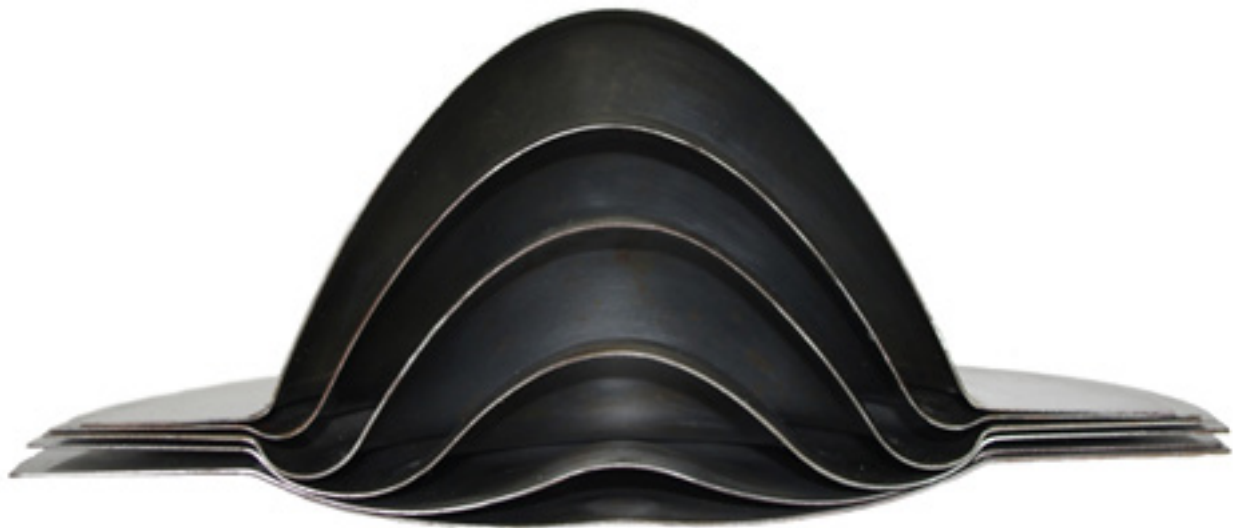


Fig 10. Parts at different forming steps

sheet diameter was slightly changed. This implied that the elongation of the sheet was due to the material behaviour of the sheet. There was no flow of the sheet from the side to the dome, which heavily reduced the sheet thickness. From step 3 to step 4, to step 5 and to step 6, it can be observed that the thickness was not changed significantly. This was because the sheet fully covered most of the punch areas and the sheet could flow more from the side to the dome rapidly. This could be observed from the change of the sheet diameter, implying that there was a sheet flow during the forming process.

The results showed that the parabolic cup forming could be divided into four stages. In the first stage, the sheet was pressurized to move downward opposite to the punch direction, which created the Pre-Bulge shape. In the second stage, the dome-shaped sheet was pressurized by the opposite movement of the punch, making it difficult for the sheet to flow into the dome because the large area of the dome obstructed the sheet flow. This condition created rapid decrease in sheet thickness and could be called "Thin-out". The elongation of the sheet in this stage was mainly dependent on the sheet forming ability towards the pressurized water pressure and clamping force, which rapidly reduced the sheet thickness. In the third stage, the sheet was further pushed upward by the punch and the dome shape was smaller, which allowed the sheet to flow easier. The flange area of the sheet could flow into the dome shape easier and this movement was called "Draw-in". If the water pressure and clamping force were not sufficient, the sheet could flow too fast, which could result in wrinkle. In the last stage, the sheet fully covered the punch and the desired parabolic shape was obtained.

ขึ้นอย่างรวดเร็วและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งหมายความว่าในช่วงขั้นตอนที่ 1 ไปสู่ขั้นตอนที่ 3 การยืดตัวของโลหะแผ่นในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นนั้นโดยตรง ไม่มีการขดเซยเนื้อโลหะจากบริเวณปีกเข้าสู่โพรง ดังนั้นจึงทำให้ชิ้นงานเกิดการสูญเสียความหนาอย่างมาก และจากชิ้นงานในขั้นตอนที่ 3 ไปสู่ขั้นตอนที่ 4 ขั้นตอนที่ 5 และ ขั้นตอนที่ 6 พบว่าค่าความหนาเปลี่ยนแปลงไม่มาก เป็นผลมาจากโลหะแผ่นสามารถหุ้มพื้นที่พื้นที่ได้เป็นส่วนใหญ่และเกิดการเปลี่ยนแปลงของโลหะบริเวณปีกสามารถไหลเข้าสู่โพรงแบบได้อย่างรวดเร็ว สืบเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นผ่าศูนย์กลาง แสดงว่ามีการขดเซยเนื้อโลหะขณะทำการขึ้นรูป

ผลลัพธ์ดังกล่าวจะพบว่าช่วงของการขึ้นรูปชิ้นงานพาราโบลิกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง โดยช่วงแรกโลหะแผ่นจะถูกแรงดันน้ำจากด้านบนดันลงมาในทิศทางสวนกับพื้นที่ทำให้โลหะแผ่นเสียรูปเป็นรูปโดมซึ่งช่วงนี้จะเรียกว่าช่วงเตรียมเป่าโป่ง (Pre-bulge) ในช่วงที่สองชิ้นงานรูปโดมจะถูกพื้นที่ด้านสวนทางขึ้นทำให้โลหะแผ่นเกิดการไหลเข้าสู่โพรงแม้พิมพ์ได้ยากเนื่องจากรูปร่างของโดมที่ใหญ่บริเวณโดยรอบทำการกีดขวางการไหลของโลหะแผ่นอยู่ ส่งผลให้โลหะแผ่นในสภาวะการขึ้นรูปแบบนี้สูญเสียความหนาอย่างรวดเร็ว จึงเรียกช่วงนี้ว่าช่วงการสูญเสียความหนา (Thin-out) การยืดตัวของโลหะแผ่นในช่วงนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติในการขึ้นรูปของโลหะแผ่นนั้นโดยตรง ในกรณีที่แรงดันน้ำและแรงจับยึดที่มากมากระทำกับชิ้นงานในช่วงนี้จะส่งเสริมให้ชิ้นงานสูญเสียความหนาอย่างรวดเร็ว ในช่วงที่สามเมื่อโลหะแผ่นถูกพื้นที่ดันให้สูงขึ้นประกบกับขนาดของโดมโดยรอบเล็กน้อยจะทำให้ชิ้นงานง่ายต่อการไหล โลหะแผ่นบริเวณปีก (Flange) จะสามารถไหลเข้าสู่โพรงแม้พิมพ์ได้ง่ายจึงเรียกช่วงนี้ว่าช่วงการไหลเข้า (Draw-in) นั้นหมายความว่าถ้าให้แรงดันน้ำและแรงจับยึดไม่มากพอในช่วงนี้จะทำให้ชิ้นงานไหลเร็วและเสี่ยงต่อการเกิดชิ้นงานยับย่น (Wrinkle) ได้ ในช่วงสุดท้ายโลหะแผ่นจะทำการหุ้มพื้นที่จนได้ชิ้นงานรูปทรงพาราโบลิกตามต้องการ

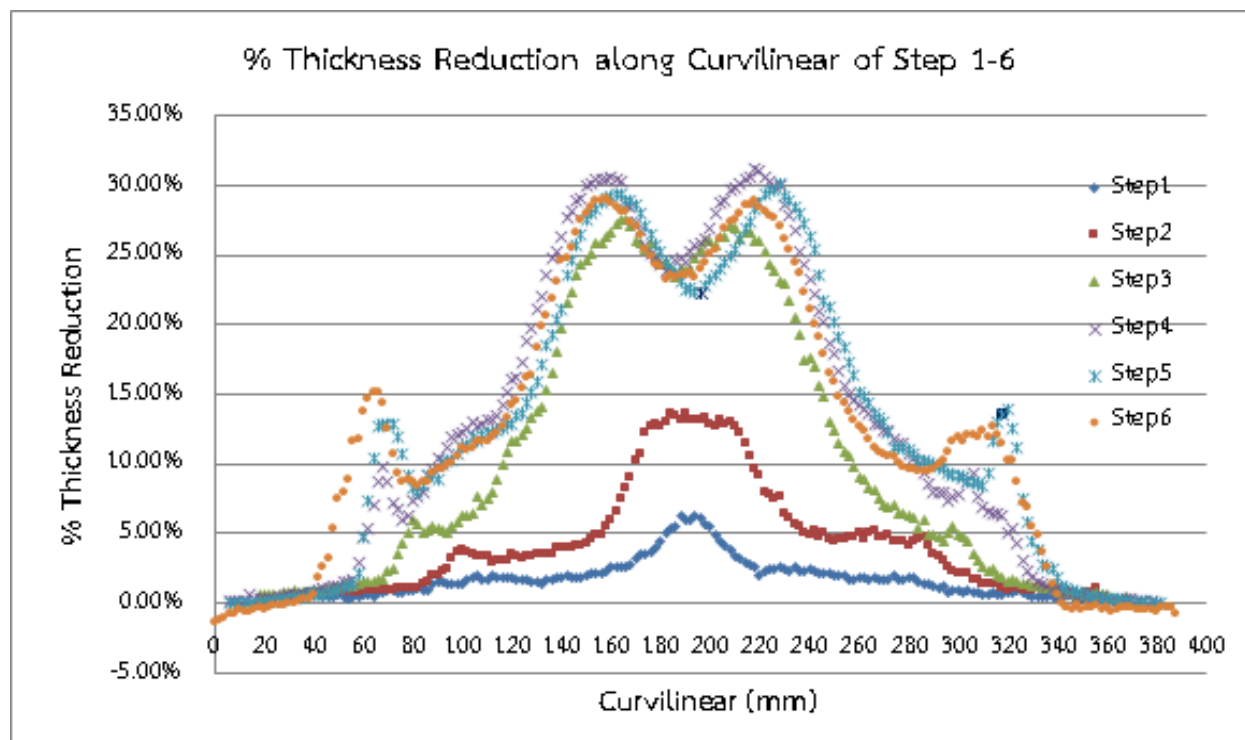


Fig 11. Distribution of thickness reduction at different forming steps

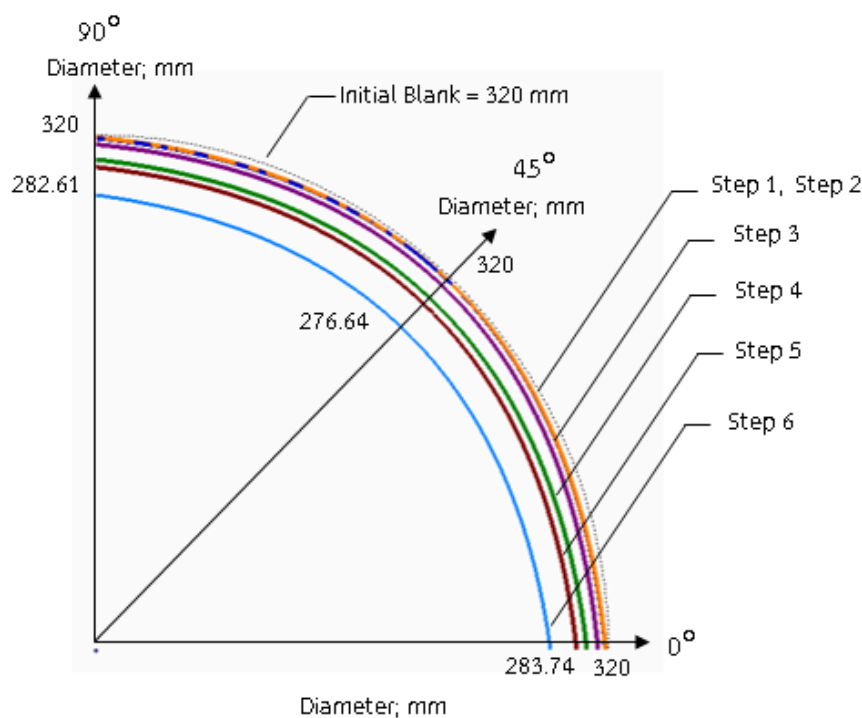


Fig 12. Diameters at different forming steps

Based on the observed behaviours, another test was conducted and changed the constant clamping force to be the linear clamping force in order to reduce the clamping force during the Thin-out stage as shown in Fig 14. After the test, the sheet thickness loss percentage was measured along the cross section of the formed sheet. In comparison to that of the constant clamping force, the sheet thinning value was changed from 30% to 20%.

เมื่อทราบพฤติกรรมดังกล่าวจึงได้ทำการทดสอบอีกครั้งโดยทำการปรับเปลี่ยนแรงจับยึดจากค่าคงที่ให้เป็นแบบเส้นตรง เพื่อทำการลดแรงจับยึดในช่วงสูญเสียความหนา (Thin-out) ดังรูปที่ 14 หลังจากทดสอบจนได้ชิ้นงานแล้วจึงทำการวัดค่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียความหนาตามแนวกึ่งกลางของชิ้นงาน เปรียบเทียบกับชิ้นงานก่อนหน้าที่ใช้แรงจับยึดแบบคงที่ ดังรูปที่ 15 พบว่าค่าความบางน้อยกว่าเดิมจาก 30% เป็น 25%

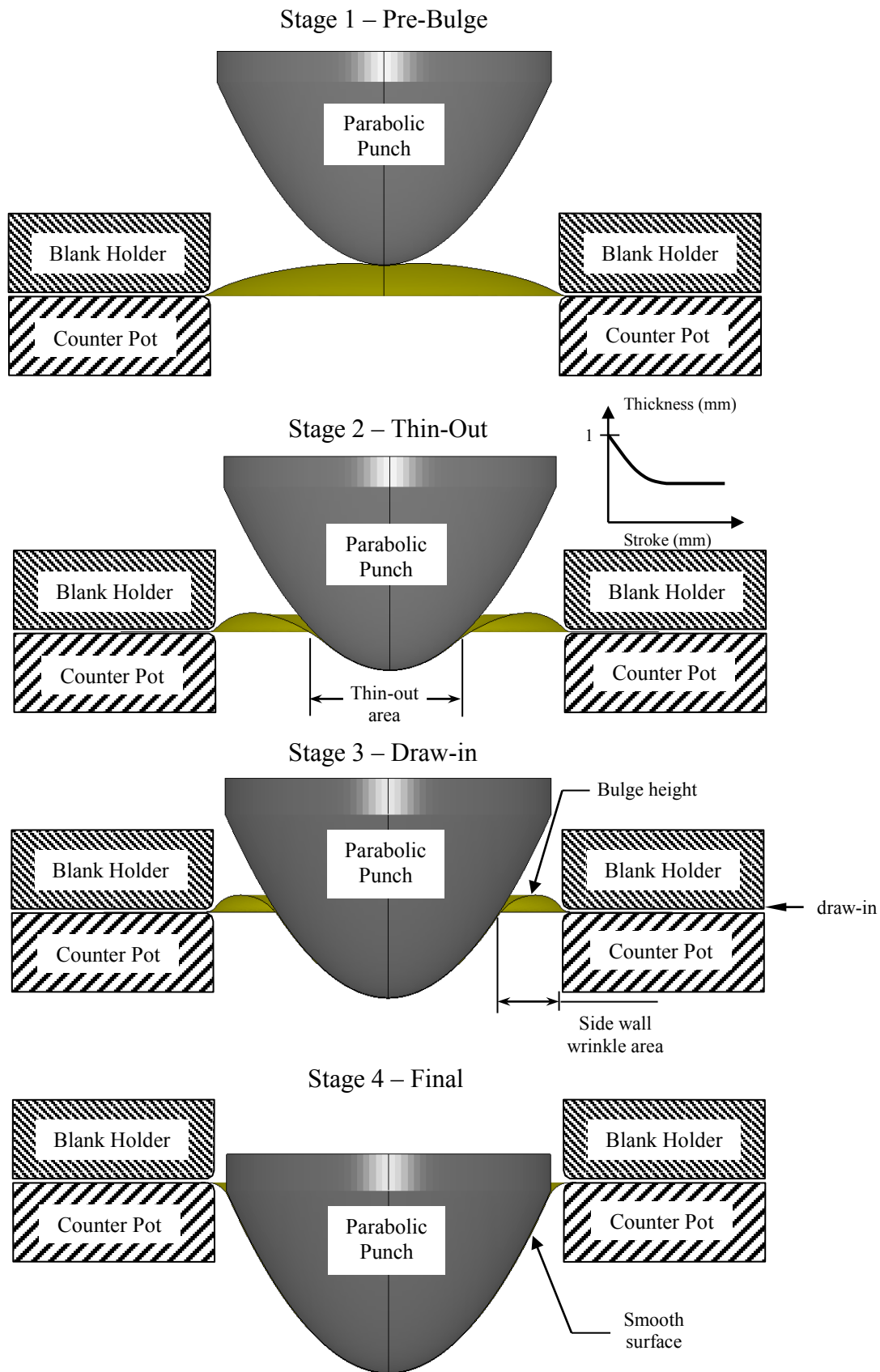


Fig 13. Differet stages of forming parabolic cup by using hydromechanical deep drawing [2]

