ศูนย์บริการเอกสารการวิจัยฯ
RP1984/709
Paints

ภ. 20—33 / รายงานฉบับที่ 3

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

# สี

โดย
**กรรณิการ์ สถาปีตานนท์**

วท., กรุงเทพ ฯ 2527
ไม่พิมพ์เผยแพร่

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

โครงการวิจัยที่ ภ. 20-33

# การผลิตสีเหล็กออกไซด์

รายงานฉบับที่ 3

สี

โดย

กรรณิการ์ สถาปิตานนท์

วท., กรุงเทพฯ 2527

# PAINTS

By Kannika Sthapitanonda

## ABSTRACT

Paints comprise of a very wide range of raw materials: resins, solvents, inorganic pigments and organic-inorganic additives. Paints will not only protect the surfaces of many objects, but also provide a decorative effect. Paint coatings are very diversified, but despite this wide variety they may be classified into two general groups, architectural coatings and industrial coatings. This report describes many types of paints, constituents, formulation,production, application and paint industry in Thailand.

# สี

โดย กรรณิการ์ สถาปิตานนท์*

บทคัดย่อ

สีประกอบด้วยวัตถุดิบหลายชนิด ได้แก่ เรซิน, ตัวทำละลาย, ผงสีซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ และส่วนผสมอื่นที่เป็นทั้งสารอินทรีย์และอนินทรีย์. สีมีประโยชน์ในการเคลือบผิววัสดุเพื่อป้องกันการผุกร่อน ทำให้เกิดความสวยงามและเป็นสัญญลักษณ์ต่าง ๆ. สีอาจจำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทคือ สีที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมและสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม. รายงานฉบับนี้กล่าวถึงสีชนิดต่าง ๆ องค์ประกอบของสี, การกำหนดส่วนผสม, การผลิตสี, การใช้งาน และอุตสาหกรรมสีในประเทศไทย.

## บทนำ

อุตสาหกรรมสีเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมเคมี (Longman 1972) เนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตสีเป็นสารเคมีทั้งอินทรีย์และอนินทรีย์ซึ่งได้มาจากการสังเคราะห์และจากธรรมชาติ. ประโยชน์ของสี คือ ใช้เคลือบผิววัสดุเพื่อให้มีความสวยงาม และรักษาวัสดุให้คงทนรวมทั้งใช้เป็นสัญญลักษณ์ต่าง ๆ ด้วย. สีอาจจำแนกออกเป็น 2 ประเภท (Payne 1967) คือ สีที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรม (Architectural coating) และสีที่ใช้ในงานอุตสาหกรรม (Industrial coating). สีที่ใช้ในงานสถาปัตยกรรมเป็นสีที่ใช้ในการก่อสร้างและตกแต่ง เช่น บ้าน, สำนักงาน, โรงงาน, สะพาน และโครงสร้างเหล็ก. ส่วนสีที่ใช้ในอุตสาหกรรม ได้แก่ สีที่ใช้กับโลหะ, ไม้, กระดาษ, สิ่งทอ, หนัง, แก้ว และพลาสติก เช่น รถยนต์, เรือ, ท่อส่งน้ำ, เครื่องอุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น.

---

*สาขาวิจัยอุตสาหกรรมเคมี, สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

ความหมายของสี (Paint) คือ สารละลายที่มีผงสี (Pigment) กระจายตัวอยู่ในสิ่งนำสี (Vehicle), แห้งได้เองในอากาศหรือโดยการอบ แล้วตัวทำละลายระเหยไป อาจเกิดหรือไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีก็ได้ก่อนจะกลายเป็นฟิล์มแข็ง. สำหรับสิ่งนำสีหมายถึงส่วนที่เป็นของเหลวของสี ได้แก่ สารยึด (Binder) หรือเรซิน (Resin) ตัวทำละลายและสารละลายต่าง ๆ ที่ละลายได้ในส่วนที่เป็นของเหลวนี้.

