ปูพื้นลู่-ลานกรีฑา จากวัสดุยางสังเคราะห์ และยางธรรมชาติ

พจน์ เกณประธรรฐ / อรรถ จอมจันทร์ / ภาพ : ธงชัย สุดสาว

ปีที่ 55 ฉบับที่ 173 มกราคม 2550 วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ

ปัจจุบันการจัดสร้างลู่-ลานกรีฑาในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น โดยในแต่ละปีรัฐบาลต้องจัดสรรงบประมาณเป็นจำนวนมาก เพื่อการจัดสร้างลู่-ลานกรีฑาที่ได้มาตรฐานหรือมีสมบัติตรงตามข้อกำหนดของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ (IAAF : International Association of Athletics Federations) ซึ่งวัสดุที่ใช้ในการจัดสร้างลู่-ลานกรีฑาดังกล่าว ล้วนเป็นวัสดุสังเคราะห์สำเร็จรูปที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศทำให้การจัดสร้างลู่-ลานกรีฑามีต้นทุนสูง ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าวิจัยวัตถุดิบภายในประเทศให้สามารถใช้ทดแทนวัสดุยางสังเคราะห์เพื่อจัดสร้างลู่-ลานกรีฑาที่ได้มาตรฐานสากลจึงเป็นสิ่งจำเป็น และเกิดขึ้นโดยการนำของนักวิจัยจากกรมวิทยาศาสตร์บริการ โดยมีจุดประสงค์หลักของการวิจัยเพื่อประหยัดงบประมาณในการจัดสร้างลู่-ลานกรีฑาและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตวัสดุยางสังเคราะห์และยางธรรมชาติสำหรับทำลู่-ลานกรีฑาภายในประเทศที่เป็นมาตรฐานสากล

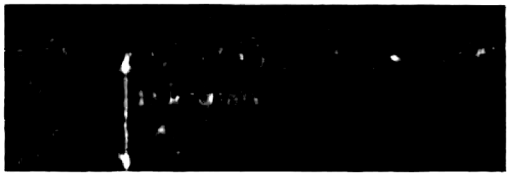
โดยทั่วไปแล้วการจัดสร้างลู่-ลานกรีฑานิยมใช้ยางสังเคราะห์ชนิดพอลิยูรีเธน (ployurethane elastomer) เป็นวัสดุหลักในการทำพื้นผิวของลู่-ลานกรีฑา ทั้งนี้เนื่องจากยางพอลิยูรีเธนมีสมบัติทนทานต่อการขัดถูสูง (good abrasion resistance) มีความยืดหยุ่นดี อีกทั้งยังมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องจากสิ่งแวดล้อมสูง นอกจากนี้พื้นผิวลู่กรีฑาที่ทำจากยางพอลิยูรีเธนยังมีความปลอดภัยต่อนักกรีฑามากกว่าพื้นผิวตามธรรมชาติหรือพื้นผิวที่ผลิตจากวัสดุสังเคราะห์ชนิดอื่นๆ อีกด้วย

รูปที่ 1 ลู่-ลานกรีฑา

ยางพอลิยูรีเธนที่ใช้ในการก่อสร้างลู่-ลานกรีฑานั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในสภาพของเหลวที่อุณหภูมิห้องและสามารถเกิดการคงรูปหรือเซตตัว (curing) ได้ที่อุณหภูมิห้องเช่นกัน โดยในระหว่างการก่อสร้างลู่-ลานกรีฑา นิยมนำยางพอลิยูรีเธนที่ผสมสารเคมีอื่นๆ เรียบร้อยแล้ว (ที่อยู่ในสภาวะของเหลว) ไปเทลงบนฐานรอง (substrate) หรือพื้นที่ก่อสร้าง และทิ้งไว้ให้ยางพอลิยูรีเธนเกิดการเซตตัวหรือเกิดการคงรูปกลายเป็นพื้นผิวของแข็งที่มีความยืดหยุ่น เด้งได้ (resilient surface) ซึ่งยางพอลิยูรีเธนดังกล่าวจะมีอายุการใช้งานค่อนข้างนานและมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากสิ่งแวดล้อมสูง อย่างไรก็ตาม การใช้ยางพอลิยูรีเธนแต่เพียงอย่างเดียวจะทำให้ได้พื้นผิวที่เรียบอันเป็นที่ไม่พึงประสงค์ในการสร้าง ลู่-ลานกรีฑา เพราะลู่-ลานกรีฑาที่ดีนั้นจำเป็นต้องมีพื้นผิวที่หยาบ (surface roughness) หรือขรุขระเล็กน้อยเพื่อเพิ่มแรงเสียดทาน (ลดการลื่นไถลที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างที่มีการแข่งขัน) ด้วยเหตุนี้ จึงได้มีความพยายามที่จะพัฒนาพื้นผิวลู่-ลานกรีฑาที่ทำจากยางพอลิยูรีเธนให้มีความขรุขระมากขึ้น โดยในระยะแรกได้มีการนำเอาเม็ดยาง (rubber granules) ขนาดเล็กไปโรยลงบนพื้นผิวหลังจากที่ได้ทำการเทยางพอลิยูรีเธนลงไปในลู่กรีฑาแล้ว