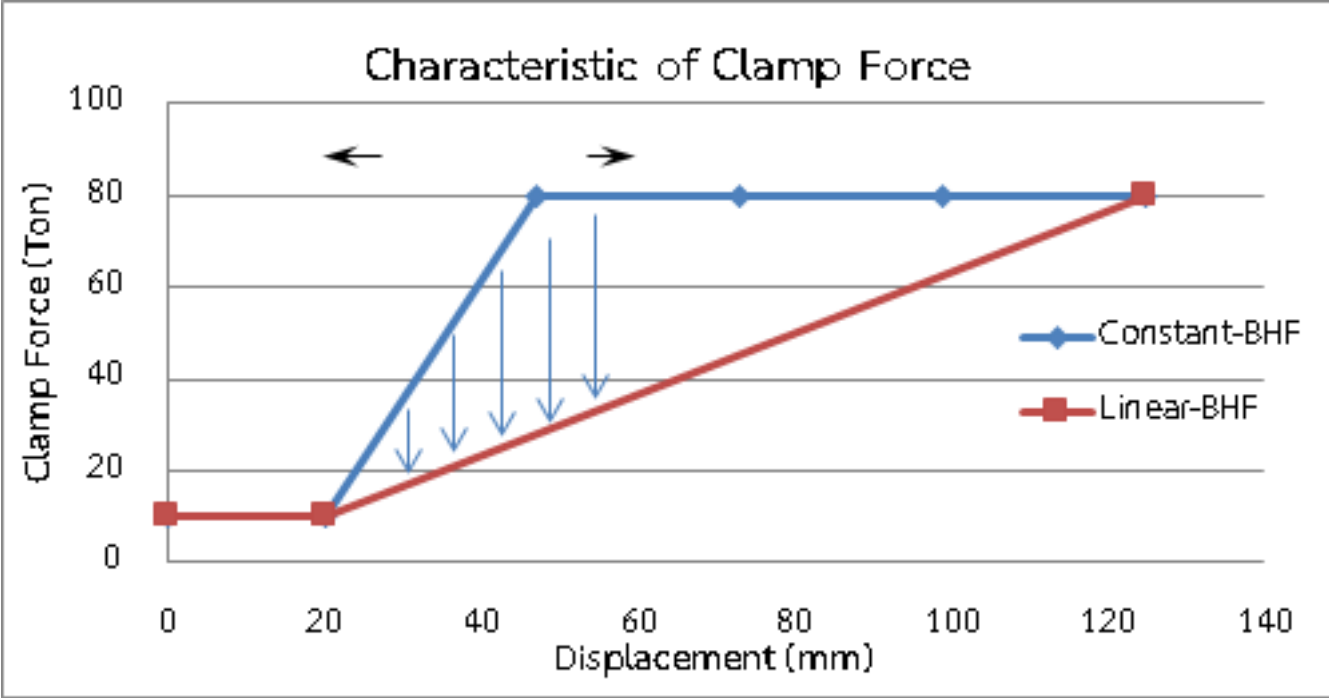


Fig 14. Characteristics of clamp force at different blank holder setup

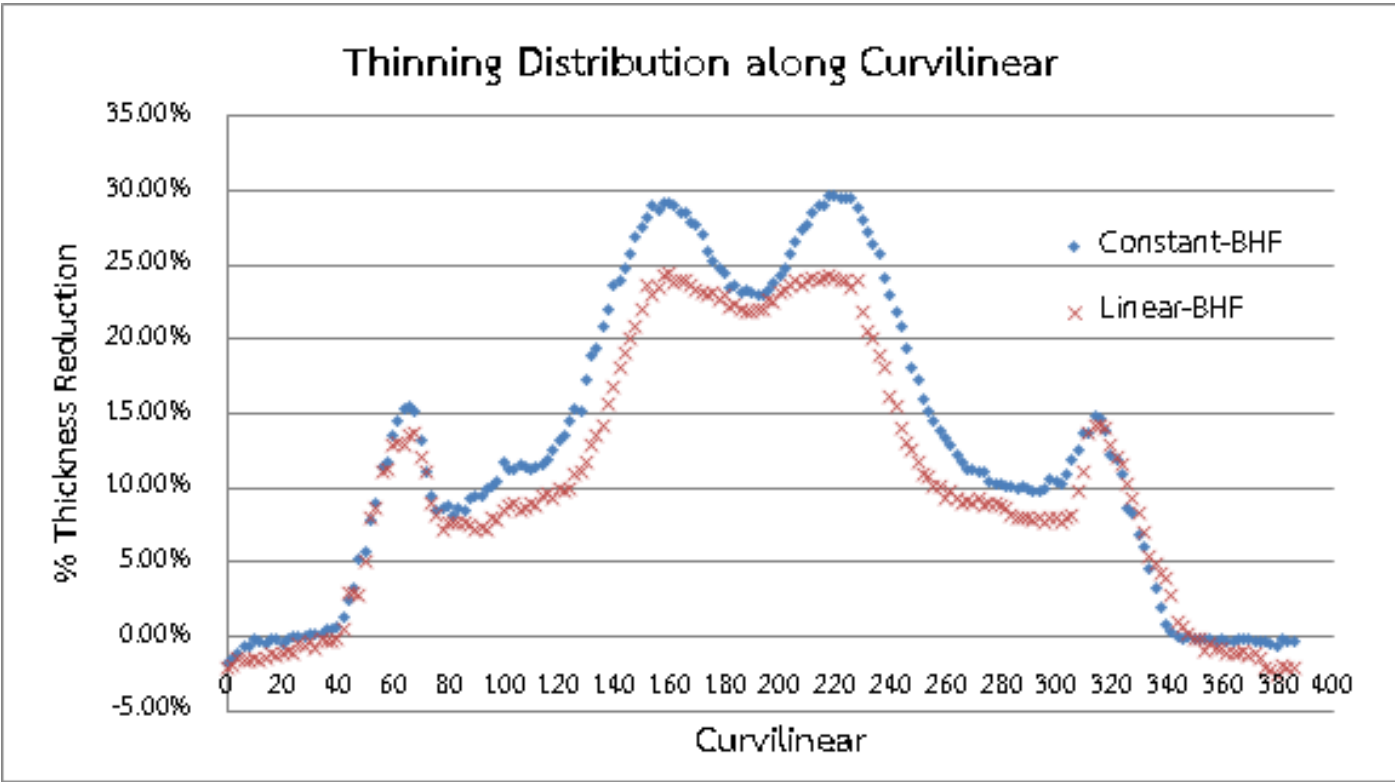


Fig 15. Comparison of thinning distribution along curlinear between the constant and linear blank holder force

4. Conclusion

The hydromechanical deep drawing (HMD) was presented and tested with the parabolic cup test. In traditional deep drawing process, many forming steps were required but only one step could be achieved by using HMD. Different types of HMD were presented but only sheet hydromechanical deep drawing was the main focus of this study. The required machine and equipment was demonstrated and the important process parameters were considered. After the tests, the forming behaviours of the parabolic cup by using HMD were investigated. Four stages could be observed: (1) Pre-Bulge, (2) Thin-out, (3) Draw-in, and (4) Final forming. The clamping force was also varied and the results showed that the reduced clamping force during the Thin-out stage helped reduce the thinning value.

Acknowledgement

The authors would like to acknowledge the supports from Metal Forming Technology Laboratory, National Metal and Materials Technology Center regarding the machine and equipment of HMD.

REFERENCES

1. S.H. Zhang, J. Danckert, Development of hydro-mechanical deep drawing, *Journal of Materials Processing Technology* 83 (1998) 14—25.
2. ธนสาร อินทรกำธรชัย, วิธีการหาแรงจับยึดและความดันที่เหมาะสมในงานขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำผ่านการจำลองด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, วิทยานิพนธ์ ปริญญาเอก วิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2552.

4. สรุป

กระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปได้มานำเสนอในการทดสอบการขึ้นรูปชิ้นงานถ้วยพาราโบลิก ซึ่งต้องใช้หลายขั้นตอนในกระบวนการแบบดั้งเดิมแต่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานดังกล่าวด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปได้ภายในขั้นตอนเดียว แต่ก่อนที่จะทำการทดสอบได้นำเสนอถึงประเภทของการขึ้นรูปโลหะด้วยน้ำโดยรวม และเฉพาะเจาะจงในขั้นตอนของกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป รวมไปถึงอุปกรณ์ที่สำคัญคือชุดเพิ่มแรงดันน้ำ และค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญในการขึ้นรูป หลังทำการทดสอบจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ จึงได้ทำการสำรวจเพื่อศึกษาพฤติกรรมของการขึ้นรูปชิ้นงานทรงพาราโบลิกด้วยกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูปให้ได้สำเร็จประกอบด้วย 4 ช่วง คือ 1) ช่วงเตรียมเป่าโป่ง 2) ช่วงการสูญเสียความหนา 3) ช่วงการไหลเข้า และ 4) ช่วงสุดท้าย หลังจากนั้นจึงได้ทำการทดสอบเพื่อยืนยันพฤติกรรมดังกล่าวโดยทำการลดแรงจับยึดในช่วงการสูญเสียความหนาพบว่าชิ้นงานที่ได้มีค่าความบางที่ลดลงกว่าจริง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ในการเอื้ออำนวยความสะดวกและอุปกรณ์ในการทดสอบกระบวนการขึ้นรูปโลหะแผ่นด้วยน้ำแบบลากขึ้นรูป





Western Digital®

Every device. One drive. **No wires.**   **My Passport® Wireless**
Wi-Fi® Mobile Storage



WD, a Western Digital company, is a long-time innovator and storage industry leader. As a storage technology pacesetter, the company produces reliable, high-performance hard disk drives and solid state drives. These drives are deployed by OEMs and integrators in desktop and mobile computers, enterprise computing systems, embedded systems and consumer electronics applications, as well as by the company in providing its own storage products. WD's leading storage devices and systems, networking products, media players and software solutions empower people around the world to easily save, store, protect, share and experience their content on multiple devices.

Western Digital (Thailand) Company Limited

140 Moo 2, BangPa-In Industrial Estate, Klongjig, BangPa-in, Ayutthaya 13160, Thailand.
Tel: +66-35-278-000 Fax: +66-35-276-050



Western Digital, WD and the WD logo are registered trademarks of Western Digital Technologies, Inc. in the US and other countries; absolutely is a trademark of Western Digital Technologies, Inc. in the U.S. and other countries. Other marks may be mentioned herein that belong to other companies. Product specifications subject to change without notice.
© 2014 Western Digital Technologies, Inc. All rights reserved.



THAI TRIBOLOGY ASSOCIATION (TTA)

Nano-Scratch Characterization of Top Layers of Hard Drive Disks via in-situ Residual Depth Measurements

การศึกษาลักษณะขีดข่วนระดับนาโนบนพื้นผิวของฮาร์ดดิสก์ ด้วยวิธีการวัดจากความลึกของรอยข่วนที่เหลือ

Written by Huu Hung Nguyen (National Cheng Kung University), Pal Jen Wei (Hysitron, Inc.) and Jen Fin Lin (National Cheng Kung University)
Translated by Mr. Pramote Koowattanasuchat (Khon Kaen University)

เขียนโดย Huu Hung Nguyen (National Cheng Kung University), Pal Jen Wei (Hysitron, Inc.) and Jen Fin Lin (National Cheng Kung University)
แปลโดย นายปราโมทย์ คูวัฒนสุชาติ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

ABSTRACT

A diamond cono-spherical probe was used to make nano-scratches on a hard drive disc and then to measure residual depths by two in-situ scanning probe microscope techniques proposed in this study. By making marker scratches used to identify areas where nano-scratches were performed, residual scratch profiles were observed by an atomic force microscope to investigate the image artifacts induced by using the scratch making probe as a scanning probe. The span angle of the scratch groove was found to be larger and thus the probe tip can contact the groove bottom. Residual depth results obtained by these two proposed techniques were compared to verify that both of two measurements were accurate.

KEYWORDS

Hard drive disc, nano-scratch, in-situ scanning probe microscope.

1. INTRODUCTION

Along with advanced in heads, media, signal processing, and servo technology, areal density growth is sustained through improvements. The terabit per square inch is goal for the commercial hard disk drives to be going reached recently. However, nano-scale wear and atomic friction fluctuations is becoming more and more critical in data storage devices [1, 2]. Understanding the characteristic of a coating in the aspects of scratch resistance and interfacial adhesion is important for the development of performance, functionality, and lifetime.

บทคัดย่อ

หัวกดเพชรทรงกรวย (Cono-Spherical Probe) ถูกใช้เพื่อสร้างรอยขีดข่วนในระดับนาโนบนพื้นผิวแผ่นของฮาร์ดดิสก์ เพื่อที่จะวัดระดับความลึกของรอยตกค้างนั้น เราสามารถใช้เทคนิคของการตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์ตรวจสอบแบบสองแหล่งกำเนิด (Two in-situ Scanning Probe Microscope) ซึ่งจะถูกแนะนำในการศึกษานี้ โดยการทำให้เครื่องหมายรอยขีดข่วนในพื้นที่ระบุ ซึ่งในบริเวณพื้นที่เกิดรอยขึ้นนั้น โปรไฟล์ของรอยตกค้างนั้นจะสามารถตรวจสอบได้โดยกล้องจุลทรรศน์แบบแรงอะตอม (Atomic Force Microscope, AFM) เพื่อสร้างประติมากรรมในการวิเคราะห์ผล โดยใช้เครื่องสร้างรอย (Scratch Making Probe) เหมือนเครื่องสแกนตรวจสอบพื้นผิว (Scanning Probe) มุมร่องของรอยถูกพบว่ามีความกว้างกว่าระยะทริปของหัวตรวจสอบ ซึ่งหัวตรวจสอบนั้นสามารถสัมผัสที่ก้นของรอยได้ ผลของความลึกตกค้างนั้นสามารถวัดได้จากสองเทคนิคนี้ ซึ่งถูกเปรียบเทียบเพื่อที่จะพิสูจน์ว่าเทคนิคการวัดแบบใดมีความแม่นยำมากกว่า

Keywords

Hard drive disc, nano-scratch, in-situ scanning probe microscope

1. บทนำ

จากความก้าวหน้าในเทคโนโลยีหัวอ่าน (Head), ส่วนเก็บข้อมูล (Media), การประมวลสัญญาณ (Signal Processing) และเซอร์โว (Servo) ซึ่งมีความขึ้นและกำลังการเจริญเติบโตอย่างยั่งยืนสู่ความก้าวหน้า ความจุของฮาร์ดดิสก์ เทราไบต์ต่อตารางนิ้ว (Terabit Per Square Inch) นั้นคือเป้าหมายสำหรับอุตสาหกรรมฮาร์ดดิสก์ ซึ่งสามารถทำได้ในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามการสึกกร่อนในระดับนาโนและความผันผวนในระดับอะตอมของแรงเสียดทานนั้นก็ยังเป็นปัจจัยที่มีผลมากขึ้นและสำคัญมากในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล [1, 2] ความเข้าใจในเรื่องคุณสมบัติของการเคลือบผิว (Coating) ในแง่ของการป้องกันรอยขีดข่วนและการติดกันของผิวสัมผัส (Interfacial Adhesion) เป็นการช่วยพัฒนาในด้านประสิทธิภาพ, พลังงาน, และ



In magnetic recording industry, nano-tribology of a head-medium interface between a tiny spacing is one of the most important factors [3-10]. Continued developments in the tribological design have maintained the reliability of hard disk drives despite decreasing head-media spacing. Therefore, extremely thin protective layers have become more important for ensuring the reliability of magnetic disk. It means the magnetic media has to cover by the protective layers that are sensitive and good mechanical endurance. Therefore, novel methods for the modifications of extremely thin over-coating layers play a significant role in realizing higher-reliability hard disk drives. Diamond-like carbon (DLC) films are currently the best choice as protective layer both of head and disk interface in magnetic storage devices [11, 12]. For better magnetic signal, ultrathin DLC coatings are now used to resist the surface damage of media with smoothness, corrosion protection, and good mechanical properties down to around 1nm thickness [13, 14].

Due to the extremely tiny spacing between the heads and the media for its working function, a head crash will cause to damages or functional failures of hard drives. Head crashes can be caused by electronic failure, a sudden power failure, physical shock, contamination of the drive's internal enclosure, wear and tear, corrosion, or poorly manufactured platters and heads. The typical consequences of head crashes are scratched media, one of non-operational failure modes. And a nano-scratch technique is using for investigation this failure mode. Nano-scratch testing is an important technique for characterization of not only interfacial bonding but also tribological properties of protective and decorative coatings. In general, the nano-scratch techniques using a diamond tip can be employed to study mechanical properties at nanometer scale on sample surfaces. And the so-called scratch depth is used as an index of anti-scratch properties, which is the residual depth typically obtained from scratched groove profiles with an atomic force microscope (AFM).

2. EXPERIMENTAL DETAILS

A commercial hard drive disc was used for nano-scratch testing, as shown in Fig 1.