สีที่ใช้ในการก่อสร้างและตกแต่งแบ่งตามชนิดของตัวทำละลาย (Solvent) ได้เป็น 2 ประเภท คือ สีน้ำ (Water-based paint) และสีน้ำมัน (Oil หรือ Solvent-based paint). สีน้ำเป็นสีที่มีผงสีและเรซินกระจายตัวอยู่ในน้ำ, ส่วนสีที่ใช้ในการก่อสร้างอีกชนิดหนึ่งคือสีซีเมนต์จะอยู่ในสภาพเป็นผงต้องผสมน้ำทันทีก่อนใช้งาน. สำหรับสีน้ำมันนิยามได้ว่าเป็นวาร์นิชที่มีผงสี (Pigmented varnish) หรือจะเรียกว่าสีเคลือบ (Enamel) ก็ได้, ซึ่งความหมายของวาร์นิช (Varnish) คือ เป็นสารละลายชนิดใสของน้ำมันแห้งเอง (Drying oil) หรือน้ำมันแห้งเองผสมเรซินกับตัวทำละลายจำพวกไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon). อาจเติมสารเร่งแห้ง (Drier) หรือคะตะลิสท์ (Catalyst) ช่วยให้แห้งเร็วด้วย, เมื่อเคลือบผิววัสดุจะแห้งโดยตัวทำละลายระเหยไป อาจเกิดหรือไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีก็ได้ ก่อนจะเป็นฟิล์มใสและแข็ง. ส่วนสีที่ใช้กับเครื่องเรือน คือ สีแลกเกอร์ (Lacquer) เมื่อเคลือบผิววัสดุจะแห้งเป็นฟิล์มแข็งเนื่องจากตัวทำละลายระเหยไปเท่านั้น. สีตกแต่งอีกประเภทหนึ่งที่อำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้ได้มาก คือ สีสเปรย์ หรือ Aerosol paint, เป็นสีแลกเกอร์ ใส่ไว้ในกระป๋องเล็ก ๆ ซึ่งทำด้วยเหล็กอาบดีบุก (Tinplate) หรืออะลูมิเนียม แล้วอัดก๊าซ เช่น Propane, Butane หรือ Chloro fluorocarbons, มีหัวสำหรับฉีดซึ่งกดพ่นได้ทันทีเมื่อต้องการใช้งาน (Hinrichs and Hefner 1983).

สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมมีทั้งประเภท Solvent-based system และ Solventless system. โดยประเภทแรกมีเรซินสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบและมีตัวทำละลายช่วยปรับความข้นเหลว, ซึ่งบางชนิดเป็น 2-Components system ต้องผสมเรซินกับสารช่วยแข็ง (Hardener) เข้าด้วยกันทันทีก่อนใช้งาน. ส่วนสีชนิด Solventless system นั้น เป็นสีที่ไม่มีตัวทำละลายผสมอยู่ด้วย เป็นสีผง (Powder paint) ต้องทำให้เกิดประจุไฟฟ้าก่อนเคลือบ, และผิววัสดุที่จะเคลือบต้องเกิดประจุไฟฟ้าได้ด้วยจึงจะเคลือบได้ เคลือบโดยวิธี Electrostatic spray. สีประเภทนี้ใช้เคลือบโลหะ เช่น หม้อหุงข้าวไฟฟ้า, ตู้เย็น, เตาแก๊ส เป็นต้น. สีอีกชนิดหนึ่งป้องกันการผุกร่อนบนผิวโลหะได้ดี คือ Cathodic electropaint ใช้เคลือบท่อส่งน้ำที่อยู่ใต้ดิน หรือทาเรือ เนื่องจากสามารถทำให้โลหะ

ที่เคลือบอยู่มีสภาพเป็น Cathode ซึ่งต้านประจุไฟฟ้าบวกที่เกิดจากปฏิกิริยาในการผุกร่อนได้. ปัจจุบันหลายประเทศนิยมใช้ Cathodic electropaint กับอุตสาหกรรมรถยนต์โดยใช้เป็นสีรองพื้นตัวถังด้วย (Cathodic Resin Plant Commissioned 1982).

<u>องค์ประกอบของสี</u>

สีประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญ คือ สารยึด (Binder), ผงสี (Pigment), ตัวทำละลาย (Solvent), และตัวเติม (Additive).

<u>สารยึด</u> (Binder) คือ สารที่กลายเป็นฟิล์มแล้วยึดติดกับผิววัสดุหลังจากตัวทำละลายระเหยไปแล้ว ได้แก่ เรซินต่าง ๆ. การเกิดฟิล์มนี้อาจเนื่องมาจากมีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นหรือไม่มีปฏิกิริยาเคมีก็ได้. เรซินเป็นส่วนสำคัญที่แสดงคุณภาพต่าง ๆ ของสี ได้แก่ ประสิทธิภาพในการละลาย, ความยากง่ายเมื่อใช้งาน, ความติดแน่นกับผิววัสดุ, ความแข็ง, ความยืดหยุ่น, ความเปราะ, ความทนทานและระยะเวลาการแห้ง. นอกจากนี้ ยังรวมถึงความต้านทานต่อความชื้น, ออกซิเจน, แสงสว่างและความร้อนอีกด้วย.

