

กรรมวิธีการผลิตและคุณสมบัติ ของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ปี 1988

คุณสมชาย จิตต์ประกอบ
ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงาน
บริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย จำกัด

บริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย จำกัด เป็นบริษัทแห่งเดียวในประเทศไทยที่เป็นผู้ผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก โดยมี ยอดจำหน่ายในปี 1987 เป็นปริมาณ 127,896 เมตริกตัน ในขณะที่ความต้องการภายในประเทศในปีดังกล่าวสูงถึง 200,699 เมตริกตัน บริษัทฯ ได้มีส่วนช่วยส่งเสริมอุตสาหกรรมการเกษตรให้สามารถแพร่หลายเข้าไปในตลาดต่างประเทศทั่วโลก สามารถนำรายได้เข้าประเทศปีละหลายพันล้านบาท ดังเช่น การส่งออก อาหารทะเลกระป๋อง ผลไม้กระป๋อง และ ฯลฯ นอกจากนี้ดีบุกอันเป็นแร่ธาตุที่เป็นทรัพยากรธรรมชาติของประเทศก็ถูกนำมาใช้อย่างเป็นประโยชน์ ในการเคลือบผิวแผ่นเหล็กสำหรับนำไปทำภาชนะบรรจุชนิดต่าง ๆ ในปี 1987 ถึง 874 เมตริกตัน คุณภาพของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ผลิตขึ้น ในประเทศนี้ ได้เป็นที่ยอมรับกันในตลาดต่างประเทศ เช่น ที่ประเทศฮ่องกง สหรัฐอเมริกา สิงคโปร์ เป็นต้น

แม้ว่าวัตถุดิบสำคัญอันได้แก่ ดีบุก จะสามารถหาได้ภายในประเทศ แต่วัตถุดิบอันเป็นหัวใจของการผลิตอันได้แก่ แผ่นเหล็กดำก็ยังคงอาศัยการนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตขึ้นโดย บริษัท Kawasaki Steel โดยมียอดนำเข้า 169,155 ตัน เป็นของ Kawasaki 90% อีก 10% เป็นของบริษัท Nippon Steel ในปี 1987 และคาดว่าจะเพิ่มขึ้นเป็น 200,000 ตัน ในปี 1988 บริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย จำกัด เป็นบริษัทร่วมลงทุนระหว่างไทยและญี่ปุ่น โดยมีผู้ถือหุ้นฝ่ายไทย 60% และฝ่ายญี่ปุ่น 40% ทางด้านญี่ปุ่นมีบริษัทที่ร่วมลงทุนอยู่ 4 บริษัท ได้แก่ บริษัท Kawasaki Steel บริษัท Mitsui บริษัท C-ITOH และบริษัท Kawasho เป็นต้น โดยมีทุนจดทะเบียนในปัจจุบัน 140 ล้านบาท