อายุการใช้งาน ในอุตสาหกรรม Magnetic Recording นั้น Nano-Tribology ของระหว่างหัวอ่านและส่วนเก็บข้อมูลนั้นมีความห่างของผิวอยู่ในช่วงช่องแคบๆนั้น เป็นหนึ่งในตัวแปรสำคัญที่สุด [3-10] การพัฒนาอย่างต่อเนื่องในเรื่องของการออกแบบทาง Tribology ยังคงมีความเชื่อมั่นต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล แม้ว่าจะมีการลดลงของช่องว่างระหว่างหัวอ่านและดิสก์เก็บข้อมูล ดังนั้นชั้นป้องกันที่มีความบางมากๆนั้นมีความสำคัญมากขึ้นสำหรับการสร้างความมั่นใจต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล ซึ่งหมายความว่าตัวดิสก์เก็บข้อมูลนั้นถูกเคลือบด้วยชั้นป้องกันซึ่งตอบสนองไวและมีคุณสมบัติทางกลในเรื่องของความทนทานที่ดี ดังนั้นวิธีการใหม่ๆที่ช่วยในการปรับเปลี่ยนของชั้นเคลือบผิวป้องกันที่มีความบางมากๆนั้น มีบทบาทสำคัญในการสร้างความเชื่อมั่นต่ออุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล ในปัจจุบันนั้นฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร (Diamond-Like Carbon, DLC) เป็นตัวเลือกที่ดีที่สุดสำหรับชั้นเคลือบปกป้องผิวของทั้งผิวสัมผัสหัวอ่านและดิสก์จัดเก็บข้อมูลในอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล [11, 12] สำหรับสัญญาณแม่เหล็กที่ดีขึ้นนั้นชั้นของผิวเคลือบ Ultrathin DLC ในปัจจุบันใช้สำหรับลดความเสียหายของฟิล์มที่เกิดขึ้นบนผิวดิสก์เก็บข้อมูลด้วยการเพิ่มความเรียบของผิว ป้องกันการกัดกร่อน เพิ่มคุณสมบัติทางกลของชั้นผิวลงไปประมาณ 1 nm ของความหนา [13, 14]

เนื่องจากระยะห่างหัวอ่านและตัวจัดเก็บข้อมูลนั้นมีน้อยมากๆ โดยฟังก์ชันของมันทำให้การชนกันนั้นจะเกิดความเสียหายได้ หรือทำให้การล้มเหลวของการทำงานของอุปกรณ์จัดเก็บข้อมูล การชนของหัวอ่านนั้นอาจเกิดขึ้นได้โดยความผิดพลาดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การขาดพลังงานอย่างฉับพลันระหว่างทำงาน การตกกระแทก การปนเปื้อนของอนุภาคหรือฝุ่นจากโรงงาน การสึกกร่อนและฉีกขาดของวัสดุ การกัดกร่อน หรือ การทำผลิตหัวและแผ่นดิสก์ที่คุณภาพต่ำ โดยปกติแล้วผลที่ตามมาหลังจากที่หัวอ่านชนกับผิวของตัวจัดเก็บข้อมูลนั้นจะทำให้เกิดรอยบนผิวของส่วนเก็บข้อมูล (Media) ซึ่งเป็นหนึ่งในวิธีที่ทำให้อุปกรณ์จัดเก็บข้อมูลไม่ทำงานหรือเสีย และเทคนิคของ Nano-Scratch ถูกใช้เพื่อตรวจสอบความเสียหายในลักษณะนี้ ซึ่งการทดสอบแบบ Nano-Scratch เป็นเทคนิคที่สำคัญสำหรับไม่ใช่แค่พฤติกรรมพื้นระสัมผัสแต่ยังมีคุณสมบัติทาง Tribology ของการป้องกันและแต่งผิวเคลือบอีกด้วย โดยทั่วไปแล้วเทคนิคแบบ Nano-Scratch กับการใช้ Diamond Tip จะสามารถจัดการเพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกลที่ระดับสเกลนาโนเมตรบนพื้นผิวดังกล่าว และสิ่งที่ถูกเรียกว่าความลึกของรอยขีดข่วนนั้นถูกใช้ในรูปแบบของข้อมูลคุณสมบัติในการป้องกันรอยขีดข่วน ซึ่งระยะ Residual Depth โดยปกติจะได้จากโปรไฟล์ของร่องของรอยขีดข่วนกับ Atomic Force Microscope (AFM)

2. ข้อมูลการทดลอง

ฮาร์ดดิสก์ที่ทั่วไปในท้องตลาดนั้นถูกนำมาใช้สำหรับการทดสอบกับเครื่อง Nano-Scratch Testing ตามรูปที่ 1



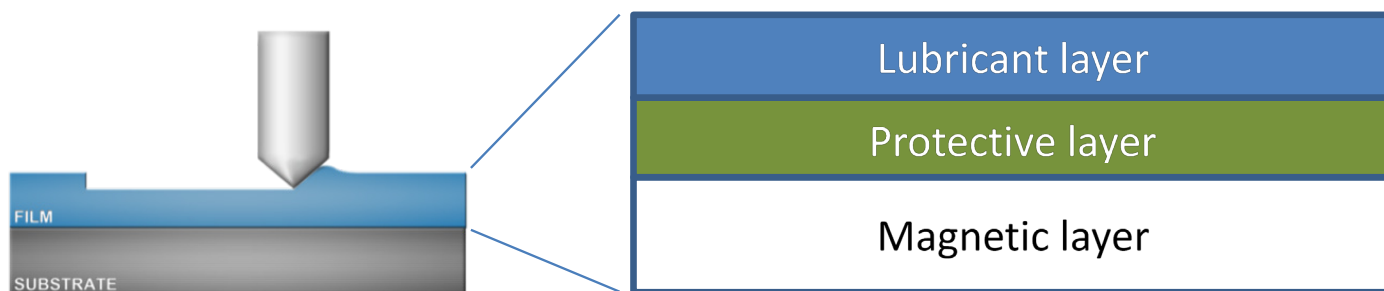


Fig 1. Schematic diagram shows that a cono-spherical probe is used to scratch a commercial hard drive disc with a constant load.

There are two typical coatings for the top layers on the magnetic layer, protective layer and lubricant layer. The lubricant layer consists of long molecules with large molecular weights; and the protective layer is diamond like carbon. Both of these two coatings have thickness around 1~2 nm, and the total thickness of top layers is around 3~4 nm. It can't be thicker considering a good signal/noise ratio of the reading/writing function. In order to investigate the protection capability of the top layers, nano-scratch tests were carried out with designed load functions and measurement parameters. A TI 950 TriboIndenter (Hysitron, US) was used to perform nano-scratch tests and residual depth measurements. A cono-spherical probe with a radius of $1\mu\text{m}$ and a span angle of 90° was used for both making scratches and detecting residual depths. The scratch length was set to be $10\mu\text{m}$ created in 15 s with a constant velocity. The normal force was controlled at 1 mN constantly for the entire scratch path. Finally residual depth measurements from two in-situ techniques were compared and discussed.

Using the scratch making probe as a scanning probe, two in-situ techniques for residual depth measurements are presented in this study; one is to scan the media surface with a piezo-scanner and the other is to scan the scratch line with a capacitive transducer, which are called in-situ surface scan and line scan, respectively. For the in-situ surface scan, a piezo scanner was used to measure the residual depth of each scratch by taking a $12\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$ image. Special attention was given to the scanner calibrations due in part to inherent non-linearity of the piezo scanner. For the in-situ line scan, a designed load function was

ซึ่งสำหรับการทดสอบนั้นจะมีการเคลือบผิวโดยทั่วไปจะมีสองชนิดสำหรับพื้นผิวชั้นบนชั้นของ Magnetic Layer, Protective Layer, และ Lubricant Layer โดยชั้น Lubricant Layer นั้นจะประกอบไปด้วยโมเลกุลยาวซึ่งเป็นโมเลกุลที่ขนาดต่อมวลน้ำหนักที่มากและชั้น Protective Layer คือคาร์บอนคล้ายเพชร ซึ่งลักษณะการเคลือบผิวทั้งสองชนิดนั้นจะมีความหนาของแผ่นฟิล์มอยู่ที่ประมาณ 1~2 nm และความหนาโดยรวมของชั้นผิวบนทั้งหมดอยู่ที่ประมาณ 3~4 nm ในการพิจารณาข้อมูลสัญญาณที่ดีโดยฟังก์ชันนั้นความหนาจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ในการที่จะวิเคราะห์ค่าความสามารถในการป้องกันของพื้นผิวชั้นบนสุดจะใช้เครื่อง Nano-Scratch Testing ซึ่งดำเนินการออกแบบฟังก์ชันของแรงกดและการวัดค่าของตัวแปรต่างๆ โดยหัวทดสอบทรงกรวยที่มีรัศมี $1\mu\text{m}$ และช่วงมุมที่ 90° ถูกใช้เพื่อทั้งสร้างรอยและตรวจหาความลึกของรอย (Residual Depth) โดยความยาวของรอยชุดนั้นจะถูกกำหนดไว้ที่ $10\mu\text{m}$ และใช้เวลาสร้างในเวลา 15 s ด้วยความเร็วคงที่ที่ ส่วนแรงกด (Normal Force) ถูกกำหนดไว้ที่ 1 mN คงที่สำหรับตลอดช่วงของรอยชุด สุดท้ายแล้วความลึกวัดได้จากเทคนิค Two in-situ ซึ่งจะถูกเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผล

การใช้เครื่องสร้างรอยชุดเสมือนเครื่องสแกนพื้นผิวนั้น เทคนิคแบบ Two in-situ สำหรับการวัดความลึกจะถูกนำเสนอในการศึกษานี้ หนึ่งคือเพื่อสแกนพื้นผิวส่วนเก็บข้อมูล (Media) ด้วย Piezo-Scanner และอีกหนึ่งคือเพื่อสแกนเส้นของรอยชุดด้วยเซ็นเซอร์ชนิดตัวเก็บประจุ (Capacitive Transducer) ซึ่งจะถูกเรียกว่าการสแกนพื้นผิวแบบ In-situ Surface และการสแกนเชิงเส้น (Line Scan) ตามลำดับ สำหรับการสแกนพื้นผิวแบบ In-situ Surface นั้น Piezo-Scanner จะถูกใช้เพื่อจะวัดความลึกที่เหลื่ออยู่ของแต่ละรอยชุดด้วยการแทรกภาพขนาด $12\mu\text{m} \times 12\mu\text{m}$ สิ่งที่น่าสนใจเป็นพิเศษนั้นคือการที่ได้รับการสอบเทียบของตัวสแกนเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของ Piezo-Scanner โดยธรรมชาติ สำหรับการสแกน In-situ Line นั้น การออกแบบฟังก์ชันของแรงกดจะถูกใช้เพื่อให้หัวทดสอบลักษณะโปรไฟล์ของเส้นก่อนและหลังการทำรอยชุดซึ่งถูกแสดงในรูปที่ 2 การใช้แรงกดคงที่ $1\mu\text{N}$ เพื่อคงสถานะแรงกดนั้นลักษณะโปรไฟล์ของเส้นรวมถึงส่วนของรอยชุดจะถูกวัด

used to allow the probe to scan the line profile before and after making the scratch, as shown in Fig 2. Using a constant normal force of 1 μN to be a contact force, the line profile including the scratch path was measured with the transducer.

ถูกวัดกับทรานสดิวเซอร์

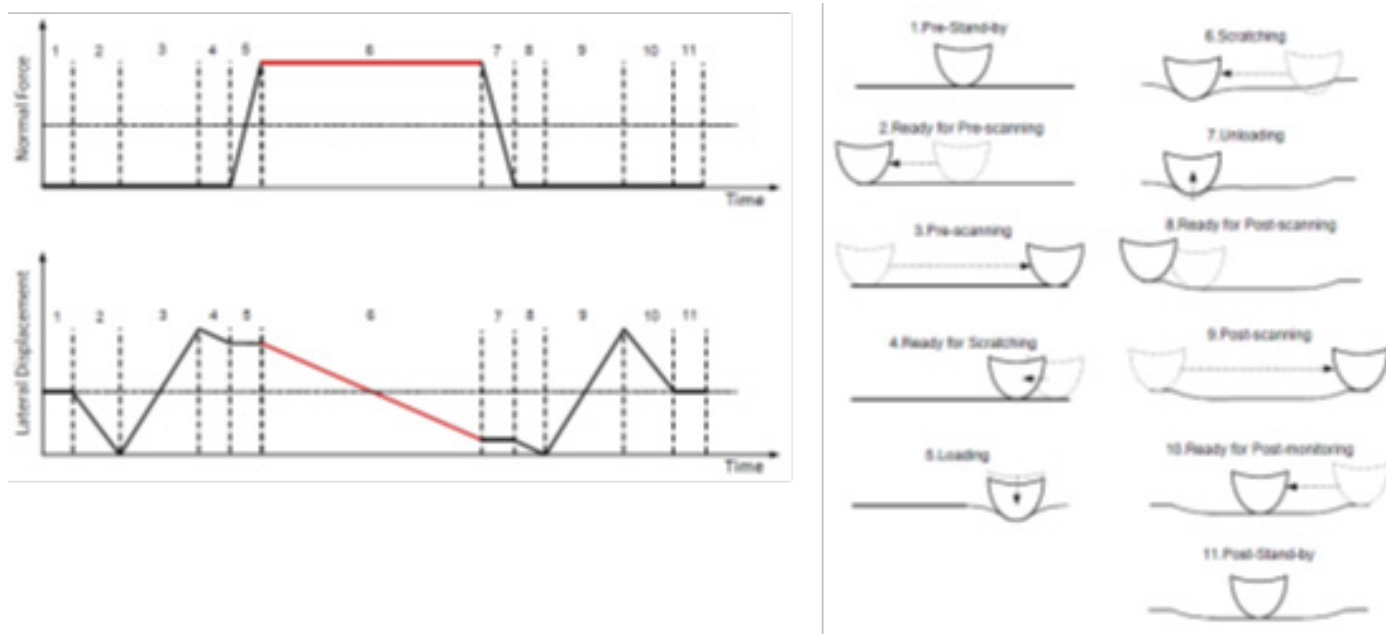


Fig 2. The specially designed load function for in-situ line scan allowing line profile measurements before (segment 3) and after (segment 9) making a scratch (segment 6).

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1 Investigation for Image Artifacts

It's well known that a scanning probe microscope (SPM) uses the interaction between the probe tip and the sample surface. So the measured/scanned profile is not the same as the sample profile; it typically depends on how sharp the tip is and the aspect ratio of the probe itself. It is called an image artifact, which is defined as any feature which appears in the image which is not present in the original probed object. These image artifacts are unavoidable; however, their occurrence and effect on results could be very distinct through various sources. For the in-situ SPM for scratch depth measurements presented in this study, the most important image artifact is that the probe is too coarse to scanning the residual groove profiles. If the probe is too blunt, image artifacts that take on the shape of probe will begin to appear. That is the side of the probe contacts the scratch groove edge before the tip contacts the groove bottom.

3. การวิเคราะห์และผลการทดลอง

3.1 การตรวจสอบสำหรับภาพประดิษฐ์

เป็นที่รู้จักกันดีว่าการสแกนตรวจสอบพื้นผิวด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Scanning Probe Microscope, SPM) นั้นใช้การกระทำกันระหว่างปลายของ Probe สองกับพื้นผิวของวัสดุตัวอย่าง ดังนั้นการวัดหรือสแกนลักษณะของโปรไฟล์จะไม่เหมือนกับลักษณะโปรไฟล์ของตัวอย่าง โดยปกติแล้วมันจะขึ้นกับความคมของปลายหัว Probe และ Aspect Ratio ของตัว Probe เอง โดยถูกเรียกว่าภาพประดิษฐ์ซึ่งถูกกำหนดเหมือนรูปร่างต่างที่ปรากฏขึ้นในภาพประดิษฐ์และไม่ปรากฏในวัตถุตรวจสอบด้วย Probe เดิม อย่างไรก็ตามภาพประดิษฐ์ก็หลีกเลี่ยงไม่ได้ที่ก่อให้เกิดผลที่แตกต่างกันมากผ่านแหล่งต่างๆ สำหรับ In-situ SPM เพื่อวัดความลึกรอยข่วนในการศึกษานั้น ภาพประดิษฐ์ที่สำคัญที่สุดนั้นคือ Probe ที่หยาบเกินไปสำหรับการสแกนลักษณะโปรไฟล์ของร่องส่วนที่เหลือจะไม่สามารถใช้งานได้ ถ้า Probe นั้นที่เกินไปภาพที่ได้ก็จะเห็นแค่ในส่วนมุมที่ Probe สัมผัสของรอยข่วนก่อนปลายจะสัมผัสด้านล่าง

For checking this, a well-calibrated AFM was used to scan the cross section profile of the residual scratch in conjunction with a skill of creating marker scratches. Compared to the probe used to make scratches, the AFM probe is much sharper and thus is believed to have smaller image artifact. As shown in Fig 3., the cross section profile shows that the span angle of the residual scratch is larger than the probe tip due to elastic recoveries. It indicates that the probe tip is capable to go down to the bottom of the scratch groove. It's the important basis for using in-situ SPM to measure the residual depth. Fig 4. shows the comparison between cross section measurements from in-situ SPM and ex-situ AFM. For the sharpness differences, it's reasonable that the AFM profile has more detailed features compared to the in-situ SPM one. However, the profiles from two sources are basically overlapped to each other and the difference of scratch depth between two profiles is not significant.

3.2 Comparisons of two in-situ measurements

Moving the observation from the cross section to the scratch direction, it is useful to make comparisons of these two in-situ measurements via line profiles. For the driving source differences, there are some differences shown in these two line profiles. Compared to the surface scan driven by piezo scanner, the line scan has a better resolution in vertical movement. This explains that there are more detailed features shown in the line scan profile. Taking a median value for the scratch depth measurements, the results are 3.61 nm and 3.46nm from surface scan and line scan, respectively, which are quite close to each other.