การเกิดฟิล์มเนื่องจากปฏิกิริยาเคมี สารยึดมีน้ำหนักโมเลกุลไม่มากนัก ละลายได้ดีในตัวทำละลายจำพวกไฮโดรคาร์บอน. ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นแบบ Chemical crosslinking. หลังปฏิกิริยาน้ำหนักโมเลกุลจะมากขึ้น ได้ฟิล์มที่มีคุณสมบัติทางกายภาพดีและทนทานต่อสารเคมีด้วย. สารยึดพวกนี้เป็น Convertible type (Boxall 1981) ได้แก่ Drying oils, Alkyd, Epoxy, Polyurethane, Amino Phenolic และ Thermosetting acrylic.

การเกิดฟิล์มที่เนื่องมาจากการระเหยของตัวทำละลายนั้น สารยึดเป็น Non-convertible type มีน้ำหนักโมเลกุลมากอยู่แต่เดิม, ละลายยากในตัวทำละลายจึงอยู่ในสภาพกระจายตัวหรือแขวนลอยอยู่ในตัวทำละลาย ได้แก่ Vinyl หรือ Acrylic polymers. ที่กระจายตัวอยู่ในน้ำ เป็นสีน้ำ หรือสีอิมัลชั่น (Emulsion paint). สารยึดอื่น ได้แก่ Nitrocellulose, Cellulose esters, Cellulose ethers, Chlorinated rubber และเรซินสำหรับทำ Spirit varnish. ถึงแม้ว่าสารยึดเหล่านี้จะเกิดฟิล์มเนื่องมาจากการระเหยของตัวทำละลาย แต่ก็สามารถผสมเข้ากับสารยึดชนิดอื่นที่เกิดฟิล์มเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีได้.

ผงสี (Pigment) เป็นผงละเอียดซึ่งไม่ละลายในสารยึดและตัวทำละลาย จึงอยู่ในลักษณะกระจายอยู่ในสีหรือฟิล์มสี ตัวอย่างเช่น Titanium dioxide, Iron oxide และ Zinc chrome. ผงสีช่วยให้เกิดสี ความทึบแสง บางชนิดช่วยต้านทานการผุกร่อนด้วย. ผงสีอีกประเภทหนึ่งเรียก Extender pigment หรือตัวผสมเพิ่ม มีส่วนทำให้ความทึบแสงลดลง และความเงาน้อยลง, แต่ช่วยให้สีไม่แยกชั้น ใช้งานง่าย. เมื่อแห้งเป็นฟิล์มก็ขัดได้ไม่ยากจึงช่วยในการตกแต่งผิววัสดุในกรณีที่ใช้ทำเป็นสีประเภทยาหรืออุดรูรอยต่าง ๆ, และที่สำคัญคือตัวผสมเพิ่มช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้เนื่องจากมีราคาถูกกว่าผงสี ตัวอย่างเช่น Barium sulphate, Calcium carbonate, China clay หรือ Kaolin (Hydrated aluminium silicate).

ผงสีส่วนใหญ่เป็นสารอนินทรีย์, ส่วนสารอินทรีย์จำพวก Dyestuff นั้น ละลายได้ในตัวทำละลาย มักใช้เพื่อให้เกิดสีชนิดใส (Transparent colour).

ตัวทำละลาย (Solvent) เป็นของเหลวที่ระเหยได้ ใช้ละลายสารยึดเพื่อลดความหนืดในขณะผลิตสี ได้แก่ Aliphatic และ Aromatic hydrocarbons ที่มาจากปิโตรเลียมซึ่งตามปกติจะใช้ผสมกันเพื่อให้มีจุดเดือดตามต้องการ. ตัวทำละลายชนิด Weak aliphatic รวมทั้ง Normal paraffins, Isoparaffins (ใช้เป็นตัวทำละลายชนิดไม่มีกลิ่น) และ Naphthenes ใช้กับสีก่อสร้างที่แห้งได้เองในอากาศ. ส่วนตัวทำละลายชนิด Strong aromatic ซึ่งประกอบด้วย Toluene, Xylenes และ Trimethyl benzenes มักใช้ผสมกับตัวทำละลายชนิดอื่น. ตัวทำละลายที่มีออกซิเจนอยู่ด้วย เช่น Alcohols, Ketones, Esters และ Glycol ethers ส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมสีพ่นรถยนต์, สีแลกเกอร์ และสีที่มีความทนทานต่อสารเคมี.

ทินเนอร์ (Thinner) เป็นตัวทำละลายที่ใช้ลดความหนืดของสีขณะใช้งาน, เป็นสารผสมของ Ethyl acetate, n-Butyl acetate, n-Butyl alcohol และ Toluene.