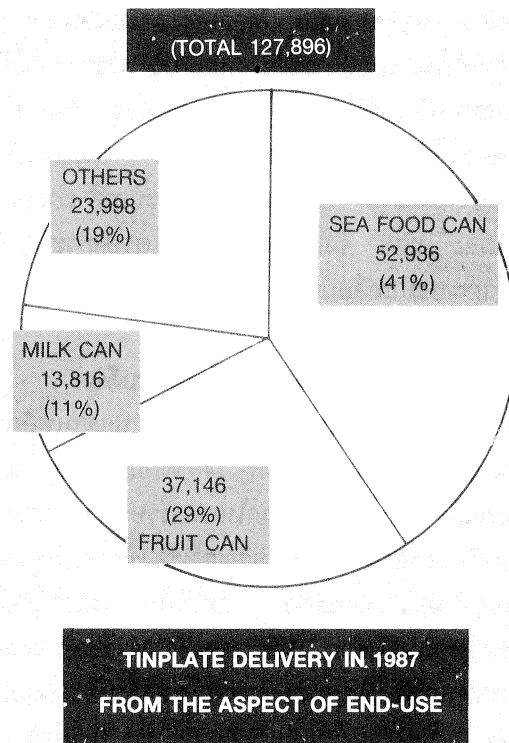
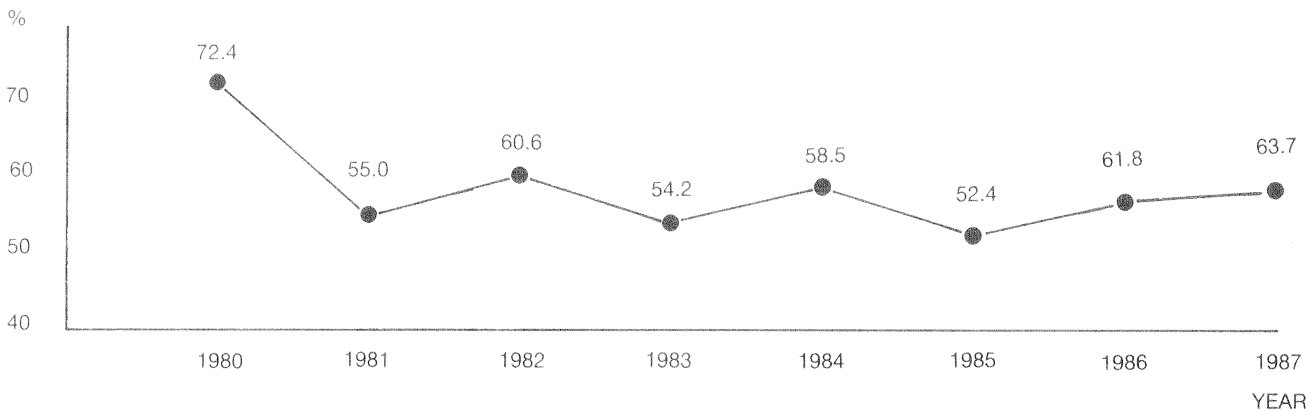
ในด้านการตลาดแม้ว่าบริษัทฯจะเป็นผู้ผลิตแต่ผู้เดียวในประเทศไทย แต่ก็ไม่สู้จะได้เปรียบผู้นำเข้า แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกจากต่างประเทศนัก เพราะผู้ผลิตอาหารกระป๋องเพื่อการส่งออกสามารถขอคืนภาษีวัสดุ เช่น แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่นำเข้ามาจากต่างประเทศได้

นอกจากนี้ภาชนะบรรจุหลายชนิด เช่น กระป๋องสี ยาฆ่าแมลง และอีกหลายอย่างที่ไม่จำเป็นต้องใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกคุณภาพชั้น 1 ก็ได้นำเข้าแผ่นเหล็กคุณภาพชั้นต่ำราคาถูกเข้ามามากมาย เพราะบริษัทฯไม่อาจสนองความต้องการของตลาดในด้านคุณภาพชั้นต่ำได้เพียงพอ

สถิติส่วนแบ่งของตลาดแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกในประเทศ

YEAR		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
(Prime+W/W)	Imported	27,069	62,232	41,358	59,718	62,094	67,714	63,524	72,803
(Prime+Second)	TTP	70,830	76,218	63,735	70,646	87,542	74,665	103,024	127,896
	Demand	97,899	138,450	105,093	130,364	149,636	142,379	166,548	200,699

TTP sales total is about 60% of market demand which shows in this below graph:-



แม้ว่าบริษัทฯ จะประสบปัญหาในด้านค่าของเงินบาทต่ำลง และค่าของเงินเยนญี่ปุ่นสูงขึ้นอย่างผิดปกติ บริษัทฯ ก็พยายามที่จะรักษาระดับราคาและคุณภาพที่ดีไว้ไม่เปลี่ยนแปลง โดยการหาทางลดต้นทุนการผลิตลงทุก ๆ ด้าน และเพื่อสนองความต้องการของผู้ผลิตกระป๋องเพื่อให้ได้วัตถุดิบที่มีราคาต่ำลง บริษัทฯ ก็ได้ติดตั้งเครื่อง Scroll Shear ขึ้น เพื่อให้ผู้ผลิตกระป๋องจะได้ประหยัดได้มากขึ้น ในปี 1987 โดยเฉลี่ยแล้วแผ่นเหล็กเคลือบตีบุก ได้ถูกนำไปใช้บรรจุอาหารและอื่น ๆ ดังนี้