ต่อมาได้มีการวิจัยและพัฒนาเพิ่มเติมโดย Coke และ Gill ซึ่งผลจากการวิจัยพบว่าเม็ดยางที่สามารถนำมาใช้ได้อาจเป็นเม็ดยางที่ทำจากยางธรรมชาติหรือยางสังเคราะห์ เช่น ยางสไตรีนบิวตาไดอีน ยางอีพีดีเอ็มและยางพอลิยูรีเธน เป็นต้น ส่วนขนาดของเม็ดยางที่เหมาะสมจะอยู่ในช่วง 0.062-0.125 นิ้ว หรือประมาณ 1.6-3.2 มิลลิเมตร ส่วนปริมาณของเม็ดยางที่เหมาะสมที่สุดที่จะให้พื้นผิวที่มีสมบัติดีเหมาะสมสำหรับการทำลู่-ลานกรีฑาคือประมาณ ร้อยละ 26-32 โดยน้ำหนัก ความหนาของชั้นยางพอลิยูรีเธนที่เหมาะสมควรมีค่าประมาณ 10-13 มิลลิเมตร และในบางครั้งอาจทำการเคลือบผิวด้านบนสุดของลู่-ลานกรีฑาด้วยชั้นบางๆ ของ

ยางพอลิยูรีเธนอีกครั้ง ซึ่งการเคลือบผิวด้านบนสุดนี้จะไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะความหยาบของพื้นผิวแต่อย่างใด



รูปที่ 2 ภาพตัดขวางของพื้นลู่-ลานกรีฑา

จากภาพตัดขวางของพื้นลู่-ลานกรีฑาที่ทำจากยางพอลิยูรีเธนจะเห็นได้ว่าประกอบไปด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ยางพอลิยูรีเธนซึ่งทำหน้าที่เป็นเมทริกซ์ (matrix) และเม็ดยาง โดยเม็ดยางที่นิยมใช้ในการสร้างลู่-ลานกรีฑาสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 คือเม็ดยางที่ใช้ผสมกับยางพอลิยูรีเธนสำหรับเทพื้นชั้นล่างของลู่ลานกรีฑา (ส่วนใหญ่ใช้ในปริมาณที่ไม่เกิน ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก) เม็ดยางในกลุ่มนี้อาจผลิตจากยางหลากหลายชนิด เช่น ยางสไตรีนบิวตาไดอีน (SBR) ยางบิวไทล์ (IIR) หรือยางธรรมชาติ (NR) เป็นต้น เนื่องจากยางในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็นสีดำและทำหน้าที่เป็นสารตัวเติม ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงเรียกเม็ดยางในกลุ่มนี้ว่าเม็ดยางดำ

กลุ่มที่ 2 คือเม็ดยางที่ใช้สำหรับโรยหน้าลู่ลานกรีฑาเพื่อทำให้พื้นผิวลู่-ลานกรีฑามีความหยาบและตรงตามข้อกำหนดของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ เม็ดยางในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะผลิตจากยางสังเคราะห์ คือ ยางเอทธิลีนโพรพิลีนไดอีน หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่า ยางอีพีดีเอ็ม ทั้งนี้เนื่องจากมีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ความร้อน แสงแดด ออกซิเจน โอโซน รวมถึงสารเคมีต่างๆ ได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลทำให้ลู่-ลานกรีฑามีอายุการใช้งานที่ยาวนาน แม้ว่าเม็ดยางในกลุ่มนี้จะมีสีสันหลายแบบให้เลือกใช้ตามความต้องการ แต่สีแดงมักเป็นสีที่นิยมใช้กันมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจากมีราคาถูกและเป็นสีอินทรีย์ที่มีความทนทานต่อการเสื่อมสภาพได้เป็นอย่างดี ด้วยเหตุนี้ในงานวิจัยนี้จึงเรียกเม็ดยางในกลุ่มนี้ว่าเม็ดยางแดง

