อิทธิพลของความชื้นต่อสมบัติกระดาษ

จรวย ธงไชย

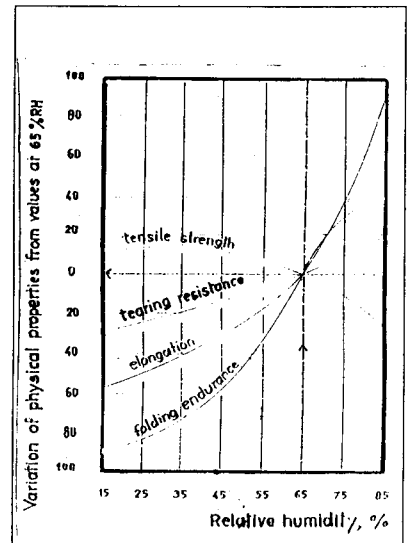
กระดาษเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งทำด้วยเส้นใยเซลลูโลสจากพืชเป็นส่วนใหญ่ และการที่เส้นใยเซลลูโลสมีสมบัติด้านการดูดซับ/คายความชื้นได้ดีและรวดเร็ว (hygroscopic) ตามสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยายกาศโดยรอบจนกระทั่งเข้าสู่สาวะที่เรียกว่า "สภาวะสมดุลความชื้น" แต่โดยทั่วไปแล้วความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศโดยรอบจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาซึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณความชื้นในกระดาษแปรตาม โดยกระดาษจะมีปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามความชื้นสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ เพื่อให้เข้าใจเรื่องนี้ดีขึ้นควรรู้จักความหมายของคำดังต่อไปนี้

ปริมาณความชื้นหมายถึง ปริมาณน้ำที่มีในกระดาษคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักกระดาษที่อุณหภูมิและความชื้นในขณะนั้น

ความชื้นสัมพัทธ์หมายถึง อัตราส่วนของปริมาณไอน้ำในอากาศที่มีอยู่จริงต่อปริมาณไอน้ำอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน หน่วยเป็นร้อยละ

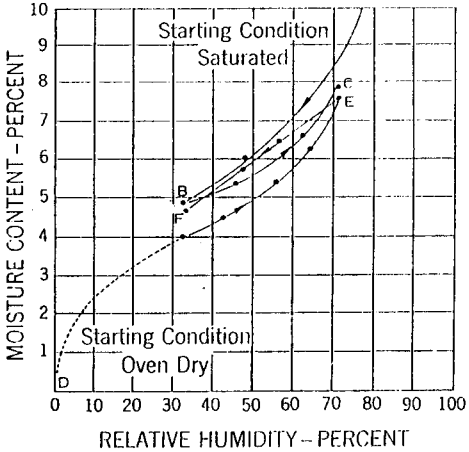
ปริมาณความชื้นในกระดาษนี้จะมีผลทำให้แรงยึดเกาะระหว่างเส้นใยของกระดาษเปลี่ยนไป เกิดการยืด/หดตัวของเส้นใยในกระดาษ อันเป็นปัจจัยทำให้ลักษณะทางกายภาพของกระดาษเปลี่ยนแปลงไปด้วยกล่าวคือ อาจเกิดการโก่งงอ (curl) เป็นคลื่น (cockle) ซึ่งการที่กระดาษเป็นคลื่นนี้เป็นผลอันเนื่องมาจากการยืด/หดตัวของเส้นใยในกระดาษ หรือกระดาษได้รับความชื้นทั้งสองด้านไม่เท่ากัน พบได้ในกระดาษที่มีการเคลือบผิวเพียงด้านเดียว หรือกระดาษที่วางซ้อนกันมาก ๆ ทำให้ด้านที่สัมผัสกับบรรยากาศได้รับความชื้นมากกว่าอีกด้านหนึ่ง กระดาษจะโก่งงอได้ หรือในกรณีที่กระดาษตัดริมวางซ้อนกันมากเป็นตั้ง ๆ ในสภาวะที่ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศสูงมาก กระดาษจะเกิดเป็นคลื่นบริเวณริมแผ่นกระดาษ หรือเกิดการรัดตัวของริมกระดาษที่เรียกว่าริมตึง เพราะความชื้นสัมพัทธ์ของบรรยากาศต่ำเส้นใยเกิดการหดตัว ทำให้บริเวณริมของแผ่นกระดาษหดตัวได้มากกว่าบริเวณกลางแผ่น หรืออาจเกิดการเปลี่ยนแปลงความหนาของกระดาษ เนื่องจากเกิดการยืด/หดตัวในแนวตั้งฉากกับแผ่นกระดาษ

นอกจากนี้ยังมีผลเป็นอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของกระดาษอีกด้วย กล่าวคือเมื่อปริมาณความชื้นในกระดาษลดลง ความต้านทานแรงดึงและ ความต้านทานแรงดันทะลุเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันความต้านทานแรงฉีกขาด ความทนทานต่อการหักพับ การยืดตัวของกระดาษจะลดลง ในทางกลับกันเมื่อความชื้นในกระดาษมากขึ้น ความต้านทานแรงดึง ความต้านทานแรงดันทะลุจะลดลง แต่ความต้านทานแรงฉีกขาด ความทนทานต่อการหักพับ และการยืดตัวของกระดาษจะเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 1