สารเร่งแห้ง (Drier) เป็นตัวเติมที่ใส่ลงในสีสำหรับเป็นคะตะลิสท์ให้สีแห้งโดยอาศัยออกซิเจนในอากาศ. ตามปกติสารเร่งแห้งเป็นสารละลายจำพวก Metallic salts ของ Organic acids เช่น Cobalt naphthenate, Lead naphthenate. Metal radical ช่วยในการแห้ง แต่ Acidic radical ช่วยเกี่ยวกับการละลาย. คุณสมบัติของสารเร่งแห้งที่สำคัญ คือ ไม่เสื่อมคุณภาพเร็ว, สีดีรวมตัวกับสารยึดง่าย และมีปริมาณโลหะที่ควบคุมได้. โลหะที่ทำให้เกิดการแห้งที่ผิว คือ Cobalt มักใช้รวมกับตะกั่วจึงจะทำให้สารยึดแห้งได้ตลอด. ส่วน Manganese นั้น ทำให้เกิดการแห้ง

ที่ผิวและการแห้งตลอด แต่ทำให้สีของสารยึดเข้มขึ้น. Calcium ก็เป็นสารเร่งแห้งใช้ผสมกับ Cobalt แทนตะกั่วสำหรับสีที่ไม่ต้องการให้มีตะกั่ว.

Softeners หรือ Plasticizers คือ สารที่เติมลงไปในสารยึดเพื่อช่วยในการยืดหยุ่น มี 2 ประเภท คือ External และ Internal plasticizers. สำหรับ External plasticizers เป็นพวก Polar solvent ที่มีจุดเดือดสูงซึ่งสามารถลดแรงดึงระหว่าง Polymer chains ได้ เช่น Dibutyl phthalate ใช้กับ Nitrocellulose และ Polyvinyl acetate. ส่วน Internal plasticizers เป็นพวก Softer polymers จะแปรสภาพทางเคมีของสารยึดโดยทำให้เกิด Copolymerization เช่น Butyl methacrylates ใช้กับ Acrylic polymers หรือ Vinyl propionate ใช้ Polyvinyl acetate เป็นต้น. Plasticizers ควรเป็นสารที่ไม่ระเหย, รวมตัวกับสารยึดได้ และมีความทนทานต่อความชื้น, ออกซิเจน, แสงและความร้อน; อาจทนทานต่อน้ำมัน, สารเคมี และทนไฟด้วย.

Anti-skinning agents คือ สารกันการเกิดฝาที่ผิวหน้าของสี. สีที่แห้งได้เองในอากาศจะเกิดฝาในระหว่างผลิตหรือเก็บรักษาในภาชนะบรรจุ, ทั้งนี้เนื่องมาจาก Autoxidative polymerization ซึ่งแก้ไขได้โดยเติมสารกันการเกิดฝาลงไปเล็กน้อย. สารพวกนี้ระเหยได้ไม่เร็วนัก เช่น Methyl ethyl ketoxime, Butyraldoxime และ Dipentene.

สารลดความเงา (Flatting agent) เป็นตัวเติมที่ใส่ลงในสีเพื่อให้ความเงาของฟิล์มลดน้อยลง. เป็นสารซึ่งมีคุณสมบัติไม่ละลายในสารยึดแต่กระจายตัวอยู่ในสี จึงมีความละเอียดเป็นพิเศษ. สารลดความเงามักเป็นพวก Metallic stearates เช่น Aluminium stearate. นอกจากนี้ยังมีพวก Silica และ Silicates ชนิดเป็นผงละเอียด.

Suspension agents คือ สารที่ช่วยการกระจายตัวของผงสีในสีและกันไม่ให้สีแยกชั้นในระหว่างเก็บรักษา, เมื่อต้องการจะใช้งานก็สามารถกวนสีให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้ง่าย. สารพวกนี้เป็นพวก Polar ป้องกันการแยกชั้นของสีโดยทำให้สีอยู่ในสภาพ Weak gel ดังนั้น จึงช่วยควบคุมความข้นเหลวของสีด้วย. สารที่ใช้มากเป็นสารพวก Saturated fatty acid soaps (เช่น Stearates และ Palmitates) ของ Aluminium, Zinc และ Calcium. นอกจากนี้ มีสารจำพวก Complex aluminium silicates, Hydroginated castor oil, Polyamide treated oils and alkyds รวมทั้ง Soya lecithin ซึ่งใช้มากกับสีก่อสร้าง.

Preservatives เป็นสารที่เติมลงในสีเพื่อป้องกันเชื้อรา เช่น พวก Phenyl mercury compounds, Chlorinated phenolics และ Fluorinated compounds. การเกิดเชื้อรา ขึ้นกับ pH ของสีด้วย, ถึงแม้จะเติมสารกันเชื้อราแล้วก็ต้องตรวจสอบ pH อีก. สารกันเชื้อราบาง ชนิด เช่น Mercury compounds ทำให้การกระจายตัวของผงสีในสารยึดไม่ดี ต้องผสมกับ Wetting agent หรือ Diethylene glycol ก่อนเติมลงในสี. Tri-n-butyl tin hydroxide เป็นสาร กันเชื้อราซึ่งเหมาะสำหรับสีน้ำที่มีสารยึดเป็น Polyvinylacetate.