สำหรับลู่-ลานกรีฑาที่จะนำไปใช้งานในสนามกีฬาระดับชาตินั้น ต้องผ่านข้อกำหนดสมบัติของพื้นผิวลู่-ลานกรีฑาของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ อันได้แก่

1. **ความไม่สมบูรณ์ของลักษณะพื้นผิว** (Imperfections)

พื้นผิวลู่-ลานกรีฑาต้องไม่มีรอยตำหนิต่างๆ เช่น ฟองอากาศ (bubbles) รอยแยกหรือรอยแตก (fissures) หรือเกิดการแยกตัวของยางแต่ละชั้น (delamination)

2. **ความราบเรียบของพื้นผิว** (surface flatness)

ลู่-ลานกรีฑาต้องไม่มีรอยโป่งนูน (bumps) หรือรอยยุบ (depressions) เป็นแห่งๆ โดยมาตรฐานได้กำหนดว่าหากนำอุปกรณ์วัดที่มีผิวแบนราบหรือที่มีขอบเป็นเส้นตรง (straightedge) ความยาว 4 เมตรไปวางทาบบนพื้นผิวจะต้องไม่มีรอยยุบ หรือรอยโป่งนูนที่เกิน 6 มิลลิเมตร แต่ถ้าอุปกรณ์วัดมีความยาว 1 เมตร รอยยุบหรือรอยโป่งนูนจะต้องไม่เกิน 3 มิลลิเมตร ส่วนความไม่สม่ำเสมอที่มีลักษณะคล้ายขั้นบันได (steplike irregularity) ก็ไม่ควรมีความสูงเกินกว่า 1 มิลลิเมตร

3. **ความหนาของพื้นผิว** (surface thickness)

เนื่องจากพื้นผิวสังเคราะห์จะมีความหนาลดลงในระหว่างการใช้งาน อันเป็นผลมาจากการขัดถูและสภาพอากาศ ด้วยเหตุนี้ ลู่-ลานกรีฑาควรก่อสร้างให้มีความหนาอย่างน้อย 12 มิลลิเมตร ไม่ควรมีบริเวณใดบนลู่-ลานกรีฑาที่มีความหนาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร และบริเวณที่มีความหนาของพื้นผิวในช่วง 10 ถึง 10.5 มิลลิเมตร จะต้องมีพื้นที่ไม่เกิน ร้อยละ 5 ของพื้นที่ทั้งหมด

4. **การลดลงของแรง** (force reduction)

พื้นผิวลู่-ลานกรีฑาที่ทำจากยางสังเคราะห์เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นของแข็งที่ไม่ยืดหยุ่น เช่น พื้นคอนกรีต จะต้องลดแรงกระแทกได้ในช่วง ร้อยละ 30-50เมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิใดๆ ในช่วง 10-40°ซ. ถ้าขณะทำการทดสอบ อุณหภูมิของพื้นผิวลู่-ลานกรีฑาอยู่นอกช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ต้องนำผลการทดสอบที่ได้ไปทำการแก้ไขให้ถูกต้อง โดยการคาดคะเน (interpolation) จากกราฟที่พล็อตระหว่างการลดลงของแรงกับอุณหภูมิ วิธีการที่ใช้วัดการลดลงของแรงเรียกว่า "Berlin Artificial Athlete"

5. **การเปลี่ยนรูปร่างในแนวตั้ง** (vertical deformation)

การเปลี่ยนรูปร่างในแนวตั้งของพื้นยางสังเคราะห์เมื่อทดสอบตามมาตรฐานที่กำหนดจะต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 0.6 ถึง 1.8 มิลลิเมตร เมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิใดๆ

ในช่วง 10-40 °C ถ้าขณะทำการทดสอบ อุณหภูมิของพื้นผิวลู่-ลานกรีฑาอยู่นอกช่วงอุณหภูมิดังกล่าว ต้องนำผลการทดสอบที่ได้ไปทำการแก้ไขให้ถูกต้อง โดยการคาดคะเน (interpolation) จากกราฟที่พล็อตระหว่างการเปลี่ยนรูปร่างในแนวตั้งกับอุณหภูมิ โดยทั่วไป วิธีการที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแนวตั้งเรียกว่า "Stuttgart Artificial Athlete"

6. **ความเสียดทาน** (friction)

พื้นลู่-ลานกรีฑาต้องมีค่าความเสียดทานขณะพื้นเปียกมากกว่า 0.5 เมื่อทำการทดสอบตามมาตรฐานที่สหพันธ์กรีฑานานาชาติกำหนดหรือทดสอบตามมาตรฐาน British Transport and Road Research Laboratory Portable Skid Resistance Tester (ถ้าวัดด้วยเครื่อง TRRL จะได้ค่าเท่ากับ 47)

7. **สมบัติแรงดึง** (tensile properties)

เมื่อทำการทดสอบตามมาตรฐานที่สหพันธ์กรีฑานานาชาติกำหนด พื้นผิวสังเคราะห์ต้องมีค่าความต้านแรงดึง (tensile strength) อย่างน้อย 0.5 MPa สำหรับพื้นผิวที่ไม่มีรูพรุน (non-porous surfaces) และอย่างน้อย 0.4 MPa สำหรับพื้นผิวที่มีรูพรุน (porous surfaces) และต้องมีค่าการยืดตัว ณ จุดขาด (elongation at break) อย่างน้อย ร้อยละ 40 สำหรับพื้นผิวทุกรูปแบบ ชิ้นทดสอบสมบัติแรงดึงต้องมีลักษณะเป็นรูปดัมเบล และใช้อัตราการดึงในระหว่างการทดสอบเท่ากับ 100 มิลลิเมตรต่อนาที

8. **สี** (colour)

เมื่อตรวจสอบสีโดยใช้หนังสือคู่มือสีของ Methuen สีของพื้นผิวสังเคราะห์ต้องมีความสม่ำเสมอ (uniform) อยู่ภายในหนึ่งตำแหน่งของหนังสือคู่มือดังกล่าว โดยพื้นผิวลู่-ลานกรีฑาจะต้องแห้งสนิท

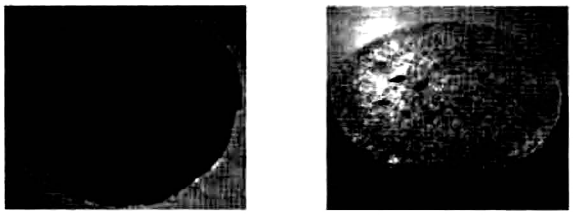
9. **การระบายน้ำ** (drainage)

เมื่อทำการราดน้ำลงบนพื้นผิวสังเคราะห์ให้ทั่วแล้วปล่อยน้ำให้ระบายออก 20 นาที ต้องไม่มีบริเวณใดบนพื้นผิวที่มีน้ำขังอยู่ (residual water) สูงเกินกว่าระดับความสูงของเนื้อพื้นผิว (texture depth)

การศึกษาวิจัยสูตรยางพอลิยูรีเธนพรีพอลิเมอร์

การวิจัยขั้นแรกนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ยางพอลิยูรีเธนชนิด two component (polyol และ isocyanate) และได้ศึกษาถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมในการเตรียมยางจาก polyol และ isocyanate นอกจากนั้นยังได้เตรียมยางพอลิยูรีเธนจากพอลิยูรีเธนชนิด one component เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นกับยางพอลิยูรีเธนชนิด two component