Variations of Paper Properties with Relative Humidity

อย่างไรก็ตามกระดาษชนิดเดียวกันและอยู่ในสภาวะทดสอบเดียวกัน อาจมีความชื้นแตกต่างกันได้ ถ้าหากว่ากระดาษชนิดเดียวกันนั้น ตัวอย่างหนึ่งถูกเก็บไว้ในสภาวะที่มีความสัมพัทธ์สูงและอีกตัวอย่างหนึ่งถูกเก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมาก่อน ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า moisture hysteresis โดยเมื่อนำกระดาษดังกล่าวทั้งสองตัวอย่างมาเก็บในสภาพการทดสอบเป็นเวลานานตามที่มาตรฐานกำหนดหรือจนกระทั่งสมดุล ผลปรากฏว่าตัวอย่างกระดาษซึ่งเคยเก็บในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำมาก่อนเล็กน้อยดังรูปที่ 2



Effects of changes in relative humidity on the maisture content of paper

จากรูปตัวอย่างชนิดเดียวกันเก็บไว้ที่สภาวะความชื้นสัมพัทธ์แตกต่างกัน คือ

A = สภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูงมาก ๆ (saturated condition) เมื่อปรับสภาวะความชื้นสัมพัทธ์ให้น้อยลงมาที่ B เส้นกราฟแสดงความชื้นในกระดาษคือแนว AB

D = สภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่ำซึ่งเป็นสภาวะที่กระดาษแห้งมาก (oven dry condition) เมื่อรับความชื้นสัมพัทธ์ให้สูงขึ้นมาที่ E เส้นกราฟแสดงความชื้นในกระดาษคือแนว DE จากรูป เมื่อพิจารณาที่ระดับความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันจะเห็นว่าความชื้นของกระดาษที่เก็บจากสภาวะที่ต่างกันมาก ๆ เมื่อนำมาเก็บในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์เดียวกันแล้วก็ยังคงมีความชื้นที่แตกต่างกัน อันเป็นพฤติกรรมของกระดาษเอง เช่น เมื่อพิจารณาที่ความชื้นสัมพัทธ์ที่ร้อยละ 65 พบว่า

- กระดาษที่เก็บที่จุด A มาก่อนจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 7.7
- กระดาษที่เก็บที่จุด B มาก่อนจะมีความชื้นประมาณร้อยละ 6.3

ความชื้นในกระดาษแตกต่างกันประมาณร้อยละ 1.4

การที่ความชื้นในกระดาษแตกต่างกันนี้ จะทำให้ผลการทดสอบสมบัติทางกายภาพแตกต่างกัน ดังนั้นเพื่อลดอิทธิพลของ moisture hyateresis ต้องผ่านขบวนการที่เรียกว่า preconditioning คือนำตัวอย่างมาเก็บในสภาวะที่ต่ำกว่าสภาวะทดสอบตามมาตรฐานกำหนด (ในประเทศไทยสภาวะการทดสอบที่ใช้คือ อุณหภูมิ 27 ± 1 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 2) ตาม Tappi T 502 การทำ preconditioning โดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 22-40 °ซ. ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 10 - 35 เพื่อช่วยให้กระดาษที่ผ่านการเก็บไว้ในสภาวะที่มีความชื้นสัมพัทธ์ต่างกันให้มีความชื้นในกระดาษใกล้เคียง และเมื่อนำมาทดสอบในสภาวะที่กำหนดเป็นผลให้สมบัติทางกายภาพของกระดาษแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ (เส้น CF)

อย่างไรก็ตาม ถ้ากระดาษได้รับความชื้นสูงมากจนเกิดการคลายตัวของความเค้น (stress relaxation) ทำให้กระดาษสูญเสียความทรงรูปและความต้านทานแรงดึง การทำ preconditioning ก็ไม่สามารถทำให้ กระดาษดีดังเดิมได้

ตารางแสดงผลของ moisture hysteresis

ตัวอย่างกระดาษชนิดเดียวกันเก็บในสภาวะเริ่มแรกต่างกัน ทำให้ความชื้นในกระดาษแตกต่างกันเมื่อนำมาเก็บในห้องควบคุมสภาวะการทพสอบเดียวกันที่ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 45 เป็นเวลานานตามที่มาตรฐานกำหนด หรือจนกระทั่งสมดุล ปรากฏว่าความชื้นในกระดาษยังคงแตกต่างกัน ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1

Equilibrium Moisture Content of a Typical Offset Paper

Original Moisture Content of Sample,%	Approximate Moisture Content After Coming to Equilibrium at 45 Percent Relative Humidity,%
Bone Dry	4.7
2.0	4.9
4.0	5.2
6.0	5.4
8.0	5.6
10.0	5.7
14.0	5.8

เอกสารอ้างอิง

Clark, Jame d' A. **Pulp technology and treatment for paper.** 2nd ed. rev. and enl. San Francisco, Clif. : Miller Freeman, 1985. p. 826-838.

Plup and paper : chemistry and chemical technology edited by James P. Casey. 3ed ed. New York : Wiley Interscience, 1980. p. 1768.