คุณภาพของสีและความทนทานของฟิล์มสีพิจารณาได้จาก:

1. การกำหนดส่วนผสม (Formulation) การคัดเลือกชนิดและกำหนดสัดส่วนวัตถุดิบมีความ สำคัญมากที่สุด.

2. การผลิตสี (Production) จำเป็นต้องเลือกกรรมวิธีซึ่งเหมาะสมกับวัตถุดิบ.

3. การใช้งาน (Application) การเลือกใช้สีให้เหมาะสมกับสภาพของวัสดุและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการเตรียมผิววัสดุที่จะเคลือบสีและวิธีเคลือบสีมีความสำคัญอย่างยิ่ง.

4. ลักษณะการแห้งของสี (Drying and aging) เป็นสีที่แห้งได้เองในอากาศหรือโดยการ อบต้องปฏิบัติให้ถูกต้องตามประเภทของสี.

การกำหนดส่วนผสมและการผลิตสีดำเนินการโดยผู้ผลิตสี, ส่วนการใช้งานและลักษณะการแห้งของ สี ผู้ใช้สีต้องศึกษาให้ละเอียด ดังนั้น ผู้ผลิตสีและผู้ใช้สีจึงมีความสำคัญในการตัดสินคุณภาพของสีด้วย.

การกำหนดส่วนผสม

จุดประสงค์ในการกำหนดส่วนผสมของสีคือ เพื่อคัดเลือกสิ่งนำสีและผงสีให้มีอัตราส่วนเหมาะสมกัน มากที่สุดซึ่งจะทำให้ได้สีที่มีราคาต่ำสุด, การปิดบังพื้นผิวเดิม (Hiding power) สูงสุด, และมีความ เป็นเงาตามต้องการ. สีแต่ละประเภทมีองค์ประกอบหลักคล้ายกัน ความแตกต่างทางคุณภาพและราคา ขึ้นกับความสามารถในการเลือกใช้วัตถุดิบและการปรับปรุงส่วนผสมของผู้กำหนดส่วนผสม (Formulator). ส่วนผสมของสีโดยทั่วไปกำหนดเป็นปอนด์และแกลลอน โดยให้ส่วนผสมรวมทั้งหมดเป็น 100 แกลลอน. ปัจจุบันมีการกำหนดส่วนผสมเป็นระบบเมตริกด้วย (Boxall 1981), แต่การกำหนดส่วนผสมไม่ว่าจะ อยู่ในระบบใดก็ยังมีสิ่งสำคัญที่ต้องใช้พิจารณาเหมือน ๆ กัน คือ ผงสี, สารยึด, อัตราส่วนของผงสีต่อ สารยึด, สารระเหยได้, สารเร่งแห้งกับสารเร่งปฏิกิริยา และตัวเติมเพื่อปรุงแต่งคุณภาพของสี.

นอกจากนั้น ยังต้องพิจารณาถึงปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนัก (Bulking value) ด้วยเพราะเป็นส่วนที่ชี้บ่งราคาของสี. ผงสีบางชนิดอาจราคาเท่ากัน แต่ถ้าชนิดหนึ่งมีค่าปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนักสูงกว่าอีกชนิดหนึ่ง เมื่อผสมเป็นสีจะได้สีที่มีปริมาตรมากกว่าสีซึ่งผสมด้วยผงสีอีกชนิดหนึ่ง. ดังนั้น ผงสีที่มีปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนักสูงเมื่อผสมเป็นสี จึงประหยัดกว่าผงสีที่มีปริมาตรต่อหน่วยน้ำหนักต่ำ. อัตราส่วนของผงสีต่อสารยึดมีความสำคัญเมื่อใช้งานด้วย เช่น สีน้ำมันที่ต้องการความเงา อัตราส่วนของผงสีต่อสารยึดจะอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.9 : 1.0, ในขณะที่สีรองพื้นอยู่ระหว่าง 2.0 - 4.0 : 1.0 ส่วน. สีน้ำที่ใช้ทาภายใน อัตราส่วนนี้จะเป็น 4.0 - 7.0 : 1.0 และทาภายนอกเป็น 2.0 - 4.0 : 1.0 เป็นต้น. ค่าร้อยละโดยน้ำหนักของส่วนผสมมีความจำเป็นสำหรับการผลิตสีในโรงงาน, แต่คุณภาพของสีเมื่อเคลือบเสร็จแล้วต้องพิจารณาจากค่าร้อยละโดยปริมาตร หรือ Pigment Volume Concentration (PVC) และยังอาจพิจารณาจากค่า Critical Pigment Volume Concentration (CPVC) ได้ด้วย. ซึ่งค่า CPVC นี้ เป็นค่าที่สารยึดสามารถเคลือบผิวอนุภาคของผงสีทุกอนุภาคได้หมดพอดี จึงไม่มีสารยึดเหลือเป็นอิสระอยู่ มีความสัมพันธ์กับค่าการดูดกลืนน้ำมัน (Oil absorption) ของผงสีด้วย. ค่าดูดกลืนน้ำมันนี้ ถ้าผงสีใดมีค่าดูดกลืนน้ำมันต่ำ คือ ผิวของอนุภาคมีความต้านทานมิให้สิ่งนำสีเข้าเคลือบได้ง่าย เมื่อผสมเป็นสีก็กระจายตัวในสิ่งนำสียากทำให้ต้องใช้เวลาและพลังงานในการบดเพิ่มมากขึ้น.