จากผลการทดลองสามารถประเมินผลในเบื้องต้นได้ว่าเมื่อเพิ่มปริมาณ polyol มากยิ่งขึ้นจะทำให้ยาง Polyurethane มีความเหนียวนุ่มมากยิ่งขึ้น แต่จะส่งผลทำให้ยางที่เตรียมได้เกิดการเสียรูปร่างเมื่อแกะออกจากแม่แบบ ส่วนการเพิ่มปริมาณ isocyanate ให้มากขึ้นจะทำให้พอลียูรีเธนที่ได้มีความแข็งเพิ่มมากขึ้น และพอลิยูรีเธนที่มีความเหมาะสมที่จะใช้ในการจัดสร้างลู่ - ลานกรีฑา คืออัตราส่วนของ isocyanate:polyol ในช่วง 1:2-1:3 ส่วนพอลิยูรีเธนชนิด one component จะมีการเซ็ตตัวที่ช้าโดยจะฟูและแข็งมาก แกะออกจากแบบได้ยาก จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ในการทำลู่-ลานกรีฑา โดยสรุปพบว่าเมื่อพิจารณาจากผลการเซ็ตตัว และการเกาะติดของเม็ดยางแดงที่ใช้โรยทับผิวหน้า โดยใช้การสัมผัสและการแกะชิ้นตัวอย่างออกจากแบบเป็นเกณฑ์พบว่าการใช้พอลิยูริเธน ชนิด two component ให้ผลที่ดีกว่าการใช้พอลิยูรีเธน ชนิด one component ชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาที่เตรียมขึ้นจากพอลิยูรีเธนชนิด two component และชนิด one component แสดงในรูปที่ 3



(1) (2)

รูปที่ 3 ชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาที่เตรียมขึ้นจากพอลิยูรีเธน (1) ชนิด two component และ (2) ชนิด one component

การศึกษาวิจัยสูตรเม็ดยางแดงสำหรับใช้เป็นผิวหน้าลู่-ลานกรีฑา

ผิวหน้าลู่-ลานกรีฑาที่มีใช้ในปัจจุบันผลิตจากวัสดุที่มีสมบัติดีในด้านการรับแรงกระแทก ทนต่อสภาพแวดล้อม ใช้งานได้นาน และไม่มีผลกระทบต่อสุขภาพร่างกายของนักกรีฑา วัสดุที่นิยมใช้เป็นยาง ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ทั้ง

ยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่มีสมบัติทางกายภาพเหมาะสม โดยทั่วไปยางธรรมชาติจะมีข้อเด่นในเรื่องการรับแรงกล สะสมความร้อนน้อย ทนต่อการสึกหรอในระดับดี ทนแรงดึงสูง แต่ไม่ทนต่อการเสื่อมสภาพเนื่องจากโอโซนและความร้อน ซึ่งจะมีผลต่อการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้นิยมใช้ยางสังเคราะห์เป็นผิวหน้าลู่-ลานกรีฑา และที่นิยมใช้มากคือยางอีพีดีเอ็ม (EPDM : Ethylene Propylene Diene Monomer) ซึ่งเป็นโคพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ประกอบด้วยโมโนเมอร์ 3 ชนิด โดยมีอัตราส่วนของโมโนเมอร์ที่แสดงลักษณะการยืดหยุ่นหรือความเป็นอิลาสติค (elastic) รายงานในรูปความไม่อิ่มตัว (unsaturation) ประมาณไม่เกินร้อยละ 10 อย่างไรก็ดี ยางอีพีดีเอ็มนี้มีแหล่งการผลิตในต่างประเทศ สำหรับประเทศไทยจะต้องนำเข้ามาในราคาสูง เนื่องจากประเทศไทยผลิตยางธรรมชาติได้เป็นอันดับหนึ่งของโลก แต่ยังมีการใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อการส่งออก หรือเพื่อทดแทนการนำเข้า ในอัตราส่วนที่น้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิต ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงจะทดลองสูตรที่ใช้ยางธรรมชาติเข้าไปทดแทนยางสังเคราะห์อีพีดีเอ็มบางส่วน เพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มการใช้ยางธรรมชาติในประเทศให้มากขึ้น และสามารถลดต้นทุนวัตถุดิบในการผลิตเม็ดยางแดงได้