สำหรับการตรวจสอบนี้นั้น การสอบเทียบด้วย AFM จะถูกใช้เพื่อสแกนภาพตัดขวางของลักษณะโปรไฟล์ของรอยข่วนในการเชื่อมกับความสามารถในการสร้างรอยข่วนของเครื่อง เปรียบเทียบกับ Probe ที่ใช้สร้างรอยนั้น AFM Probe จะมีความคมชัดและน่าเชื่อถือสามารถทำเป็นภาพขนาดเล็กได้ซึ่งถูกแสดงในรูปที่ 3 ลักษณะโปรไฟล์ของรูปภาพตัวขวางแสดงถึงช่วงมุมของรอยนั้นใหญ่กว่าปลายของ Probe ซึ่งเป็นไปตามการคืนตัวของความยืดหยุ่น (Elastic Recoveries) ซึ่งสำคัญมากสำหรับพื้นฐานสำหรับการใช้ In-situ SPM ในการวัดความลึกรอยส่วนที่เหลือ ในรูปที่ 4 ได้แสดงการเปรียบเทียบระหว่างการวัดด้วยภาพตัดขวางจาก In-situ SPM และ Ex-situ AFM สำหรับความต่างในด้านความคมของภาพนั้น ภาพโปรไฟล์ของ AFM มีรายละเอียดของรูปร่างมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ In-situ SPM ซึ่งสมเหตุสมผล อย่างไรก็ตามลักษณะของโปรไฟล์จากสองแหล่งกำเนิดนั้นโดยพื้นฐานแล้วจะทับซ้อนซึ่งกันและกันและความแตกต่างจากความลึกของรอยข่วนระหว่างสองลักษณะโปรไฟล์จึงไม่สำคัญ

3.2 การเปรียบเทียบการวัดแบบสองแหล่งกำเนิด

ย้ายการสังเกตจากการตัดขวางมาที่ทิศทางของรอยนั้นเป็นประโยชน์เพื่อทำการเปรียบเทียบของการวัดด้วยสองแหล่งกำเนิด (Two in-situ) ผ่านรูปแบบเส้นโปรไฟล์เส้นรอยขูด สำหรับไดรฟ์แหล่งกำเนิดที่แตกต่างกันนั้นก็มียาอย่างที่แตกต่างกันซึ่งแสดงในสองรูปแบบเส้นโปรไฟล์นี้ เมื่อเปรียบเทียบการสแกนพื้นผิวด้วย Piezo Scanner การสแกนเชิงเส้นนั้นจะมีความละเอียดมากกว่าในการเคลื่อนที่ในแนวแกนตั้ง ซึ่งอธิบายได้ว่าการสแกนเชิงเส้นจะมีรายละเอียดมากกว่า การจับค่าข้อมูลสำหรับการวัดความลึกรอยข่วนบนผิว Media นั้นได้ผลคือ 3.61 nm และ 3.46 nm จากการสแกนพื้นผิวและการสแกนเชิงเส้นตามลำดับซึ่งใกล้เคียงกัน

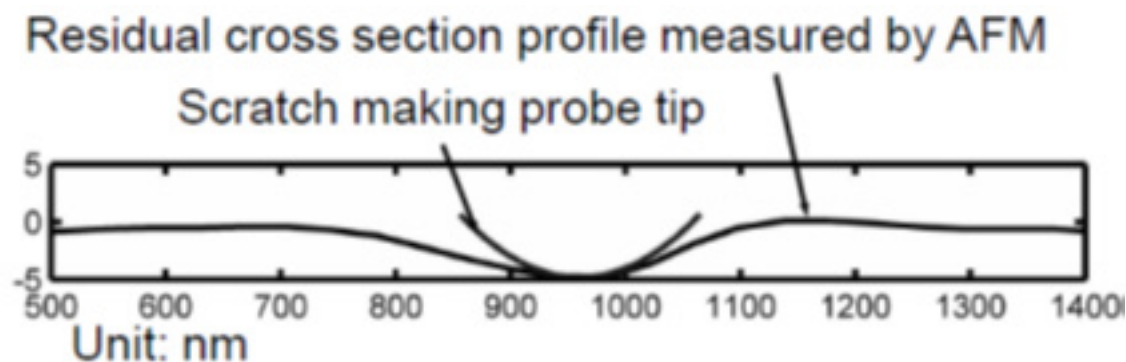


Fig 3. The cross section profile of the residual scratch measured by an AFM shows a bigger span angle than that of the probe tip.

On the other hand, the line scan technique is more effective since it does not have to spend time in scanning a region. For a surface scan setting of 256 pixels per line for involving the entire scratch length, there are only around 10 pixels for scratch width.

ในอีกทางหนึ่งเทคนิคการสแกนเชิงเส้นเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพมากภาพตั้งแต่ไม่จำเป็นต้องใช้เวลาในการสแกนในพื้นที่สแกนสำหรับการตั้งค่าสแกนพื้นที่ผิวไว้ที่ 256 พิกเซลต่อเส้น (Pixels Per Line) สำหรับรวมทั้งความยาวรอยขีดและจะมีประมาณ 10 พิกเซลสำหรับความกว้างของรอยขีด

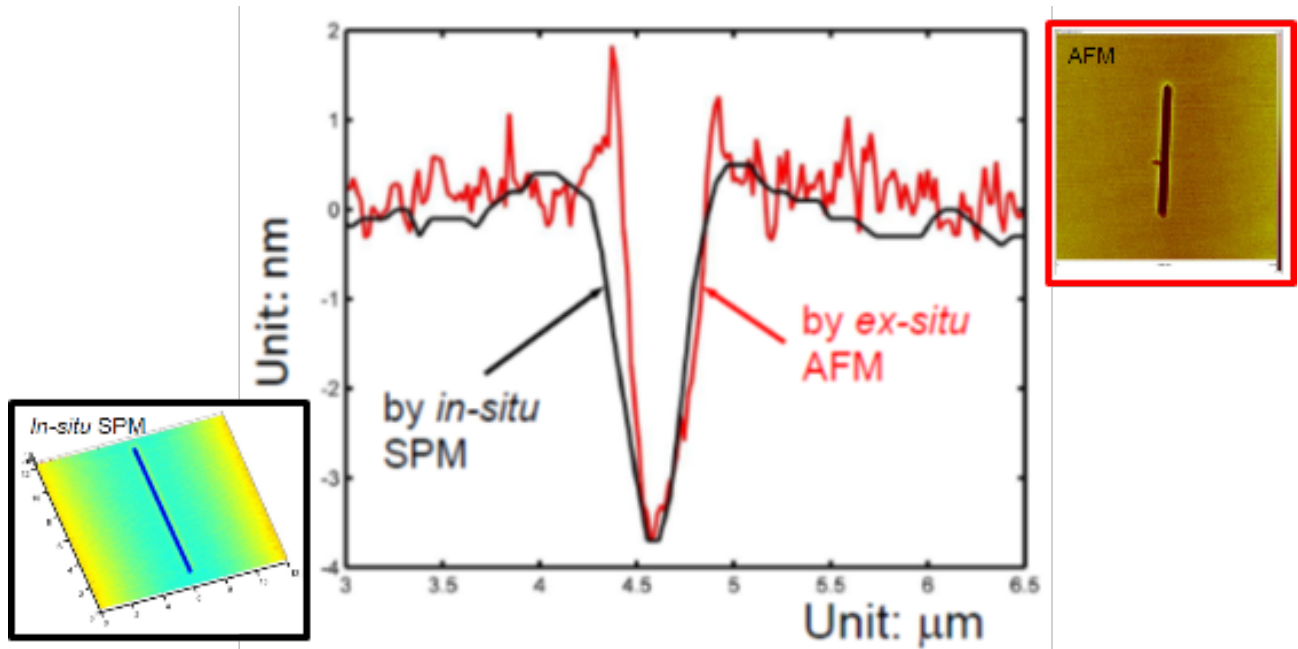


Fig 4. Cross section profiles of one residual scratch measured by in-situ SPM (black) and ex-situ AFM (red).

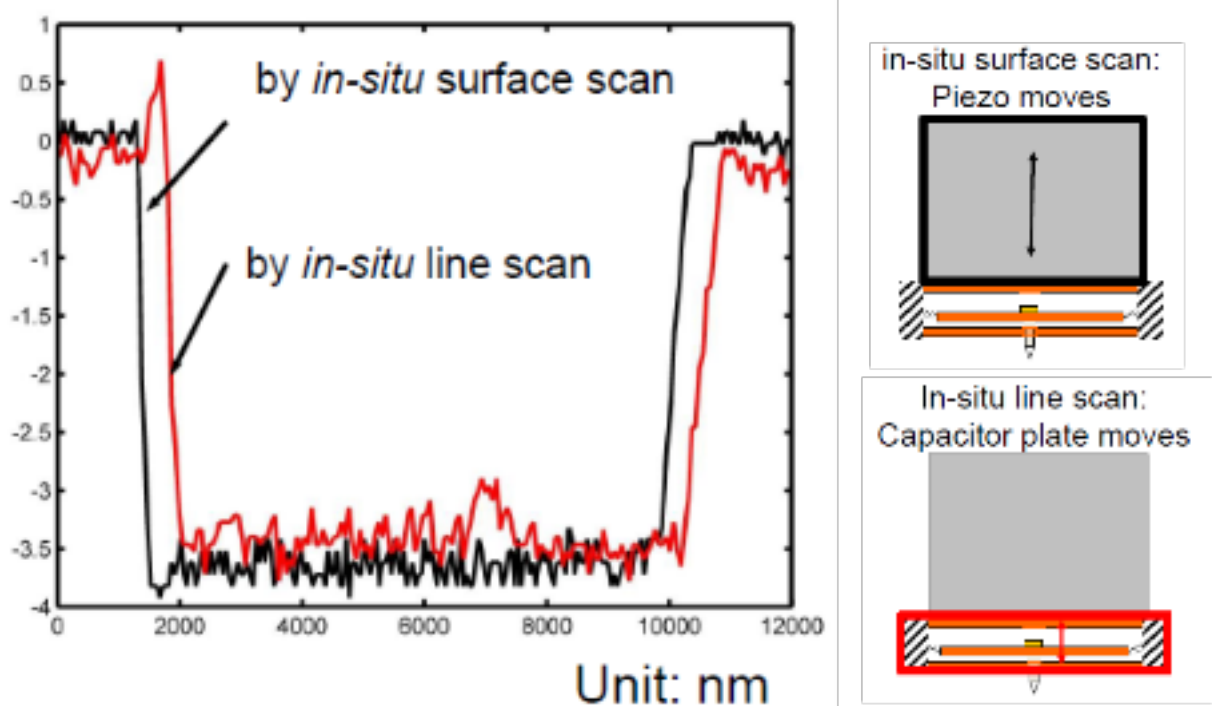


Fig 5. Scratch depth profiles measured by in-situ surface scan (black) and line scan (red).

CONCLUSION

This study presents high accuracy of making nano-scratches on top surfaces of hard drive media and in-situ SPM residual depth measurements. The two in-situ SPM techniques are shown to have the capability of residual depth measurements at a scale of typical top layer thickness. The probe is found to be able to reach the bottom of nano-scratches since the span angle increases during elastic recovery. This gives the base of precise measurements for residual depth even though there are slight differences in profile measurements between two in-situ SPM sources. The two proposed in-situ SPM techniques are expected to provide a time-saving way for quality control of hard drive media.

สรุป

ในการศึกษาได้นำเสนอการสร้างรอยขีดด้วยความแม่นยำสูงในระดับนาโนบนผิวส่วนบันทึกข้อมูลของฮาร์ดดิสก์ และการวัดความลึกตกค้างด้วย In-situ SPM โดยเทคนิค Two in-situ SPM ถูกแสดงให้เห็นว่ามีความสามารถในการวัดความลึกตกค้างที่สเกลของความหนาของชั้นบนสุดโดยทั่วไป Probe นั้นถูกพบว่าสามารถตรวจสอบและลงได้ไปถึงก้นของร่องรอยขีดในระดับนาโนตั้งแต่การเพิ่มขึ้นของช่วงมุมร่องเพิ่มขึ้นในช่วงการคืนตัวของความยืดหยุ่นซึ่งทำให้เป็นฐานการวัดที่มีความแม่นยำสำหรับวัดความลึกของรอยขีดตกค้างแม้จะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในรูปแบบไฟล์ของการวัดระหว่างแบบ Two in-situ SPM Sources สองข้อเสนอแนะของเทคนิคแบบ In-situ SPM คือคาดว่าจะให้แนวทางการประหยัดเวลาสำหรับการควบคุมคุณภาพของส่วนบันทึกข้อมูลในฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์

REFERENCES

1. B. Bhushan, Tribology and Mechanical of Magnetic Storage Devices, Springer-Verlag, New York, 1990
2. S. Hiyake, M. Wang, Nanotribology of magnetic disks, in: H.S. Nalwa (Ed.), Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, 19, American Scientific Publishers, 2011, pp. 399-451.
3. R. W. Wood, J. Miles, and T. Olson, Recording technologies for terabit per square inch systems, IEEE Transactions on magnetics, vol. 38, no. 4, pp. 1711-1718, 2002.
4. R. Wood, The feasibility of magnetic recording at 1 terabit per square inch, IEEE Transactions on Magnetism, vol. 36, no. 1, pp. 36-42, 2000.
5. C. M. Mate, Q. Dai, R. N. Payne, B. E. Knigge, and P. Baumgart, Will the number add up for sub-7-nm magnetic spacings? Future metrology issues for disk drive lubricants, overcoats, and topographies, IEEE Transactions on Magnetism, vol. 41, no. 2, pp. 625-631, 2005.
6. M. E. Schebes, Micromagnetic simulations for terabit/in² head/media systems, Journal of Magnetic materials, vol. 320, pp. 2880-2884, 2008.
7. M. Mallery, A. Torabi, and Benakli, One terabit per square inch perpendicular recording conceptual design, IEEE Transactions on magnetics, vol. 38, no. 4, pp. 1719-1724, 2002.
8. B. Marchon and T. Olson, Magnetic spacing trends: from LMR to PMR and beyond, IEEE Transactions on magnetics, vol. 45, no. 10, pp. 3608-3611, 2009.
9. J. Gui, Tribology challenge for head/disk interface toward 1 Tb/in², IEEE Transactions on magnetics, vol. 39, no. 2, pp. 716-721, 2003.
10. E. Grochowski, Future technology challenges for NAND flash and HDD products, Flash Memory Summit, 2012.
11. C. Casilaghi, J. Robertson, A. C. Ferrari, Diamond like carbon for data and beer storage, Material Today 10 (2007) 1-2.
12. A. K. Menon, B.K. Gupta, Nanotechnology: a data storage perspective, Nanostructure materials 11 (1999) 965-986.
13. A. C. Ferrari, Diamond-like carbon for magnetic storage disks, Surface and Coating Technology 180-181 (2004) 190-206.
14. L.Chen, M. C. Yang, C. F. Song, B. J. Yu, L.M. Qian, Is 2 nm DLC coating to resist the nanowear of silicon, Wear 302 (2013) 909-917.



Tribo-Systems Laboratory

ห้องปฏิบัติการ Tribo-Systems

Written by Dr. Peerawatt Nunthavarawong (King Mongkut's University of Technology North Bangkok)

เขียนโดย ดร.พีระวัฒน์ นันทวาราวงศ์ (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ)

The field of tribology was recognised in 1966 by the JOST committee in the UK. The word “Tribology” is derived from the Greek word “τρίβος” which originally means “rubbing or attrition”.

So, tribology is to study the phenomenon of interacting surfaces in relative motion. It includes friction, wear, its lubricant & lubrication, and aims to prevent the premature failures and degradations of material surfaces using heat treatment processes or coating processes as well.

Friction is usually classified as a branch of physics or mechanical engineering. Wear and surface treatment are often studied as a part of material science and engineering as well as metallurgical engineering. Lubricants and lubrication might be employed by chemists and mechanical engineers, respectively. Surface coating can be considered as a field of studies in metallurgical and mechanical engineering.

As such, it should be noted that Tribology is a multidisciplinary study in science & engineering. The goal of a tribological study is therefore not only to directly increase the lifespan of the machine and equipment, but also is to indirectly enhance the productivity for Thai industrial pursuits.

Since 2014, a tribology centre at King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB) has been officially established, namely, “Tribo-Systems for Industrial Tools and Machinery Research (TRIBOSYSLab)”. We have both national and international experts in the field of tribological research to support both academic and commercial work.

ในปี พ.ศ. 2509 ศาสตร์ไทรโบโลยี (Tribology) ถูกบัญญัติขึ้นโดยคณะกรรมการวิชาชีพการหล่อลื่นในสหราชอาณาจักร นำโดยศาสตราจารย์ H.P. Jost (Jost Committee) คำว่า “ไทรโบโลยี” มีรากศัพท์มาจากคำในภาษากรีก “τρίβος” ที่มีความหมายว่า “การขัดถู หรือ การขัดสี” (Rubbing or Attrition)

ดังนั้น ศาสตร์ไทรโบโลยี จึงเป็นการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการสัมผัสกันของพื้นผิวคู่สัมผัสที่เคลื่อนที่สัมผัส ซึ่งประกอบด้วย ความเสียดทาน การสึกหรอ สารหล่อลื่นและการหล่อลื่น รวมทั้งวิธีป้องกันความเสียหายก่อนเวลาอันควรของพื้นผิวสัมผัสด้วยกรรมวิธีบำบัดพื้นผิวและกรรมวิธีการเคลือบผิววัสดุ เป็นต้น

ถ้าหากพิจารณาไทรโบโลยี เป็นสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง อาทิเช่น การศึกษาความเสียดทาน (Friction) ปกติเป็นหนึ่งในสาขาวิชาฟิสิกส์ หรือสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล การสึกหรอและการบำบัดพื้นผิว (Wear and surface treatment) ส่วนใหญ่เป็นส่วนหนึ่งในการศึกษาของสาขาวิชาวัสดุศาสตร์และวิศวกรรม รวมทั้งสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ สารหล่อลื่นและการหล่อลื่น (Lubricants & Lubrication) กล่าวได้ว่าเป็นงานของนักเคมี และวิศวกรเครื่องกล ส่วนการเคลือบผิววัสดุ (Surface coating) พิจารณาเป็นหนึ่งในงานสาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ และวิศวกรรมเครื่องกล

ทั้งหมดนี้กล่าวได้ว่า “ไทรโบโลยี” เป็นสหศาสตร์วิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์หลายแขนง โดยจุดมุ่งหมายของการศึกษาศาสตร์ไทรโบโลยี ซึ่งในทางตรงไม่เพียงแต่ช่วยยืดอายุเครื่องจักรและเครื่องมือ แต่โดยทางอ้อมสามารถช่วยส่งเสริมผลิตภาพ (Productivity) สำหรับอุตสาหกรรมไทยได้

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 ศูนย์วิจัยทางไทรโบโลยี ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (KMUTNB) ได้ก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการ ภายใต้ชื่อ “กลุ่มวิจัยเครื่องมือและเครื่องจักรกลอุตสาหกรรมด้วยระบบไทรโบโลยี (TRIBOSYSLab)” โดยทีมงานวิจัยมีทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ ที่เป็นผู้มีความเชี่ยวชาญในการวิจัยทางด้านไทรโบโลยี ที่สามารถรองรับงานวิจัยทั้งเชิงการเรียนการสอนและเชิงพาณิชย์ได้



The TRIBOSYS Lab is actively based on the study of the tribo-systems for manufacturing and maintenance. There is expertise such as tribology in machine design, tribological study of energy saving for the fluid power systems, and machine condition monitoring.