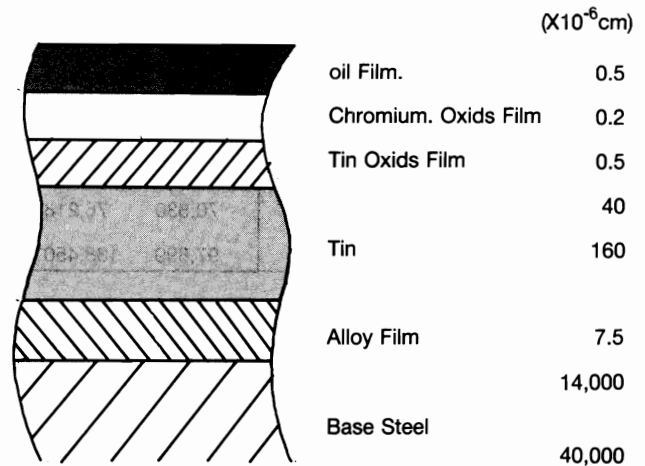
การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทำขึ้นจากแผ่นเหล็กดำที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ ๆ ผ่านการรีดเย็นจนเป็นแผ่นบาง ๆ (Cold reduced low carbon steel) มีความหนาตั้งแต่ 0.15-0.5 มม. มีคุณสมบัติพิเศษที่ดีเด่นหลายประการ เช่น ขึ้นรูปได้ง่าย แข็งแรง ทนทาน แต่เนื่องจากแผ่นเหล็กดำดังกล่าวมีข้อเสียที่ขึ้นสนิมง่าย จึงได้มีการค้นคว้าหาสิ่งที่เหมาะสมมาเคลือบผิวเหล็กไว้ไม่ให้เป็นสนิม ซึ่งก็ได้แก่ดีบุก ในเวลาต่อมาเมื่อราคาดีบุกได้มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นมากก็ได้มีการค้นคว้าหาสิ่งที่เหมาะสมมาใช้เคลือบแทนดีบุก ซึ่งได้พบว่าแผ่นเหล็กทินพรีหรือแผ่นเหล็กเคลือบโครเมียม สามารถนำมาใช้แทนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกได้ในงานบางอย่าง

ในปัจจุบันนี้ขนาดของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมีจำนวนมากมายขึ้นอยู่กับการต้องการของผู้ซื้อในการเลือกความหนา ความแข็ง ความกว้าง ความยาว แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็กทินพรีมีคุณลักษณะที่เหมือนกันอยู่ประการหนึ่งคือ มีผิวหน้าที่ผ่านกรรมวิธีกานต์ (Passivation Treatment) ทำให้มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงที่ผิว ตลอดจนนำไปเคลือบแลคเกอร์หรือพิมพ์สีได้ดี นอกจากนี้น้ำมันที่เคลือบผิวหน้าในชั้นสุดท้ายก็ยังช่วยให้สามารถลดการขีดสีรอยเล็ก ๆ น้อย ๆ ได้ดี แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกนำไปใช้ทำภาชนะบรรจุกันอย่างแพร่หลาย เช่น กระป๋องกลมขนาดต่างๆ กระป๋องบีบน้ำมันพืช น้ำมันก๊าด กระป๋องสเปรย์ กระป๋องสี กระป๋องยาฆ่าแมลง ฯลฯ ซึ่งไม่ว่าจะเป็นส่วนใดของกระป๋องก็ต้องใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

ประวัติศาสตร์การพัฒนาแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

ได้มีผู้พบร่องรอยการเคลือบดีบุกบนแผ่นเหล็กที่ทุบจนแบนแล้ว ในศตวรรษที่ 14 หรือประมาณ 600 กว่าปีมาแล้ว และในเวลาต่อมาในศตวรรษที่ 17 การค้าแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกก็ได้เจริญรุ่งเรืองขึ้นโดยมีศูนย์กลางอยู่ที่เมือง Dresden และได้มีการส่งออกไปยังประเทศอังกฤษอีกด้วย ในปี ค.ศ. 1720 โรงงานผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกแห่งแรกก็ถูกตั้งขึ้นที่ South Wales ในขั้นนี้ยังคงใช้แผ่นรีดร้อน (Hot Rolled) มา



Schematic Cross Section of Tinfoil, showing the Component Films.