<u>การผลิตสี</u>

สิ่งสำคัญในการผลิตสี คือ การเลือกหาวัตถุดิบและกรรมวิธีที่จะทำให้ผงสีกระจายตัวในสิ่งนำสีดีที่สุดโดยใช้ต้นทุนต่ำสุดด้วย. หลักการผลิตสีโดยทั่วไป คือ :

1. ผสม (Mixing) ผงสีกับสิ่งนำสีให้มีลักษณะเป็นสีข้นเหมาะสมสำหรับบด เรียกว่า Paste.

2. บด (Grinding) ด้วยเครื่องบด (Mill) จนละเอียดได้ Ground paste ทดสอบความละเอียดโดยใช้เครื่องวัดความละเอียด (Fineness of grind gage).

3. เติมส่วนผสมที่เหลือลงไปใน Ground paste.

4. แต่งสี (Tinting) ตามความต้องการ.

5. ทดสอบคุณภาพและชะจัดสิ่งแปลกปลอม.

6. บรรจุเพื่อจำหน่าย.

ขั้นตอนซึ่งสำคัญที่สุด คือ การผสมและบด ซึ่งประหยัดได้โดยการผสมผงสีตามส่วนที่กำหนดให้มากที่สุดที่จะทำได้เพื่อให้เป็น Paste. อาจใช้อุปกรณ์ชิ้นเดียวกันได้ทั้งผสมและบด มีจุดประสงค์เพื่อทำให้ผงสีกระจายตัวมากที่สุดในสิ่งนำสี. บางครั้งต้องใช้สารช่วยการบดและการกระจายตัวด้วยซึ่งจะทำให้ผงสีไม่มารวมตัวกันหลังจากบดแล้ว.

<u>การใช้งาน</u>

การเตรียมพื้นผิวที่จะเคลือบสีให้ถูกต้องก่อนการเคลือบสีจะช่วยให้สีมีคุณภาพตรงตามความประสงค์ได้. สีที่มีคุณสมบัติติดแน่นดีอาจกลายเป็นสีที่หลุดง่ายได้ถ้าเคลือบบนผิวที่มีฝุ่นละอองหรือไขมันหรือสิ่งแปลกปลอมเกาะอยู่. ไขมันนี้ไม่เพียงแต่จะทำให้สีลดคุณสมบัติในการติดแน่นเท่านั้น ยังอาจซึมเข้าไปในสีทำให้สีลดความแข็งและความต้านทานต่อการขัดถูรวมทั้งความทนทานต่อสารเคมีด้วย. พื้นผิวมีหลายชนิดจึงมีวิธีเตรียมพื้นผิวแตกต่างกันหลายวิธี คือ มีทั้งขัดให้ผิวเรียบและอุดรูหรือรอยด้วยสีสำหรับยาผิวแล้วขัดให้เรียบ. การเตรียมพื้นผิวโลหะมีหลายวิธีตามชนิดของโลหะ เช่น การทำความสะอาดด้วยตัวทำละลาย, การทำความสะอาดด้วยสารเคมี, การพ่นด้วยเปลวไฟ, การพ่นทราย เป็นต้น.