ทั้งนี้ได้พัฒนาสูตรเม็ดยางแดงขึ้นหลายสูตร คือ มีอัตราส่วน ยางธรรมชาติ : ยางสังเคราะห์อีพีดีเอ็ม แตกต่างกัน คือ สูตรที่ประกอบด้วยยางธรรมชาติล้วน (100 : 0) ยางธรรมชาติ:ยางสังเคราะห์อีพีดีเอ็มเป็น (75 : 25) (60 : 40), (50 : 50) และ (25 : 75) และยางอีพีดีเอ็มล้วน (0 : 100) ตลอดจนศึกษาถึงอิทธิพลของสารตัวเติมชนิดต่างๆ ต่อสมบัติของเม็ดยางแดงที่ได้ ผลจากการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำยางธรรมชาติไปใช้ในการผลิตเม็ดยางแดง พบว่ายางธรรมชาติมีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วและยางก็เกิดการเปลี่ยนเฉดสีได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนและแสงแดด ด้วยเหตุนี้จึงมีความประสงค์ที่จะนำเทคโนโลยียางผสม (rubber blend technology) มาประยุกต์ใช้โดยการศึกษาความเป็นไปได้ของการนำยางผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางอีพีดีเอ็มมาใช้ในการผลิตเม็ดยางแดง ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าการนำยางธรรมชาติมาผสมกับยางอีพีดีเอ็มที่สัดส่วน 60 : 40 จะทำให้ยางผสมที่ได้มีความทนทานต่อความร้อนและโอโซนอยู่ในระดับที่น่าพอใจ การเพิ่มสัดส่วนของยางธรรมชาติให้สูงขึ้นจะส่งผลทำให้ยางผสมที่ได้มีสมบัติความทนทานต่อการเสื่อมสภาพลดลงอย่างรวดเร็ว

การศึกษาและพัฒนาสูตรเม็ดยางดำสำหรับใช้เป็นสารตัวเติม

ขั้นตอนนี้เป็นการศึกษาเพื่อเตรียมเม็ดยางดำจากยางธรรมชาติเพื่อทดแทนยางอีพีดีเอ็มจากต่างประเทศที่เป็นที่นิยมใช้ ซึ่งยางอีพีดีเอ็มเป็นยางสังเคราะห์ที่มีราคาแพง ดังนั้นเพื่อที่จะสนับสนุนการใช้ยางธรรมชาติภายในประเทศจึงได้ออกสูตรการผสมเคมียางจำนวน 3 สูตร โดยใช้ยางธรรมชาติทั้งหมดและทำการปรับเปลี่ยนปริมาณของสารตัวเติม (แคลเซียมคาร์บอเนต) จาก 0 ถึง 200 phr จากนั้นก็ทำการผสมยาง ขึ้นรูปและคงรูปยางให้เป็นแผ่น และท้ายสุดก็นำยางแผ่นที่ได้ไปบดให้เป็นเม็ดเล็กๆ เพื่อนำไปทดลองใช้เป็นสารตัวเติมในการเตรียมพื้นลู่ลานกรีฑาต่อไป ทั้งนี้พบว่าการเพิ่มปริมาณของแคลเซียมคาร์บอเนตส่งผลทำให้เม็ดยางดำมีความหนาแน่นและความแข็งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย

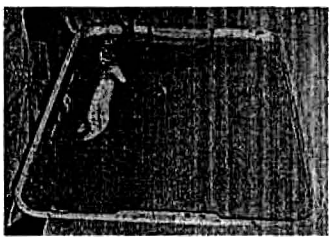
นอกจากนั้นยังได้ศึกษาความเป็นไปได้ของการนำยางผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางรีเคลมมาใช้ในการผลิตเม็ดยางดำ ทั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนในการผลิต ดังนั้น จึงได้มีการทดลองออกสูตรเคมียางจำนวน 3 สูตร โดยทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนการผสมระหว่างยางธรรมชาติและยางรีเคลม ในสัดส่วนการผสมที่แตกต่างกัน คือใช้สัดส่วน ยางธรรมชาติ : ยางรีเคลม เท่ากับ 40 : 60, 60 : 40 และ 80 : 20 ตามลำดับ จากข้อมูลจะพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของยางรีเคลมส่งผลทำให้ยางที่ได้มีความแข็งและความหนาแน่นสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากในยางรีเคลมมีสารตัวเติม (เช่น เขม่าดำ) ผสมอยู่ นอกจากนี้ยังพบว่าระยะเวลาที่ทำให้เกิดยางตายหรือที่เรียกในภาษาเทคนิคว่าเวลาสกอร์ช (scorch time) ของยางมีแนวโน้มลดลงในขณะที่ระยะเวลาการคงรูป (cure time) กลับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มสัดส่วนของยางรีเคลม เนื่องจากสมบัติเชิงกลของเม็ดยางดำไม่มีความสำคัญมากนักต่อการใช้งาน ดังนั้น จึงได้ศึกษาเพื่อลดต้นทุนการผลิตเม็ดยางดำโดยการนำยางรีเคลมมาผสมกับยางธรรมชาติด้วยสัดส่วนต่างๆ กัน จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มสัดส่วนของยางรีเคลมส่งผลทำให้เม็ดยางดำมีความหนาแน่นและความแข็งสูงขึ้น