Research facilities include:

- Pin-on-disc tribometre
- Abrasive wear testing (belt sander)
- Impact fatigue test rig
- Rotary-bending fatigue test
- Torsional fatigue test
- Slurry jet erosion test rig

For more in details, please feel free to contact us.

Dr Peerawatt Nunthavarawong
(Founder & Lab Head)

Science and Technology Research Institute
(508 room), King Mongkut's University of
Technology North Bangkok, 1518 Pracha-
Rat 1 Rd., Wongsawang, Bang-sue, Bangkok
10800, Thailand

Tel. +66-2555-2000 Ext. 3279

Fax. +66-2587-8261

Email. peerawattn@kmutnb.ac.th

กลุ่ม TRIBOSYS Lab มีความมุ่งมั่นในการศึกษาทางโทรโบโลยี
อย่างเป็นระบบ (Tribo-systems) สำหรับงานผลิตและงานบำรุง
รักษาเครื่องจักรกล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นความเชี่ยวชาญ ในการ
ออกแบบเครื่องจักรกล การประหยัดพลังงานในระบบต้นกำลัง
ของไหล และการติดตามสภาพเครื่องจักรระหว่างการใช้งาน

เรามีความพร้อมของห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- เครื่องทดสอบความเสียดทานและการสึกหรอแบบพินออนดิสก์
- เครื่องทดสอบการสึกหรอแบบขัดถูตามแนวยาว
- เครื่องทดสอบการล้าตัวเนื่องจากภาระแบบกระแทก
- เครื่องทดสอบการล้าตัวแบบหมุน-ดัด
- เครื่องทดสอบการล้าตัวเนื่องจากภาระบิด
- เครื่องทดสอบการสึกกร่อนแบบพ่นปะทะด้วยความเร็วสูง

ข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ :

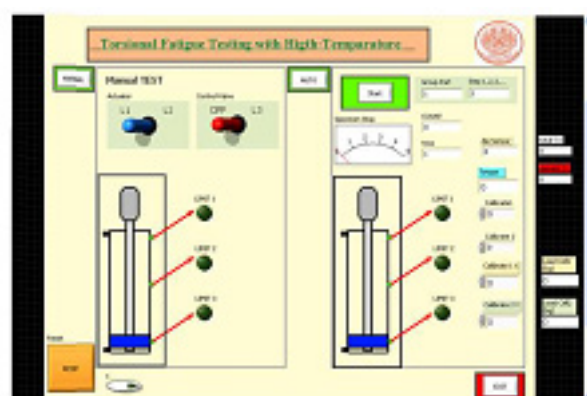
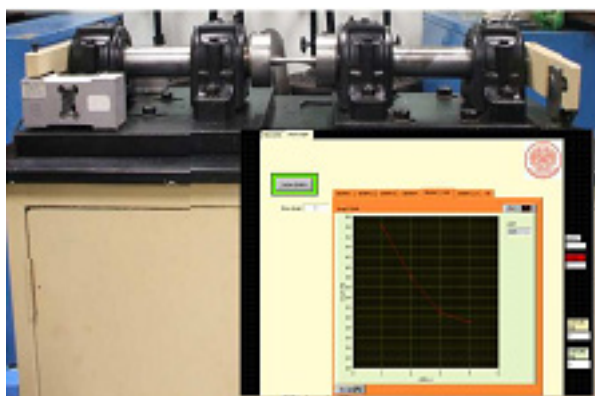
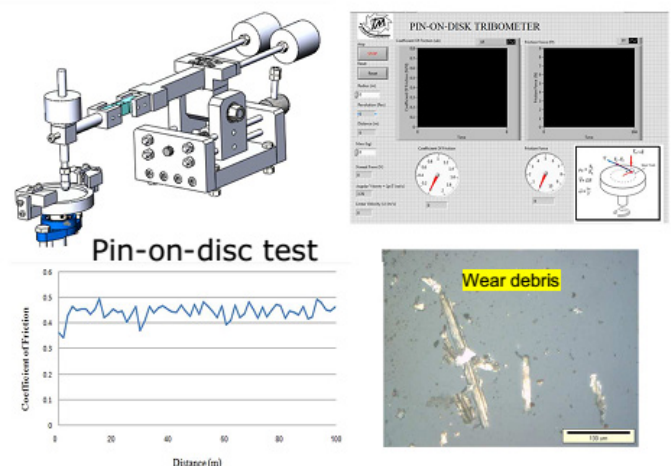
ดร.พีระวัฒน์ นันทวารวงศ์ (Founder & Lab Head)

สำนักวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ชั้น 5 ห้อง 508)
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เลขที่ 1518
ถ.ประชากรราษฎร์ 1 วงศ์สว่าง บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

โทร. 0-2555-2000 ต่อ. 3279

โทรสาร. 0-2587-8261

อีเมล. peerawattn@kmutnb.ac.th



AKABONO

BRAKE EXPERTS



Fuji Die Tribological Approach to Low Friction Materials

กระบวนการทางโกลิโอโลยีของบริษัท Fuji Die สำหรับวัสดุที่มีแรงเสียดทานต่ำ

Written by Dai Suzuki, Jun-ichi Yuki and Koji Hayashi (Fuji Die Co., Ltd.)
Translated by Mr. Numchoak Sabangban (Khon Kaen University)

เขียนโดย Dai Suzuki, Jun-ichi Yuki และ Koji Hayashi (Fuji Die Co., Ltd.)
แปลโดย นายนำโชค แสงวงบาล (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

1. INTRODUCTION

Fuji Die Co., Ltd. is a leading company of hardmetal wear-resistant tools and molds in Japan. Since our company was founded in the year 1949, we have continued to manufacture and provide high quality products for a wide range of industries such as metalworking, precision processing and machining. We have gained a good reputation through our sincere and immediate responding to the evolving customer needs.

Recently, we expand our business in Thailand, China, Indonesia, Malaysia and India. Especially, we established Fujillo Thailand Co., Ltd. as the delivery center in 2003 to meet the national increasing demand of hardmetal tool with high wear-resistance, and moved the company in 2012 to a new manufacturing site in Amata Industrial Park so as to manufacture promptly tools and molds for more sophisticated workpieces.

We provide hardmetal drawing dies and plugs without or with CVD- or PVD-coating, hardmetal ultraprecise wear-resistant tools, heat-resistant tungsten based alloy (trade name: FHR), super-tough wear-resistant iron based alloy (KF2 alloy), self-lubricating composite material (NF metal), Cu-W electrode material for EDM (CE-08), fine ceramics, diamond and cBN grinding wheels, etc., under the brand name of FUJILLOY. These products are manufactured by accepting the customers' endless requests to diversification, sophistication, long tool-life, and environmental problem, etc. These manufacturing technologies are based on powder metallurgy, machining and/or coating technologies.

1. บทนำ

Fuji Die จำกัด มหาชน เป็นบริษัทชั้นนำในการป้องกันการสึกหรอของอุปกรณ์และแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1949 ซึ่งได้ทำการผลิตและจัดหาชิ้นงานที่งานที่มีคุณภาพสูงตามความต้องการในอุตสาหกรรมการผลิตอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น อุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก กระบวนการที่ต้องการความแม่นยำ และกระบวนการขึ้นรูป เป็นต้น ซึ่งทางบริษัทได้รับการตอบรับเป็นอย่างดี และพร้อมที่จะพัฒนาตามความต้องการของลูกค้าได้อย่างทันทั่วทั้งที่เสมอมา

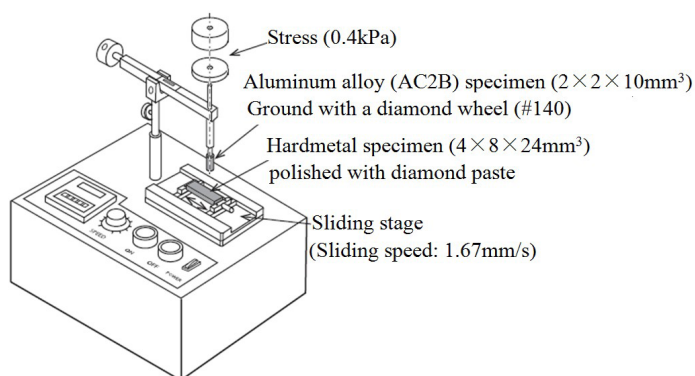
เมื่อไม่นานมานี้ ทางบริษัทได้ทำการขยายธุรกิจไปที่ประเทศไทย จีน อินโดเนเซีย มาเลเซีย และ อินเดีย โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริษัท Fujillo Thailand จำกัด มหาชน ได้ถูกจัดตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 2003 เพื่อเป็นศูนย์กลางในการขนส่งและตอบสนองความต้องการในด้านการป้องกันการสึกหรอของ Hardmetal Tool ที่เพิ่มมากขึ้นในประเทศ และได้ทำการเคลื่อนย้ายบริษัทมาที่นิคมอุตสาหกรรม อมตะนคร เมื่อปี 2012 เพื่อที่จะผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ได้อย่างรวดเร็วสำหรับชิ้นงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

ทางบริษัทได้ทำการจัดหา Hardmetal Dies และ Plugs ทั้งที่มีและไม่มีการเคลือบด้วย CVD PVD และอีกหลายอย่าง อาทิเช่น Hardmetal Ultraprecise Wear-Resistant Tools, Heat-Resistant Tungsten Based Alloy (Trade Name: FHR), Super-Tough Wear-Resistant Iron Based Alloy (KF2 alloy), Self-Lubricating Composite Material (NF Metal), Cu-W Electrode Material for EDM (CE-08), Fine Ceramics, Diamond และ cBN Grinding Wheels และอื่นๆอีกมากมาย ซึ่งได้จัดทำภายใต้ชื่อ FUJILLOY และผลิตภัณฑ์ที่บริษัทผลิตขึ้นได้จัดทำตามความต้องการจากลูกค้าในการเพื่อยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์เครื่องมือ โดยการผลิตสินค้าจากทางบริษัทมาพื้นฐานมาจาก Powder Metallurgy และ Machining and/or Coating Technologies เป็นต้น



Our main new products and the research results on them have been published in Journals such as the Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, High Pressure Mineral Physics Seminar-8 (HPMPS-8), Japanese Society of Tribologists, etc. Almost all of these products and research results are highly evaluated and have received “Award for Development in Research” from Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, “Award of a Technology Advantage Product and Environment-Conscious Product” from Japan Cemented Carbide Tool Manufacturers’ Association and “Encouraging Prize” from Japan Sokeizai Center (Japan Material Process Technology Center).

In this paper, we introduce our three kinds of products with excellent sliding properties from a viewpoint of tribology: (1) hardmetals for plastic working, (2) DLC-coated hardmetals having long tool-life, and (3) NF metal including a self-lubricating solid component.



2. SLIDING PROPERTIES OF HARDMETALS FOR PLASTIC WORKING

Hardmetals have high strength, high rigidity, and high hardness, etc., compared with high-speed steels or tool steels, and thus are more broadly used as a reliable material of tools and molds for plastic workings such as processing, metalworking, stamping, cold forging, and drawing, etc.1) In plastic forming where workpiece is largely deformed by applying a large force, the friction force and wear state of the tool depend considerably on the kind of workpiece material, operating conditions, etc.

In recent years, for the purpose of addressing environmental problem and cost reduction, the lubrication condition for tool is changing to be more severe, such as the lowering of lubricating oil viscosity by using water-soluble oil, the reduction of lubricating oil usage, and the in-

creasing research and development from the company. The company has received awards from various organizations, including Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, High Pressure Mineral Physics Seminar-8 (HPMPS-8), Japanese Society of Tribologists เป็นต้น โดยที่ผลงานในทางวิจัยและผลิตภัณฑ์ทั้งหมดได้รับการประเมินคุณค่าที่ค่อนข้างสูงจากรางวัล “Award for Development in Research” จากสมาคม Japan Society of Powder and Powder Metallurgy, “Award of a Technology Advantage Product and Environment-Conscious Product” จาก Japan Cemented Carbide Tool Manufacturers’ Association และ “Encouraging Prize” จาก Japan Sokeizai Center (Japan Material Process Technology Center) เป็นต้น

ในบทความนี้ทางบริษัทได้กล่าวแนะนำถึงผลผลิตทั้งสามประเภทที่ยอดเยี่ยมในเรื่อง คุณสมบัติในการไถล จาก มุมมองในเรื่องของ tribology ซึ่งได้แก่ (1) Hardmetals for Plastic Working, (2) DLC-Coated Hardmetals having Long Tool-Life, and (3) NF Metal Including a Self-Lubricating Solid component

Fig 1. The schematic diagram of sliding test equipment and test conditions.

2. SLIDING PROPERTIES OF HARDMETALS FOR PLASTIC WORKING

Hardmetal เป็นวัสดุคงรูปที่มีความแข็งแรงและความแข็งที่ค่อนข้างสูง ซึ่งประกอบด้วย High-Speed steels หรือ Tool Steels และวัสดุที่ต่างๆที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์สำหรับงานในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติก งานในทางโลหะ การทุบขึ้นรูป การขึ้นรูปเย็น หรือแม้กระทั่งการลากขึ้นรูป เป็นต้น ซึ่งในกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกจากการใช้แรงในการขึ้นรูปที่ค่อนข้างมากจึงส่งผลให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปที่มากยิ่งขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นการเกิดแรงเสียดทานและการสึกหรอจึงปรากฏขึ้นตามประเภทของวัสดุและเงื่อนไขในการผลิต เป็นต้น

ในช่วงปีที่ผ่านมาได้มีการมุ่งเน้นไปถึงวัตถุประสงค์ในการลดต้นทุนในการผลิตและผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อม ได้ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงลักษณะในการใช้สารหล่อลื่นเป็นอย่างมาก เช่นการลด Viscosity ของ Lubricant โดยใช้ Water-Soluble Oil การลดอัตราการใช้สารหล่อลื่น และการเพิ่มขึ้นของ Working Stress เพื่อเพิ่มอัตราในการผลิต และลดจำนวนชั่วโมงในการผลิต



creasing of working stress for the increase of deformation or production rate and the reduction of man-hours, etc. Accompanying these changes, workpiece material tends to adhere hardmetal tool. Thus, the improvement in the sliding properties of tool materials is demanded so as to reduce the adhesion between tool and workpiece.

The appropriate standard index of the adhesion resistance was not found. Then, in our company, a simple sliding adhesion test is conducted by using a scratch testing machine shown in Fig 1. In this test, an aluminum alloy (AC2B) was used as a workpiece material. The number of times of linear reciprocal sliding for the adhesion occurrence was measured as the adhesion resistance.

เป็นต้น โดยสิ่งที่มาพร้อมกับการเปลี่ยนแปลงข้างต้นนี้ได้ส่งผลให้เกิดการเลือกวัสดุชิ้นงานเพื่อนำไปสู่การเลือกเครื่องมือในการสร้าง Hardmetal ดังนั้น การพัฒนาวัสดุเครื่องมือในเรื่อง Sliding Properties จะช่วยส่งผลในการลดการเกิดการยึดติดกันระหว่างชิ้นงานและเครื่องมือ

ในปัจจุบันยังไม่มีเกณฑ์ในการบ่งบอกตัวชี้วัดในการการป้องกันการยึดติดกันของชิ้นงาน ดังนั้นทางบริษัทจึงได้ทำการทดลองตัวอย่างการเกิด การยึดติดกันของชิ้นงานและเครื่องมือ โดยใช้วิธีการทดลองแบบ Scratch Testing Machine ซึ่งแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 1. ในการทดลองครั้งนี้กำหนดใช้ชิ้นงานซึ่งเป็นวัสดุประเภท Aluminum Alloy (AC2B) ในการทดลอง ซึ่งการวัดค่าความต้านทานในการยึดติดกันของวัสดุสามารถวัดได้จากจำนวนครั้งในการขัดถูไปกลับของวัสดุ

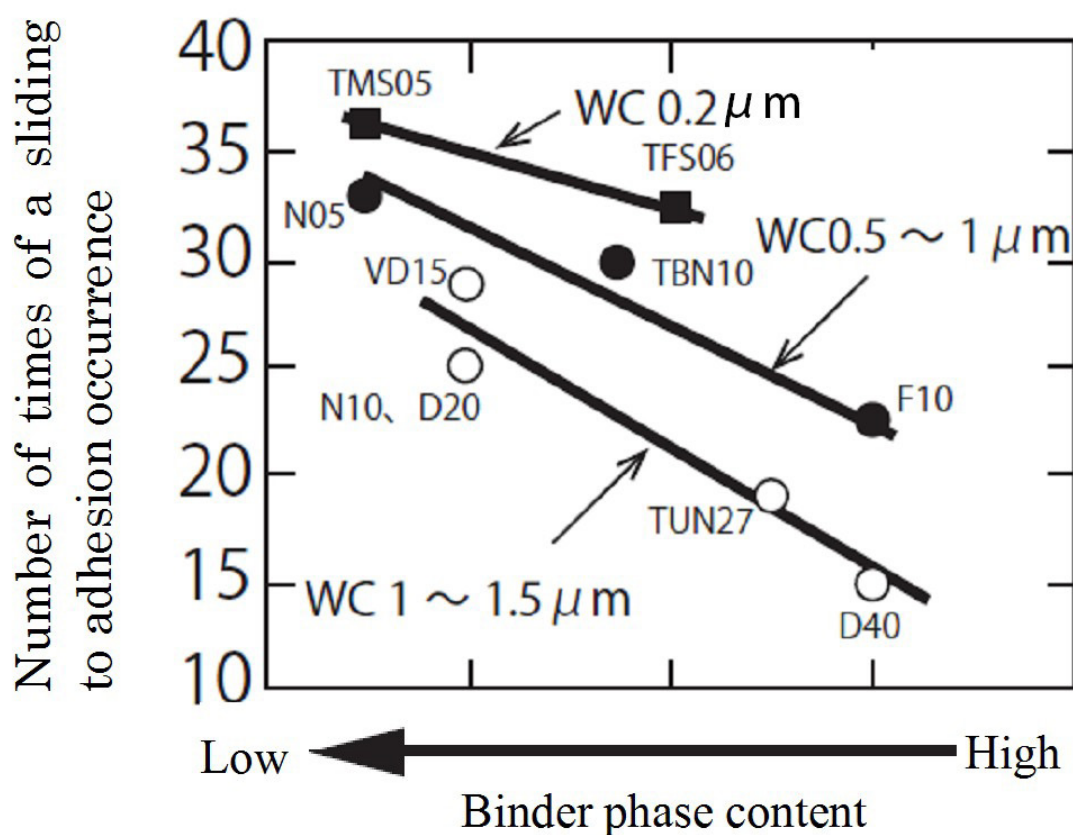


Fig 2. The influence of WC grain size and binder phase content of FUJILLOY hardmetals on the number of times of sliding to adhesion occurrence.