หลังจากทำความสะอาดพื้นผิวแล้วต้องเลือกใช้สีให้เหมาะสมกับพื้นผิวตั้งแต่สีรองพื้น (Primer), สีพื้น (Surfacer), จนถึงสีทับหน้า (Top coat) โดยคำนึงถึงสภาพแวดล้อมด้วย เช่น พวกก่ออิฐถือปูน พื้นผิวมีสภาพเป็นด่าง สีรองพื้นจะต้องเป็นสีที่มีความต้านทานต่อด่างได้ดี. ถ้าวัสดุนั้นอยู่กลางแจ้งสีทับหน้าก็ต้องเป็นสีที่ใช้ทาภายนอกด้วย จึงจะทำให้สีคงทน. สีที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมีการเคลือบที่เป็นระบบ, สารยึดมีความสำคัญมาก. บางระบบใช้สารยึดชนิดเดียวกันตลอด แต่บางชนิดมีการเปลี่ยนสารยึด, เช่น สีกันการกัดกร่อนสำหรับงานเหล็ก เริ่มด้วยสีรองพื้นเป็น Zinc rich epoxy based paint เพื่อป้องกันการกัดกร่อน ตามด้วยสีรองพื้นอีกชนิดหนึ่ง คือ Chlorinated rubber based primer และทับหน้าด้วย Chlorinated rubber based topcoat ทั้งนี้ต้องกำหนดความหนาในการเคลือบแต่ละชั้นด้วย.

วิธีการเคลือบขึ้นกับประเภทของสี, บางครั้งอุปกรณ์ที่ใช้เคลือบก็มีความสำคัญ. เมื่อต้องการให้ผิวเคลือบมีลักษณะหรือลวดลายตามประสงค์ สีที่ใช้ในการก่อสร้างและตกแต่งเคลือบโดยใช้แปรง (Brushing) หรือลูกกลิ้ง (Roller coating). สีที่ใช้กับเครื่องเรือนเป็นสีแห้งเร็วเคลือบโดยวิธีพ่น (Spraying), สีที่ใช้ในอุตสาหกรรม เคลือบได้หลายวิธี เช่น พ่น จุ่ม (Dipping) เคลือบโดยให้สีไหลลงบนวัสดุ (Flow-coating) และเคลือบโดยใช้มีด (Knife coating) เป็นต้น.

## อุตสาหกรรมสีในประเทศไทย

โรงงานผลิตสีที่จดทะเบียนไว้กับกรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรมเมื่อ พ.ศ. 2524 มีประมาณ 107 โรงงาน (ฝ่ายทะเบียนและสถิติ กองควบคุมโรงงาน 2524). โรงงานขนาดใหญ่ในระดับมาตรฐานมีประมาณ 15 โรงงาน กำลังผลิตรวมทั้งหมดเป็น 70,000 ตันต่อปี, แต่ผลิตจริงประมาณร้อยละ 60 - 70 ของกำลังผลิตรวมเท่านั้น (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี-แห่งประเทศไทย 2527).

วัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่นำเข้าจากต่างประเทศ ได้แก่ สารยึดบางชนิด เช่น Epoxy, Urethane, Chlorinated rubber ฯลฯ. สารยึดที่ใช้กันมากในขณะนี้ผลิตได้เองในประเทศแล้ว เช่น Alkyd resin, Vinyl polymer, ส่วน Nitrocellulose กำลังเริ่มดำเนินการ. ผงสีมีการนำเข้าเกือบทุกชนิด แต่ที่นำเข้ามากที่สุดคือ Titanium dioxide สำหรับทำสีขาว, ตัวผสมเพิ่ม (Extender) ใช้วัตถุดิบในประเทศแทบทั้งหมด เช่น Calcium carbonate, Barium sulphate, Kaolin ฯลฯ. ตัวทำละลายนั้นเป็นผลิตภัณฑ์จากปิโตรเลียมผลิตได้ในประเทศ, สารเร่งแห้งและตัวเติมอื่น ๆ ยังต้องนำเข้าจากต่างประเทศ. อย่างไรก็ตาม อุตสาหกรรมสีก็เจริญก้าวหน้าขึ้นเป็นลำดับสามารถผลิตสีได้เกือบทุกประเภททดแทนการนำเข้าได้มากกว่าร้อยละ 50, จนปัจจุบันนี้สามารถส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ด้วย.