การเตรียมชิ้นทดสอบจากพอลิยูรีเธน เม็ดยางดำ และเม็ดยางแดง

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมชิ้นตัวอย่างลู่-ลานกรีฑาขนาด 30 x 60 เซนติเมตรโดยใช้อัตราส่วนพอลิยูรีเธน เม็ดยางดำ และเม็ดยางแดงสูตรต่างๆ ตลอดจนใช้เทคนิคการเตรียมที่แตกต่างกันไป โดยขั้นตอนและวิธีการเตรียมชิ้นตัวอย่างลู่-ลานกรีฑาได้แสดงในรูปที่ 4

(1) ผสม isocyanate กับ Polyols และเม็ดยางดำ

(2) เทลงบนถาดและเกลี่ยให้ได้ระดับ



(3) เทส่วนผสมชั้นบนซึ่งเป็นน้ำยางพอลิยูรีเธน

(4) โรยเม็ดยางแดง

รูปที่ 4 การเตรียมชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑา

ผลการทดสอบสมบัติของพื้นลู่-ลานกรีฑาตามมาตรฐานของสหพันธ์กรีฑานานาชาติ

จากผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบเทคนิคที่ใช้ในการเตรียมชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาระหว่างเทคนิคการเทน้ำยางพอลิยูรีเธนก่อนแล้วโรยเม็ดยางบนน้ำยางและเทคนิคการผสมเม็ดยางให้เข้ากับน้ำยางพอลิยูรีเธนก่อนเทพื้นลู่-ลาน จากนั้นทำการทดสอบชิ้นตัวอย่างที่ได้จากการเตรียมทั้งสองเทคนิคตามวิธีมาตรฐานดังกล่าวข้างต้น จากผลการทดลองพบว่าเทคนิคการผสมเม็ดยางให้เข้ากับน้ำยางพอลิยูรีเธนก่อนเทพื้นลู่-ลานให้ชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาที่มีสมบัติแรงดึงดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาที่เตรียมโดยเทคนิคการเทน้ำยางพอลิยูรีเธนก่อนแล้วโรยเม็ดยางบนน้ำยาง โดยเฉพาะค่าความยืดเมื่อขาด ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติการยึดเกาะระหว่างเม็ดยางกับน้ำยางพอลิยูรีเธนที่ดีขึ้น นอกจากนี้ยังศึกษาอัตราส่วนของน้ำยางพอลิยูรีเธนที่เหมาะสมที่สุดจากช่วง 1 : 2 - 1 : 3 ซึ่งเป็นผลการทดลองเบื้องต้นในหัวข้อการศึกษาวิจัยสูตรยางพอลิยูรีเธนพรีพอลิเมอร์ ผลการทดลองสมบัติของพื้นลู่-ลานกรีฑาที่ได้แสดงให้เห็นว่า อัตราส่วนระหว่าง isocyanate : polyol ที่เหมาะสมที่สุดเป็น 1 : 2.2