The effects of WC grain size and binder phase content of FUJILLOY hardmetals on the resistance are shown in Fig 2. FUJILLOY TFS06 and TMS05 having fine grain and low binder phase content showed an excellent adhesion resistance. This result was understood as follows, taking into consideration the observation result that the workpiece material stucked mainly to binder matrix phase and hardly to WC grain.

ซึ่งผลกระทบในการต้านทานการเกิดการติดกันของ WC Grain size และ Binder Phase Content ของ FUJILLOY Hardmetals จะแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 2. FUJILLOY TFS06 และ TMS05 จะมี Grain ที่ละเอียดและการยึดเกาะกันที่ค่อนข้างน้อย ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีเยี่ยมในการป้องกันการยึดติดกันของวัสดุ โดยที่สามารถเข้าใจผลการทดลองได้จากการได้พิจารณาและสังเกตวัสดุส่วนใหญ่ที่ติดกันซึ่งอยู่ในรูป Matrix Phase และแทบจะไม่เกิด WC Grain

(1) A part of binder phase chemically stuck to the workpiece material is removed from the surface of hardmetal, and thus the portion of binder phase becomes a concave.

(2) When the depth of concaved binder phase becomes large, the workpiece material is thrust into the concave. The adhesion takes place when the depth of thrust workpiece material becomes such large that the mechanical resistance of workpiece material to the sliding becomes large.

(3) The depth of thrust workpiece material decreases with decreasing both depth and width of binder phase. The values of these two shape factors decrease with decreasing WC grain size and binder content and thus the adhesion tends not to occur with decreasing these two microstructural factors.

SEM micrographs of FUJILLOY TFS06 and TMS05 with an excellent sliding properties are shown in Fig 3, and those alloy properties are shown in Table 1. These materials have nano-grained microstructure which brings high hardness, high strength, high wear resistant and excellent sliding properties as well as excellent adhesion resistance. These alloys were developed by using our special technique. These FUJILLOY have obtained high evaluation from every industries.

(1) ในส่วนของช่วงการเกิด Binder Phase ในปฏิกิริยาทางเคมีของวัสดุ จะส่งผลให้เกิดการสูญเสียพื้นผิวของชิ้นงานและทำให้ส่วนหนึ่งของชิ้นงานจะเสียบรูปในลักษณะเป็นหลุมเว้าขนาดเล็ก

(2) เมื่อชิ้นงานมีการเสียดสีกันจะส่งผลให้เกิดรอยรอยเว้าที่บริเวณพื้นผิวของชิ้นงานและรอยเว้าจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อมีการเสียดสีเพิ่มขึ้น

(3) ความลึกที่เกิดจากการเสียดสีของชิ้นงานจะลดลงโดยการลดขนาดความลึกและความกว้างของ Binding Phase และค่าความลึกและความกว้างนี้จะลดลงตามการลดลงของ Microstructural Factor จำนวน 2 ปัจจัยซึ่งได้แก่ ขนาดของ WC Grain size และ Binder Content และส่งผลให้การยึดติดกันของชิ้นงานในระหว่างการเสียดสีมีแนวโน้มที่จะไม่เกิดขึ้น

ผลการตรวจสอบทาง SEM Micrographs ของ FUJILLOY TFS06 และ TMS05 ได้บ่งบอกถึงคุณสมบัติที่ดีเยี่ยมในการไถลของวัตถุ ซึ่งแสดงให้เห็นได้ในรูปภาพที่ 3 และคุณสมบัติของโลหะผสมนั้นจะแสดงให้เห็นได้ในตารางที่ 1 โดยที่วัสดุเหล่านี้มีส่วนประกอบของ Nano-Grained Microstructure ซึ่งมีความแข็งที่ค่อนข้างสูง และมีการป้องกันการเกิดการสึกหรอ และง่ายต่อการไถลที่ดีเยี่ยม โลหะผสมเหล่านี้ถูกพัฒนาโดยใช้เทคนิคพิเศษจากบริษัท FUJILLOY ซึ่งมีผลการประเมินในระดับสูงในทุกๆอุตสาหกรรม

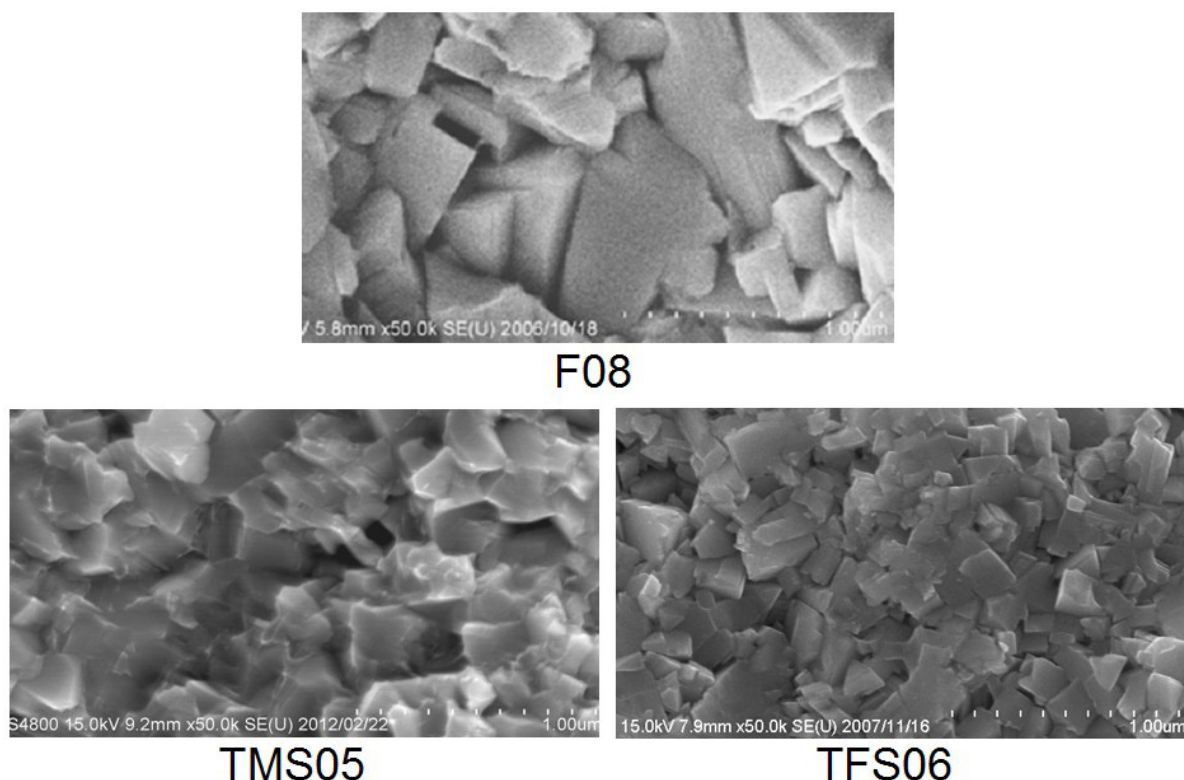


Fig 3. WC grain morphologies of Nano-Fine-Grained TFS06 and TMS05, and Ultra-Fine-Grained F08 of FUJILLOY hardmetals (SEM micrographs of fracture surface).

Table 1. WC grain size and mechanical properties of Nano-Fine-Grained TFS06 and TMS05, and Ultra-Fine-Grained F08 of FUJILLOY hardmetals.

Grade	WCmean grain size (μ m)	HV (294N) (GPa)	TRS (GPa)	Compressive strength (GPa)	Fracture toughness (MPa \cdot m ^{1/2})	Young's modulus (GPa)	ASTM wear amount※ ($\times 10^5$ cm ³ /rev)
TFS06	0.2	21.0	4.2	6.9	4.9	575	0.1
TMS05	0.2	21.5	3.1	>8.0	4.2	610	0.17
F08	0.5	18.5	4.0	6.4	5.2	560	1.1

※The method according to ASTM B611-76 (The alundum slurry was used as wear media.)

3. SLIDING PROPERTIES OF COATED HARDMETALS FOR PLASTIC WORKING

High wear-resistance and/or low friction coefficient material can be coated on the surface of hardmetal by coating processing methods such as CVD and PVD. By these coatings, the tool quality improvement which cannot be obtained only by varying the grain size and binder phase composition of hardmetal becomes possible. Among various coating films, DLC film coated by PVD or P-CVD are excellent in the sliding properties as compared with other hard films such as TiN, CrN, etc. DLC coating application to the tools for plastic working are increasing due to high smoothness of the surface of worked material and low aggression to the surface of workpiece material as well as high adhesion-resistance and low friction coefficient. Specifically to soft workpiece material such as aluminum alloys which is easy to adhere to hardmetal, DLC coating is especially valuable.

Fig 4 shows the result of sliding test by using ring-on disk type test equipment on a pair of aluminum alloy (A3003)/ hardmetal with-out or with our developed DLC coating. From this figure, it is clear that during lubricant-oil supplying, hardmetal without and with DLC coating have a relatively low and extremely low friction coefficient, respectively. However, after stopping oil-supplying, the friction coefficient of hardmetal without DLC coating rose rapidly, but the coefficient of hardmetal with DLC coating slightly decreased. This result suggested that DLC film itself have a good lubrication function²⁾, differing from non-coated hardmetal in which the adhesion occurred af-

3. SLIDING PROPERTIES OF COATED HARDMETALS FOR PLASTIC WORKING

กระบวนการด้านการสึกหรอและลดสัมประสิทธิ์ความเสียดทานในวัสดุสามารถทำได้โดยการเคลือบพื้นผิวของ Hardmetal โดยหลักๆมีหลายกระบวนการในการเคลือบ เช่น CVD และ PVD ซึ่งในกระบวนการเคลือบพื้นผิว DLC Film ที่เกิดจากการเคลือบโดยใช้วิธีการ PVD หรือ P-CVD จะมีคุณสมบัติที่ดีที่สุดในกระบวนการไกล เมื่อเทียบกับกระบวนการที่เคลือบแบบอื่นอย่างเช่น TiN หรือ CrN เป็นต้น ซึ่งกระบวนการ DLC นี้เป็นส่วนหนึ่งในการใช้เพื่อเคลือบพื้นผิวอุปกรณ์ เนื่องจากสามารถเพิ่มความเรียบของชิ้นงานและลดการเสียหายของชิ้นงานได้อีกด้วย อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพในการป้องกันการสึกหรอแบบ Adhesion และยังมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่ต่ำอีกด้วย

รูปที่ 4 แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของกระบวนการ Sliding Test โดยใช้วิธีการ Pin-on-Disk โดยจับคู่วัสดุในการทดสอบระหว่าง Aluminum Alloy (A3003)/Hardmetal ที่ทำการเคลือบด้วย DLC และไม่ทำการเคลือบ จากรูปนี้แสดงได้ชัดเจนว่า Hardmetal ที่ไม่ทำการเคลือบและทำการเคลือบด้วย DLC มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานที่น้อย และน้อยมากตามลำดับเมื่อมีการใช้สารหล่อลื่นในกระบวนการ แต่เมื่อปราศจากสารหล่อลื่นจะเกิดได้ว่าวัสดุ Hardmetal ที่ไม่ทำการเคลือบด้วย DLC มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของ วัสดุที่ทำการเคลือบมีค่าลดลงเล็กน้อย ซึ่งผลลัพธ์แสดงให้เห็นได้ว่า DLC Coating สามารถทำตัวเป็นสารหล่อลื่นได้ด้วยตัวเองจากการระเหยของความร้อนที่เกิดจากการเสียดทาน และสังเกตได้ภายหลังกระบวนการ



ter the lubricating oil's evaporation caused by frictional heat. This suggestion was confirmed by the observation of the sliding surfaces after the test, as shown in Fig 5.

ที่เกิดจากการเสียดทาน และสังเกตได้ภายหลังกระบวนการทดลอง สามารถแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 5

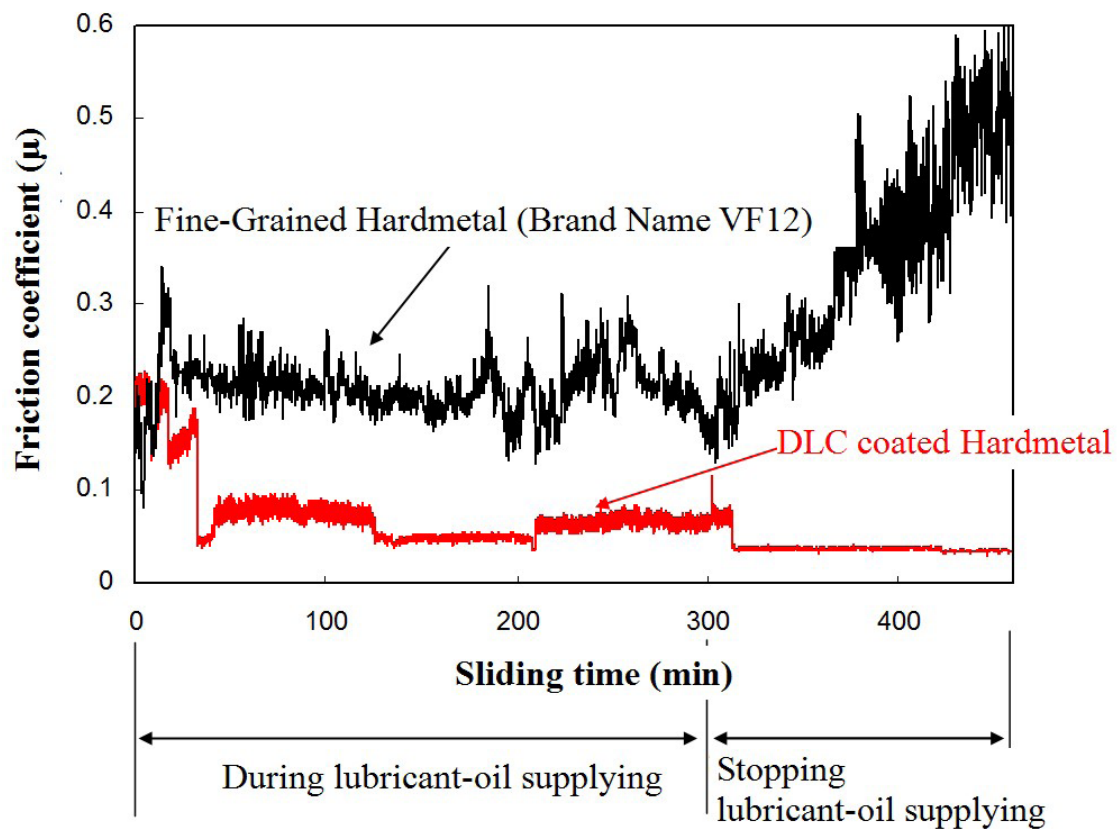


Fig 4. The sliding test result on two couples of aluminum alloy (A3003)/ hardmetals without and with our developed DLC coating by using ring-on disk type test equipment.