การผลิตสีในประเทศไทยผู้ผลิตสีรับเทคโนโลยีมาจากต่างประเทศ เช่น อังกฤษ, นอร์เวย์, สหรัฐอเมริกา, ญี่ปุ่น, จีน ฯลฯ. โรงงานหลายแห่งเป็นโรงงานในเครือของโรงงานใหญ่ซึ่งมีชื่อเสียงในต่างประเทศ, แต่โรงงานทุกแห่งก็พยายามปรับปรุงส่วนผสมให้เหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นและใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ. การผลิตสีที่มีคุณภาพดีทำได้ไม่ยาก แต่การผลิตสีที่มีคุณภาพดีและราคาถูกด้วยนั้นต้องอาศัยความรู้ทางเคมีและความชำนาญประกอบกัน. โรงงานขนาดใหญ่โดยเฉพาะโรงงานในเครือของต่างประเทศมีความพร้อมในด้านการผลิตมากกว่าโรงงานขนาดเล็ก. เมื่อมีปัญหาทางเทคนิคก็จะได้รับความช่วยเหลือจากโรงงานที่เป็นต้นแบบ. อย่างไรก็ตาม ในอุตสาหกรรมสี, วิธีการจำหน่ายก็เป็นเทคนิคที่สำคัญยิ่งจนทำให้ผู้ใช้สีเสียประโยชน์ไปมากเมื่อเลือกใช้สีราคาถูกและคุณภาพต่ำ. หน่วยงานของรัฐได้พยายามหามาตรการเพื่ออำนวยประโยชน์ให้แก่ผู้ผลิตสีและผู้ใช้สีด้วยการกำหนดมาตรฐานสีชนิดต่าง ๆ ขึ้นมา พร้อมทั้งวิธีตรวจสอบคุณภาพตามมาตรฐานสากล ทำให้ผู้ผลิตสีสนใจที่จะปรับปรุงคุณภาพสีของตน และผู้ใช้สีก็หาทางตรวจสอบคุณภาพให้เป็นไปตามความต้องการอีกด้วย. หน่วยงานของรัฐที่เกี่ยว-ข้องในเรื่องสีและมีความพร้อมที่จะตอบสนองความต้องการของผู้ผลิตสีและผู้ใช้สี คือ สำนักงานมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กรมวิทยาศาสตร์บริการ และสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

ตารางที่ 1. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์สี

ปริมาณ : ตัน
มูลค่า : พันบาท

| ชนิด | 2523 | | 2524 | | 2525 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า |
| วาร์นิชและแลกเกอร์ | 1,577.61 | 89,091.26 | 1,696.58 | 103,171.77 | 1,819.17 | 118,772.88 |
| สีชี่งสารยึดละลายในน้ำ (Distemper) | 0.26 | 44.32 | 4.82 | 169.40 | 35.09 | 412.40 |
| สีน้ำ | 26.37 | 1,574.22 | 95.24 | 3,346.32 | 55.99 | 3,017.59 |
| สีเคลือบ | 849.74 | 26,917.16 | 1,772.33 | 53,606.39 | 1,557.97 | 42,558.88 |
| สีสำเร็จรูปอื่น ๆ | 2,272.65 | 114,314.64 | 2,994.20 | 147,392.08 | 2,771.17 | 131,967.56 |
| รวม | 4,726.63 | 231,941.60 | 6,563.17 | 307,685.98 | 6,219.39 | 296,729.31 |

ที่มา : กรมศุลกากร

ตารางที่ 2. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์สี

ปริมาณ : ตัน
มูลค่า : พันบาท

| ชนิด | 2523 | | 2524 | | 2525 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า | ปริมาณ | มูลค่า |
| วาร์นิชและแลกเกอร์ | 26.26 | 994.56 | 14.69 | 536.14 | 93.33 | 2,490.35 |
| สีชนิดสารยึดละลายในน้ำ (Distemper) | - | - | - | - | - | - |
| สีน้ำ | 106.96 | 1,194.91 | 284.63 | 2,964.03 | 424.50 | 4,461.64 |
| สีเคลือบ | 28.92 | 544.46 | 89.90 | 4,458.71 | 58.76 | 3,979.43 |
| สีสำเร็จรูปอื่น ๆ | 1,170.08 | 18,227.32 | 1,089.69 | 22,543.23 | 811.14 | 23,638.56 |
| รวม | 1,332.22 | 21,961.25 | 1,478.91 | 30,502.11 | 1,388.23 | 34,569.98 |

ที่มา : กรมศุลกากร

## เอกสารอ้างอิง


BOXALL, J. and VANFRAUNHOFER, J.A. (1980).—"Paint Formulation, Principles and Practice." (Industrial Press Inc. : New York.)

CATHODIC RESIN PLANT COMMISSIONED (1982).—£2 Million new facilities at IP, Ladywood. Paint & Resin. 52 (6) : 12-16.

HINRICHS, H. and HEFNER H. (1983).—Synthetic resins for aerosol paints. Paint & Resin. 53 (5) : 27-31.

LONGMAN-DE BUSSY J.H. (1972).—"Materials and Technology." p. 317-375 (Longman Group Ltd. : London.)

PAYNE, H.F. (1967).—"Organic Coating Technology." Vol. 2. (John Wiley & Sons, Inc. : New York.)

ฝ่ายทะเบียนและสถิติ กองควบคุมโรงงาน, กรมโรงงานอุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม (2524).—ทำเนียบสถานประกอบการอุตสาหกรรม ตามพระราชบัญญัติโรงงานพุทธศักราช 2512. (กรุงเทพฯ.)

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2527).—สถานภาพและแนวทางการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาอุตสาหกรรม. หน้า 13. (กรุงเทพฯ.)