ส่วนการเปรียบเทียบผลของเม็ดยางดำที่ใช้โดยใช้เม็ดยางดำสูตรผสมระหว่างยางธรรมชาติกับยางรีเคลมที่พัฒนาขึ้นและใช้เม็ดยางดำบด (crumb rubber) ซึ่งมีราคาถูกกว่ามากพอสมควร พบว่า ชนิดของเม็ดยางดำมีผลน้อยมากต่อสมบัติของชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑา โดยเฉพาะสมบัติการยุบตัวในแนวตั้ง ในทางกลับกันชนิดของเม็ดยางแดงมีผลอย่างมีนัยต่อสมบัติต่างๆ ของชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑา โดยพบว่าเม็ดยางแดงสูตรที่พัฒนาทำขึ้นโดยคณะผู้วิจัย ซึ่งเตรียมจากยางธรรมชาติมาผสมกับยางอีพีดีเอ็มที่สัดส่วน 60 : 40 ให้พื้นลู่-ลานกรีฑาที่มีสมบัติดีกว่าการใช้เม็ดยางแดงอีพีดีเอ็มที่มีขายอยู่ในท้องตลาด ซึ่งอธิบายได้ว่าการเพิ่มขึ้นของยางธรรมชาติที่ใช้เตรียมเม็ดยางแดงส่งผลให้สมบัติแรงดึงของชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑาดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติความยืดหยุ่น (elasticity) ที่สูงของยางธรรมชาติ โดยผลการทดสอบสมบัติต่างๆ ของพื้นลู่ลานกรีฑาสูตรที่ดีที่สุดแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งสูตรนี้ประกอบด้วยอัตราส่วนของ isocyanate : polyol เป็น 1 : 2.2 ใช้เม็ดยางดำจาก crumb rubber และเม็ดยางแดงสูตรยางธรรมชาติ : อีพีดีเอ็ม เท่ากับ

60 : 40 พบว่าสมบัติที่ได้ทั้งค่าการลดลงของแรงกระแทก ค่าการยุบตัวในแนวตั้ง ค่าแรงเสียดทานของพื้นผิว และสมบัติแรงดึง ผ่านค่าที่กำหนดตามเกณฑ์มาตรฐานของ IAAF

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบสมบัติตามมาตรฐานโดย IAAF ของชิ้นตัวอย่างพื้นลู่ลานกรีฑาที่ได้จากห้องปฏิบัติการ

สมบัติ	มาตรฐานที่กำหนดโดย IAAF	ชิ้นตัวอย่างพื้นลู่-ลานกรีฑา
ค่าการลดลงของแรงกระแทก (%)	35 - 50	37.0 (Class A)
ค่าการยุบตัวในแนวตั้ง (mm)	0.6 - 1.8	0.78 (Class A)
ค่าแรงเสียดทานของพื้นผิว (%)	≥ 47	63.3 (Pass)
ค่าความต้านแรงดึง (MPa)	porous surface ≥ 0.4	0.40 (Pass)
ค่าความยืดเมื่อขาด (%)	≥ 40	58 (Class A)

บทสรุป

ผลการวิจัยได้สูตรและเทคนิคการทำพื้นลู่-ลานกรีฑาที่เหมาะสมที่ผ่านเกณฑ์ตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสหพันธ์กรีฑานานาชาติ ส่วนการเปรียบเทียบค่าความคุ้มทุนเชิงพาณิชย์สามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูลจากการกีฬาแห่งประเทศไทยพบว่า การประมูลทำพื้นลู่-ลานกรีฑาโดยเฉลี่ยประมาณ 12 - 15 ล้านบาท สำหรับสนามกรีฑามาตรฐาน (8 เลน) มีพื้นที่ลู่กรีฑาประมาณ 5,000 ตารางเมตร ดังนั้นเฉลี่ยตารางเมตรละ 2,400 - 3,000 บาท ดังนั้นสรุปได้ว่า งานวิจัยนี้สามารถสร้างสนามกรีฑา 1 สนาม โดยใช้เงิน 1,740 x 5000 = 8.7 ล้านบาท ซึ่งสามารถประหยัดงบประมาณได้ถึง 3.3 - 6.3 ล้านบาท ซึ่งลดลงประมาณ ร้อยละ 30 - 40 ของค่าใช้จ่ายเดิม

เอกสารอ้างอิง

American Standard of Testing Methods. Standard specification for synthetic surface running tracks F 2157-02. **In Annual Book of ASTM.** Vol.15.07. Sports equipment; safety and traction for footwear; amusement rides consumer products. Sect. 15. p.1090-1101.

Coke, Harry E. and Gill, Gary W. Synthetic running surface , **US Patent No. US4614686,** 1986.

International Association of Athletics Federation. (IAAF) Performance specifications for synthetic surfaced athletics tracks. (Outdoor) [Online] [Cite dated 6 October 2549] Available from internet : http://www.2.iaaf.org/TheSport/Technical/Tracks/PerfSpecifications.html.