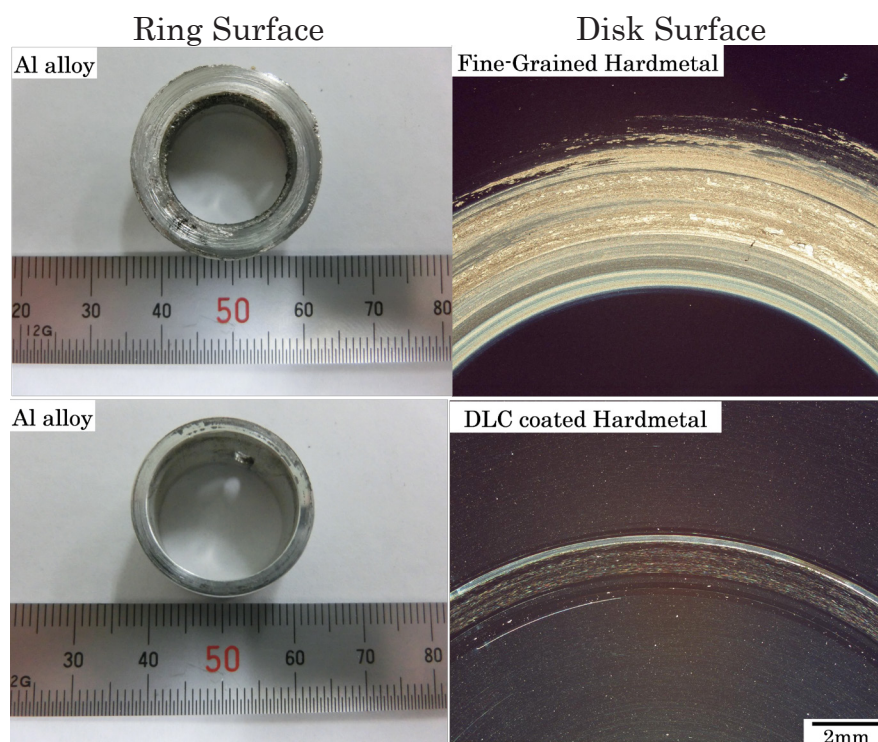


Fig 5. The appearance and optical micrograph of the sliding surface of the ring (shown in the left side) and disk (in the right side) after a sliding test. The rings are hardmetal without DLC film (the upper) and developed DLC film (the lower). These original shapes were the same. The upper was plastically deformed due to high frictional heat.

Focusing on this good lubrication effect of our developed DLC film, we observed the surface together with a conventional DLC film by 3-D image analyzer. These 3-D surface images are shown in Fig 6 and Fig 7, respectively. On the conventional film, there are many droplets, but on the developed film, there are not such large droplets. The investigation of the effect of the droplets showed that such droplets deteriorated the smoothness of workpiece surface and decreased the adhesion resistance. FUJILLOY tools and mold with this developed DLC film has obtained high evaluation from many industries, because of its superior adhesion-resistance as well as the surface smoothness of workpiece.

จากการโฟกัสที่สารหล่อลื่นที่เป็นผลกระทบที่เกิดจาก DLC Coating และสังเกตพื้นผิวของชั้นฟิล์ม โดยใช้ 3-D image analyzer ซึ่งแสดงให้เห็นในรูปที่ 6 และ 7 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในฟิล์มปกติจะมีหยดมาก แต่จากฟิล์มที่ถูกพัฒนาจะไม่เห็นหยดเลย จากการตรวจสอบหยดที่มีพบว่าการมีหยดดังกล่าวจะทำให้ความเรียบของพื้นผิววัสดุนั้นหายไปและลดความต้านทานในการยึดติดพื้นผิว แม้ฟิล์มของ FUJILLOY ได้พัฒนา DLC ฟิล์มที่ได้รับการตอบรับเป็นอย่างดีจากหลายๆอุตสาหกรรม เนื่องจากมีความต้านทานในการยึดติดพื้นผิวสูง และมีความเรียบของพื้นผิววัสดุสูง

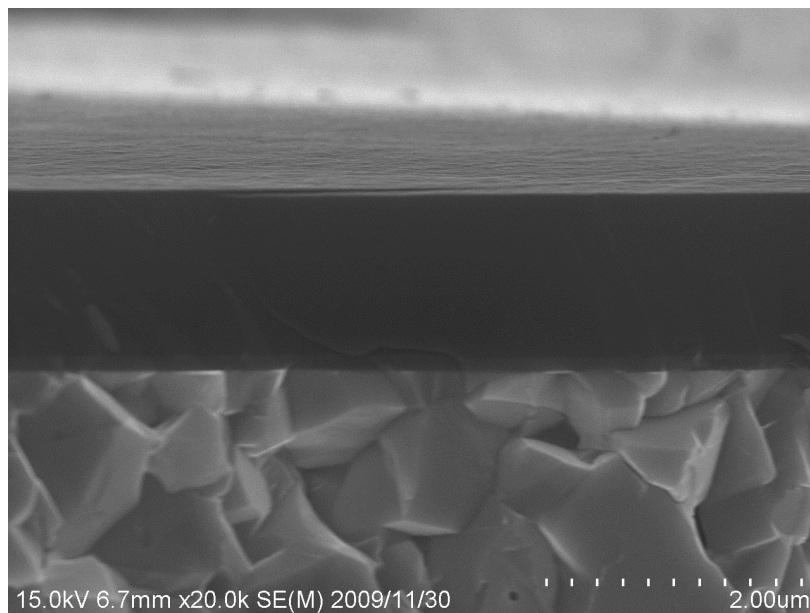
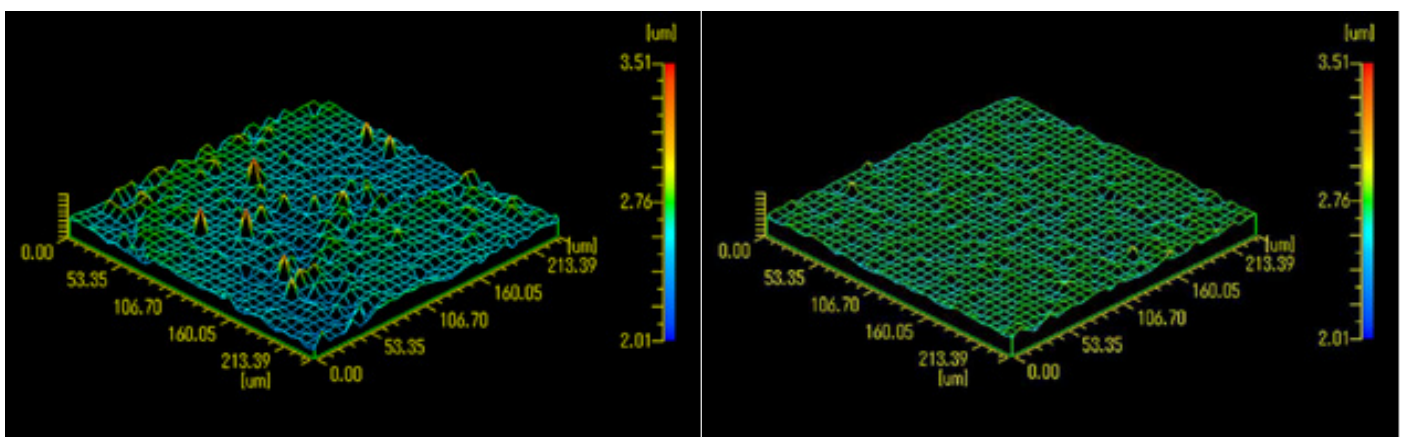


Fig 6. Fracture surface of our developed DLC film coated on FUJILLOY.



The surface of a conventional DLC film

The surface of a developed DLC film

Fig 7. The 3-D surface image of a conventional DLC film and a developed DLC film on FUJILLOY.

4. SELF-LUBRICATING METAL MATRIX COMPOSITE TERMED NF METAL

Self-lubricating materials are a generic name for composite materials which have a lubricating ability by itself without external in-situ supply of lubricating oil. This ability is realized by infiltrating lubricating oil into open pores of porous materials, or by combining solid lubricants such as molybdenum disulfide (MoS_2), graphite and hexagonal boron nitride (h-BN) with metal, ceramic or polymer materials in its manufacturing process³).

Our company deals in self-lubricating metal matrix composites which are fabricated by combining tungsten disulfide (WS_2), graphite and/or h-BN solid lubricant particles with metal powders by powder metallurgy process. We term the composites “NF metal (No Friction metal)”, by which various bearings are manufactured. Their examples are shown in Fig 8. These bearings are used under special environments such as vacuum, high temperature and in solution where lubricating oil and grease cannot be used.

An example of optical microstructure of NF metal is shown in Fig. 9. Dark-gray particles and white matrix in the figure are solid lubricant and metal, respectively. The particles are homogeneously dispersed in the composite. There is no gap between particles and matrix. This suggests that the particles are tightly held by the matrix. This suggestion was supported by the fact that the composite is able to maintain strength required for bearings.

4. SELF-LUBRICATING METAL MATRIX COMPOSITE TERMED NF METAL

Self-lubricating Materials เป็นชื่อปกติของสารประกอบวัสดุที่มีความสามารถในการเป็นสารหล่อลื่นในตัว โดยปราศจากแหล่งกำเนิดสารหล่อลื่นจากภายนอก โดยมักจะเกิดขึ้นกับวัสดุอย่างเช่น Molybdenum Disulfide (MoS_2), Graphite and Hexagonal Boron Nitride (h-BN) with Metal, Ceramic หรือ Polymer Materials ภายในกระบวนการผลิต

โดยที่บริษัทของพวกเราได้นำเสนอ Self-Lubricating Metal Matrix Composite โดยใช้การผสมผสานกันระหว่างอนุภาคของ Tungsten Disulfide (WS_2), Graphite และ/หรือ h-BN Solid Lubricant โดยเราให้นิยามการผสมกันนี้ว่า “NF Metal (No Friction Metal)” ซึ่งใช้ในการผลิตแบร้งต่างๆในอุตสาหกรรมซึ่งแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 8 นี้คือแบร้งที่ถูกใช้กับสภาพแวดล้อมที่เป็นสุญญากาศ อุณหภูมิที่สูง และสภาพแวดล้อมที่ไม่สามารถใช้จาระบีในระบบได้

จากการสังเกตตัวอย่างของ Microstructure ของ NF metal แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 9 อนุภาคสีเทา-เทา และ สีขาวคือ Solid Lubricant และ Metal ตามลำดับและเป็นเนื้อเดียวกัน และจากการทดลองสังเกตได้ว่าไม่เกิดช่องว่างภายในตัวอนุภาคของการทดลอง ซึ่งเป็นเหตุปัจจัยที่สำคัญในการใช้ผลิตแบร้งที่ต้องการความแข็งแรงสูง

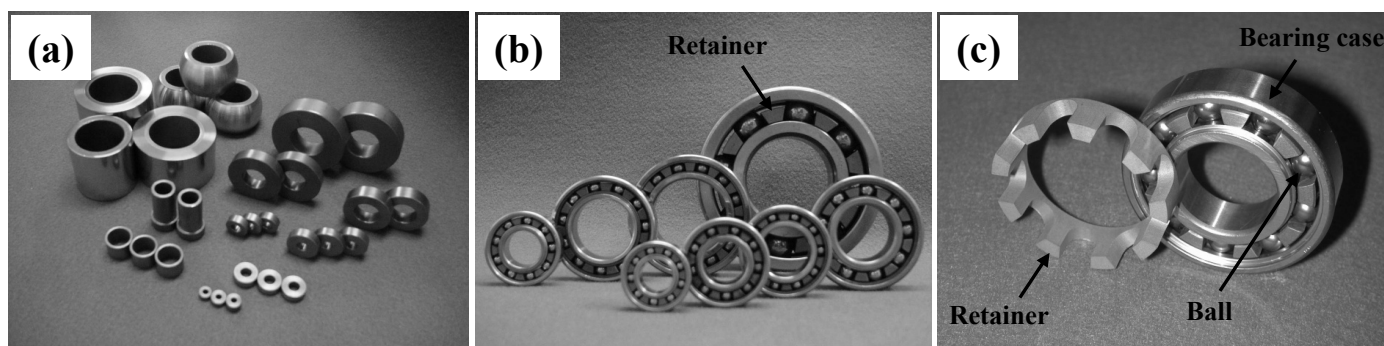


Fig 8. An example of bearings used under special environments such as vacuum, high temperature and in solution.
 (a) Sliding bearings made of only NF metal.
 (b) Rolling bearings set up with retainer of NF metal. Materials of bearing case and ball are both SUS440C.
 (c) Magnified image of retainer made of NF metal.

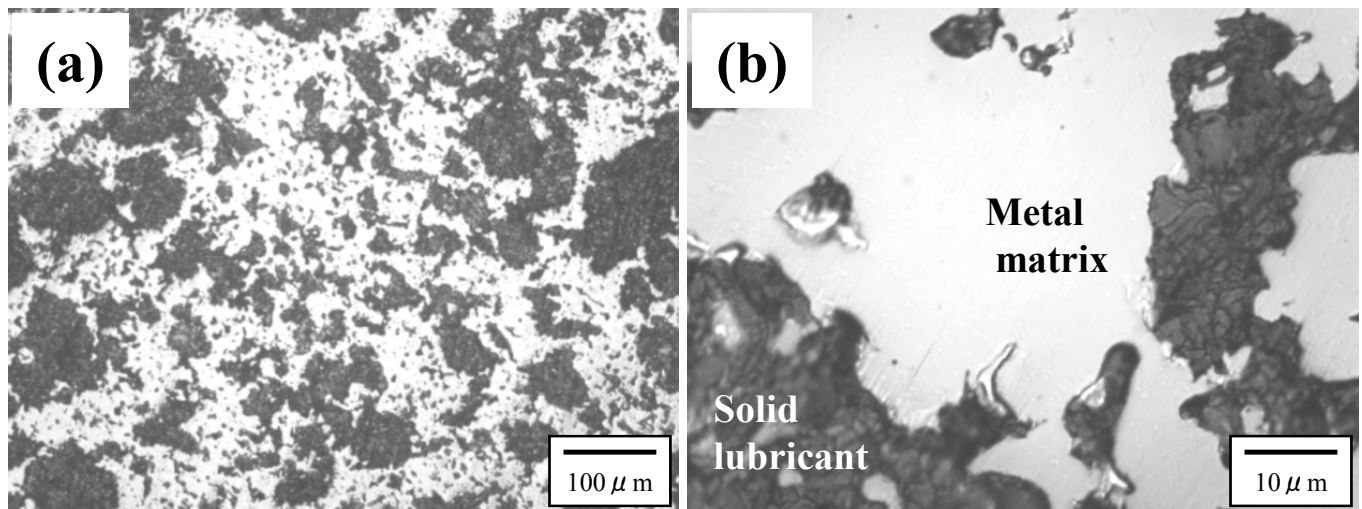


Fig 9. An example of optical microstructure of NF metal manufactured by combining solid lubricants particles with metal powders by powder metallurgy process. The composite is sintered at about 1273 K in vacuum. The dark gray particles and white matrix in the microstructure are solid lubricant and metal, respectively. (a) : $\times 100$, (b) : $\times 1,000$

Sliding mechanism of solid lubrication by NF metal is shown schematically in Fig. 10. When the composites slides on the surface of counter material, a part of solid lubricant particles near the surface of NF metal break away by shear stress operating on the sliding surface. The fragments adhere on the surface of counter material, and the surface is covered with solid lubricant films, as shown in Fig 10 (b) and its magnified figure (d). Thus, the composite and counter material are able to slide under low friction for a long time with little wear.

กลไกการไถลของ Solid Lubrication โดย NF Metal แสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 10 เมื่อ Composite เกิดการไถลและกระทบกับอีกพื้นผิว ชิ้นส่วนอนุภาคที่ใกล้กับพื้นผิวเกิดการแตกหักเนื่องจาก Shear Stress และเริ่มเปลี่ยนเป็น Solid Lubricant ดังแสดงให้เห็นได้ในรูปที่ 10 (b) และรูปขยายที่ (d) ดังนั้น พื้นผิวของ Composite และพื้นผิวที่กระทบกัน จะสามารถไถลด้วยแรงเสียดทานและการสึกหรอที่ต่ำ

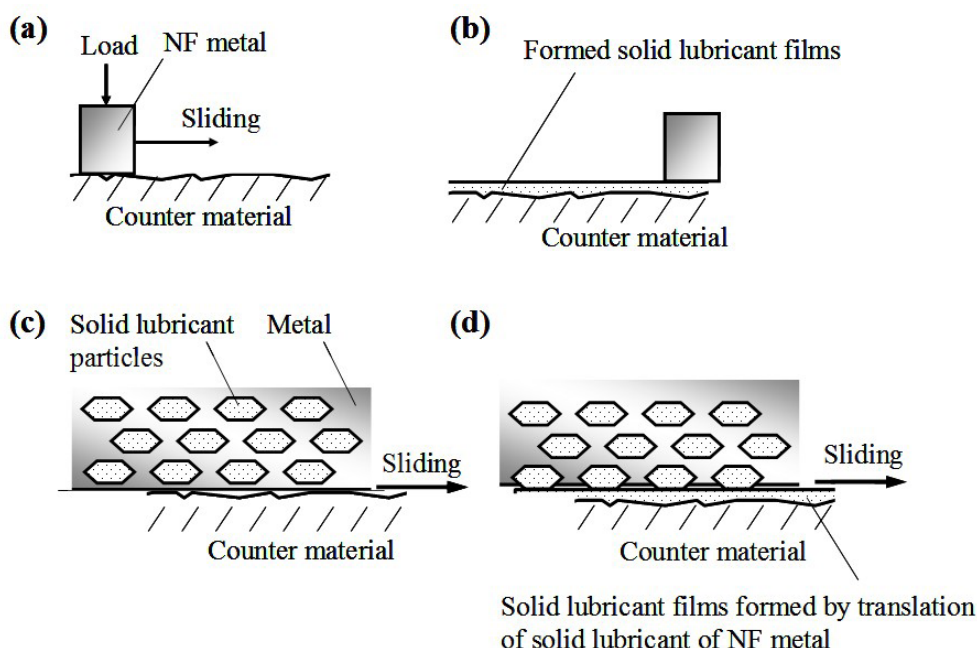


Fig 10. Schematic diagrams of low friction sliding mechanism in using NF metal.

(a) Surface of counter material before sliding NF metal.

(b) Surface of counter material after sliding NF metal.

(c) Magnified image of sliding surface of (a).

(d) Magnified image of sliding surface of (b).

Low friction sliding by using NF metal is due to the adherence of solid lubricant of NF metal to the surface of counter.

Our company deals in the following 3 types of NF metal which are classified according to usable temperature and atmosphere. Namely, there are WS_2 / W composite which is recommended for the use up to 1073 K in vacuum, (graphite+h-BN) / Ni composite which is recommended for the use up to 873 K in air, and (WS_2 +graphite) / Cu composite which is recommended for the use up to 473 K in vacuum and air. An example of sliding properties of these three kinds of composites at 873 K in air is shown in Fig 11. The friction coefficient for (graphite+h-BN) / Ni composite was as low as about 0.1 from start to finish. On the other hand, the friction coefficient of WS_2 / W and (WS_2 +graphite) / Cu composites rapidly increased with sliding time or distance, probably caused by the low oxidation resistance of WS_2 and/or W. Therefore, it is very important to select the component of solid lubricants taking into consideration the environments.

บริษัทของเราได้ใช้ NF Metal 3 ชนิด โดยแบ่งตามอุณหภูมิที่ใช้และบรรยากาศ กล่าวคือ มี WS_2 /W Composite ที่ได้มีการแนะนำให้ใช้สำหรับอุณหภูมิ 1073 K ในสุญญากาศ (Graphite+h-BN)/Ni Composite ได้มีการแนะนำให้ใช้ที่อุณหภูมิ 873 K ในอากาศ และ (WS_2 +Graphite)/Cu Composite ถูกแนะนำให้ใช้ที่ 473 K ในสุญญากาศและอากาศ ตัวอย่างของคุณสมบัติในการไถของ Composite ทั้ง 3 ชนิดนี้นั้นแสดงให้เห็นในรูปที่ 11 ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของ (Graphite+h-BN)/Ni Composite นั้นมีค่าต่ำประมาณ 0.1 ตั้งแต่เริ่มต้นจนจบการไถ ในทางตรงกันข้าม ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานของ WS_2 /W Composite และ (WS_2 +Graphite)/Cu Composite นั้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามเวลาและระยะการไถ สาเหตุอาจเนื่องมาจากความต้านทานในการ Oxidation ที่ต่ำของ WS_2 หรือ W ดังนั้นมันจึงมีความสำคัญมากในการเลือกส่วนประกอบของ Solid Lubricants ในการพิจารณาถึงสิ่งแวดล้อม

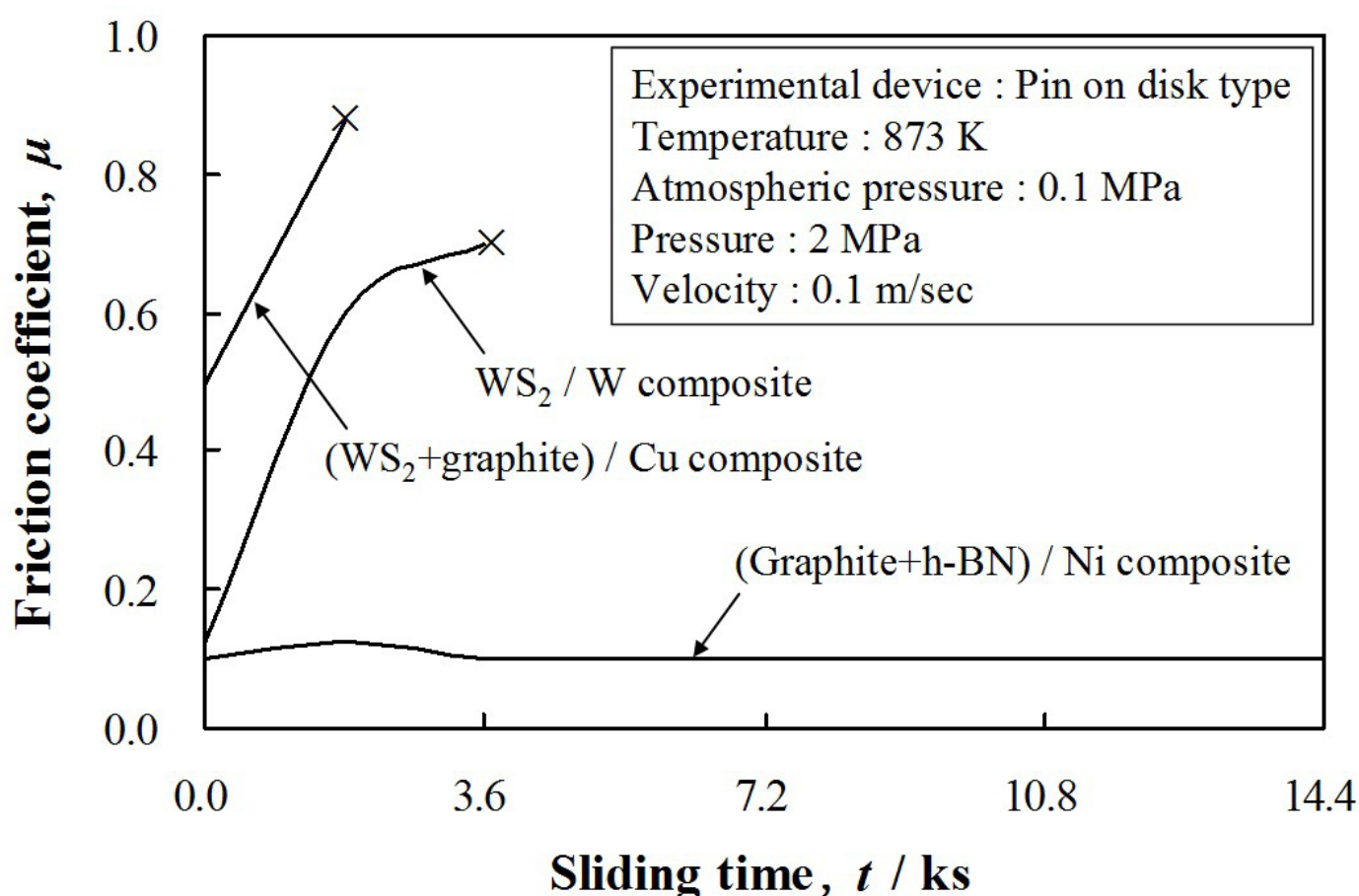


Fig 11. Relation between friction coefficient and sliding time on 3 types of NF metal at 873 K in air.

5. EXAMPLE OF APPLICATION OF NF METAL UNDER SPECIAL ENVIRONMENTS

NF metal is used as the bearing used in vapor deposition apparatuses, heat-treatment furnaces for carrying glass plate, and machines for producing foods, etc.

An example of machine for processing foods where NF metal sliding bearings are set up is shown in Fig 12. The machine is used for injecting salt water into meats which hesitate lubricating oil. In the past, the bearings made of polymer materials has been used, and the operating life of the bearings was 2-3 months. However, the operating life could be extended to one year by using the bearing made of NF metal.

5. EXAMPLE OF APPLICATION OF NF METAL UNDER SPECIAL ENVIRONMENTS

NF Metal นั้นถูกใช้เหมือนกับการใช้แบร้งในการทดสอบ Vapor Deposition, Heat-Treatment Furnaces for Carrying Glass Plate และ Machines for Producing Foods และอื่นๆ

ตัวอย่างของ Machines for Processing Foods โดยใช้ NF Metal Sliding Bearings นั้นแสดงในรูปที่ 12 โดยเครื่องจักรกลที่ใช้นั้นจะใส่น้ำเกลือลงไปในเนื้อที่ไม่ต้องการน้ำมันหล่อลื่น ในอดีตนั้นแบร้งจะทำมาจากวัสดุโพลิเมอร์ แต่จะมีอายุการใช้งานเพียงแค่เวลา 2-3 เดือน อย่างไรก็ตามก็ตามอายุการใช้งานนั้นเพิ่มขึ้นไปอีก 1 ปีหลังจากการใช้แบร้งที่ทำมาจาก NF Metal

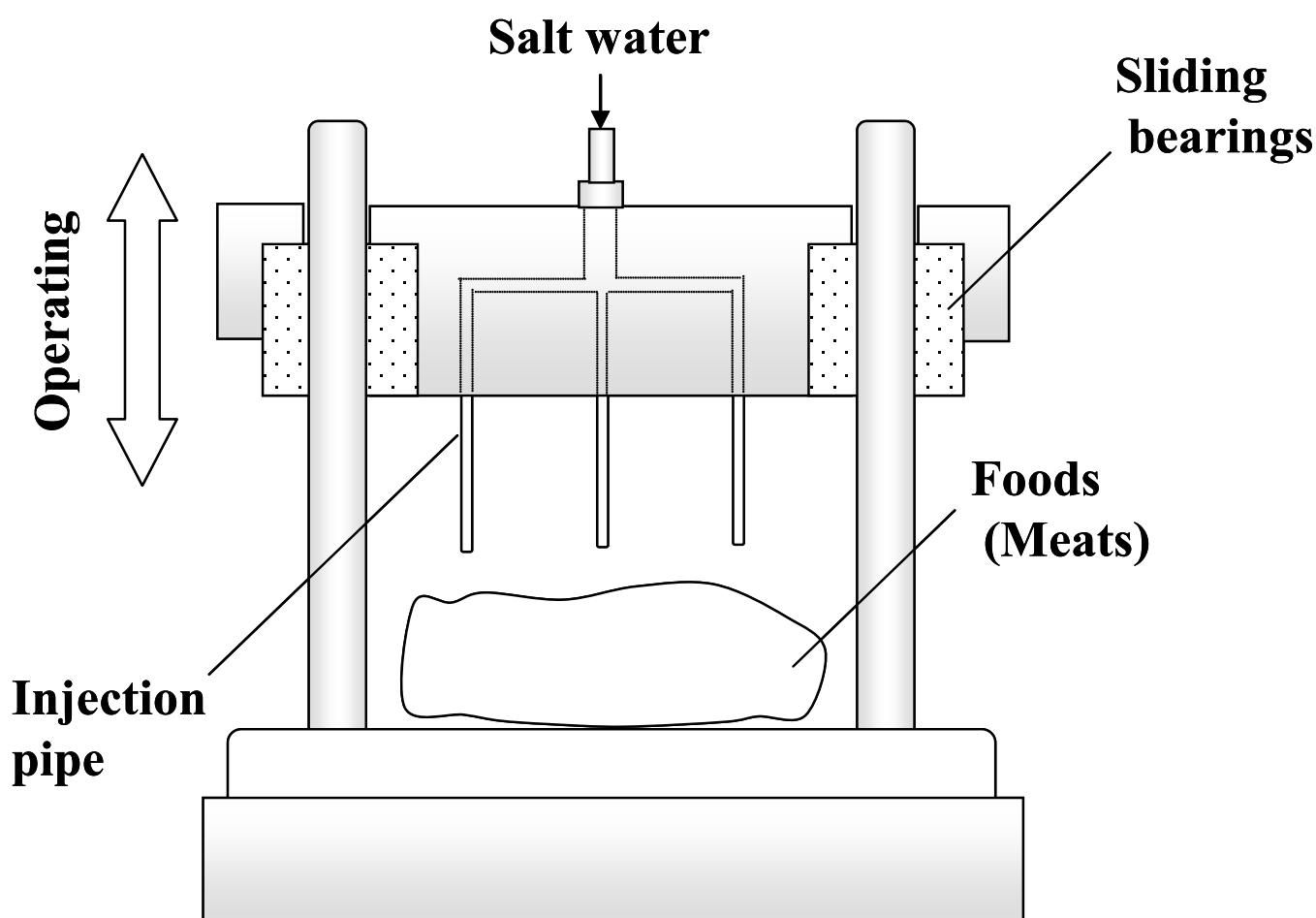


Fig 12. An example of application of sliding bearings made of NF metal to machine for processing foods

6. CONCLUSION

In this paper, we introduced our products mainly relating to tribology. These products are developed by designing material or film by responding to various requests of customers in various industries and have obtained high evaluation. We look forward to customers' continued collaboration on our future development of new materials and tools, and would like to contribute to mutual development.

REFERENCES

1. M. Kawakami: "Development and applications of sub-micro grained hard-metals", SOKIZAI, 52(2011)28-32.
2. H. Saito: "Handbook of diamond-like carbon films", NTS, Tokyo, (2006)25-36.
3. Japanese Society of Tribologists: "Handbook of solid lubricant", Yokendo Co., Ltd, (2010)91-95.

6. สรุป

ในบทความนี้ เราได้ทำการกล่าวถึงผลผลิตของพวกเรา ซึ่งเกี่ยวข้องในเรื่องของ Tribology และพัฒนาโดยการออกแบบวัสดุและชั้นฟิล์ม จากความต้องการของลูกค้าในอุตสาหกรรมและได้รับการประเมินที่ค่อนข้างสูง พวกเรามองไปข้างหน้าเพื่อสร้างความร่วมมืออย่างต่อเนื่องกับลูกค้า และการพัฒนาวัสดุและเครื่องมือชนิดใหม่ๆในอนาคตร่วมกัน



1st TTA Annual Conference

การจัดการประชุมประจำปีครั้งที่ 1 ของสมาคมการสีกหล่อและหล่อสั่นไทย

Written by Dr. Numpon Mahayotsanun (Khon Kaen University)

เขียนโดย ดร. นำพล มหายศนันท์ (มหาวิทยาลัยขอนแก่น)

The first TTA annual conference and exhibition was jointly organized with the 8th International Conference on Materials Science and Technology or MSAT on December 15, 2014 at Swissotel Le Concorde, Bangkok. TTA received a great honor from Prof. Kuniaki Dohda, President of IRGTM to introduce future activities between TTA and IRGTM. In addition, the keynote lecture on “Active Control of Boundary Lubrication” was presented by Prof. Meng Yonggang (Tsinghua University, China). The event was considered a great success and the conference schedule is as shown below.

การจัดการประชุมประจำปีครั้งที่ 1 ของสมาคมการสีกหล่อและหล่อสั่นไทยได้จัดตั้งขึ้นร่วมกับ The 8th International Conference on Materials Science and Technology หรือ MSAT ในวันที่ 15 ธันวาคม พ.ศ. 2557 ที่ โรงแรม Swissotel Le Concorde กรุงเทพฯ ในงานนี้ TTA ได้รับเกียรติอย่างสูงจาก Prof. Kuniaki Dohda ประธานกลุ่มวิจัยนานาชาติ IRGTM ในการแนะนำกิจกรรมต่างๆที่ IRGTM กับ TTA จะร่วมมือกันจัดขึ้นในอนาคต นอกจากนี้แล้วยังได้รับเกียรติจาก Prof. Meng Yonggang จาก Tsinghua University, China มานำเสนอ Key-note Lecture เรื่อง “Active Control of Boundary Lubrication” ซึ่งงานนี้ถือว่าประสบความสำเร็จเป็นอย่างสูง โดยมีตารางของการจัดการประชุมดังแสดงด้านล่าง

09:00-09:15	Opening Ceremony
09:15-10:00	Plenary Lecture 1 on “10 Global Materials Science and Engineering Trends” by Prof. Dr.-Ing. Thomas Böllinghaus, Germany
10:00-10:45	Plenary Lecture 2 on “New Technology for Carbon Neutral Energy” by Prof. Dr. Tatsumi Ishihara, Kyushu University, Japan
10:45-11:00	Refreshment
11:00-11:05	Opening Speech by Assoc. Prof. Siriluck Nivitchanyong (TTA President)
11:05-11:10	Introduction of TTA International Academic Advisory Board by Prof. Kuniaki Dohda (TTA Chair of International Academic Advisory Board)
11:10-12:00	Keynote Lecture on “Active Control of Boundary Lubrication” by Prof. Meng Yonggang, China
12:00-13:00	Lunch
13:00-13:30	Technical Session 1 on “TTA and its role in mobilizing Thai industry” by Dr. Numpon Mahayotsanun (TTA Vice President)
13:30-14:15	Technical Session 2 on “Tribology R&D Activities in Thailand by Assoc. Prof. Varunee Premanond (TTA Lubrication Division Head)
14:15-14:45	Networking with TTA members and New Members Recruitment
14:45-15:00	Refreshment
15:00-16:00	Forum (in English): “Tribology Technology in Thai Manufacturing Industry” Chair by Asst. Prof. Numpon Mahayotsanun
	1. Dr. Hideyuku Kuwahara, Thai Parkerizing Co., Ltd.
	2. Mr. Watcharapol Trisantikul, PTT Public Company Limited
	3. Mr. Takeshi Hashimoto, Fujilloy (Thailand) Co., Ltd.
16:00-17:00	TTA Annual Meeting (Invited Only)









Atomic Resolution TEM "JEOL-ARM200F Cold FEG"



Since 1949, the JEOL legacy has been one of outstanding innovation in developing instruments used to advance scientific research and technology. JEOL has 60 years of expertise in the field of electron microscopy, more than 50 years in mass spectrometry and NMR spectrometry, and more than 40 years of e-beam lithography leadership. **JEOL ASIA** and **JEOL ASEAN TECHNICAL CENTER** are willing to support your business, project and research with "Solution for Innovation" .

JEOL ASIA PTE LTD
(SINGAPORE)

2 Corporation Place 01-12 Corporation
Place, Singapore
TEL: +65 6565 9989 FAX: +65 6565 7552
MAIL: jeolasia@singnet.com.sg

**JEOL ASEAN
TECHNICAL CENTER**
(THAILAND)

MTEC building #533 Thailand Science Park
Paholyothin Rd, Klong 1, Klong Luang
Pathumtani, Thailand 12120
TEL: 02-564-7738 FAX: 02-564-7739
MAIL: mizuno@jeolasia.com.sg





THAI
TRIBOLOGY
ASSOCIATION

สมาคมการสึกหรอและการหล่อลื่นไทย