เคลือบดีบุก และต่อมาในต้นศตวรรษที่ 19 สหราชอาณาจักรก็กลายเป็นผู้ผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีศูนย์กลางอยู่ที่ South Wales ในต้นศตวรรษที่ 20 สหรัฐอเมริกาได้พัฒนาการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกจนมีปริมาณเพียงพอกับการต้องการในประเทศ ในช่วงแรกของศตวรรษที่ 20 ได้มีการค้นคว้าปรับปรุงการผลิตเหล็กกล้า (Steel) เป็นม้วนยาว ๆ (Coil) ซึ่งในขณะนั้นการเคลือบดีบุกยังนิยมใช้วิธีจุ่มร้อน (Hot Dipped) ซึ่งต้องเคลือบทีละแผ่น ๆ ในปี 1915 ได้มีการทดลองตั้งโรงงานเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้าขึ้นที่ประเทศเยอรมนี แต่สามารถผลิตได้สำเร็จในเชิงการค้า ในปี 1930 ระหว่างสงครามโลกครั้งที่ 2 ปริมาณการผลิตของดีบุกมีน้อยลงมาก ทำให้ต้องมีการพัฒนาหาทางลดปริมาณดีบุกที่ใช้เคลือบให้น้อยลง ซึ่งต่อมาในปี 1943 สหรัฐอเมริกาได้ตั้งโรงงานเคลือบดีบุกด้วยไฟฟ้าแห่งแรกขึ้น และภายในเวลา 5 ปีต่อมาครึ่งหนึ่งของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ผลิตในสหรัฐอเมริกาก็ผลิตขึ้นโดยวิธีเคลือบด้วยไฟฟ้า แนวโน้มในการเปลี่ยนวิธีการผลิตจากการจุ่มร้อนเป็นการเคลือบโดยวิธีไฟฟ้าได้ขยายตัวออกไปทั่วโลกในเวลา 30 ปีต่อมา และหลังจากปี 1980 เป็นต้นมาก็พบว่าปริมาณการผลิตของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกในโลกเพิ่มขึ้นสูงถึง 13 ล้านตันต่อปี ในกว่า 37 ประเทศที่มีการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก แม้ว่าการใช้งานส่วนใหญ่

จะหนักไปในด้านการบรรจุหีบห่อ แต่แผ่นเหล็กเคลือบ ดีบุกก็ถูกนำไปใช้งานด้านอื่น ๆ อีก เช่น ใช้ทำของเล่น และส่วนประกอบรถยนต์ เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่า 40% ของดีบุกที่ใช้ในโลกถูกนำไปใช้ในการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

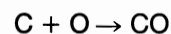
สำหรับประเทศไทยแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกโดยวิธี จุ่มร้อน ได้มีการผลิตขึ้นเป็นแห่งแรกในประเทศไทย โดยบริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย ในปี 1958 กำลังการผลิต ในระยะแรกมีปริมาณเพียง 6,000 ตันต่อปี และได้ขยาย กำลังการผลิตเพิ่มขึ้นเป็น 16,000 ตันต่อปี ในปี 1963 เพื่อนำไปใช้ทำภาชนะบรรจุ นม ผลไม้ และทำปืบน้ำมัน ก๊าซ หลังจากนั้นปริมาณความต้องการแผ่นเหล็กเคลือบ ดีบุกก็ได้ขยายตัวออกไปอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะตลาด การส่งออกอาหารกระป๋องมีอัตราสูงชันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้กับความต้องการที่เพิ่มขึ้นดังกล่าว บริษัทแผ่น เหล็กวิลาสไทยจึงได้ติดตั้งเครื่องชุบดีบุกด้วยวิธีไฟฟ้า เครื่องแรกขึ้นในปี 1972 และได้ผลิตแผ่นเหล็กเคลือบ ดีบุกออกสู่ตลาดในปี 1973 ด้านกำลังการผลิต 60,000 ตันต่อปี ผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทั้งประเภทเคลือบ 2 ด้านเท่ากันและไม่เท่ากัน ความต้องการของแผ่นเหล็ก เคลือบดีบุกเพื่อเข้าไปรองรับอุตสาหกรรมการเกษตรที่ ได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในตลาดต่างประเทศที่เพิ่มมากขึ้น จนในที่สุดเครื่องจักรชุดที่ 2 ที่มีขนาดผลิต 90,000 ตัน ต่อปี ที่ผลิตได้ทั้งแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็ก ทินฟรีได้ถูกติดตั้งขึ้นในปี 1981 โดยมีเป้าหมายการผลิต แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก 60,000 ตันต่อปี และแผ่นเหล็ก ทินฟรี 30,000 ตันต่อปี สำหรับเครื่องจักรชุดใหม่นี้

ในปัจจุบันเนื่องจากราคาดิบบุกมีราคาสูงขึ้นมาก เป็น เหตุให้ราคาแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกมีราคาสูงไปด้วย แผ่นเหล็กทินฟรีจึงได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการทำ กระป๋องชนิดต่าง ๆ แทนการใช้แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก เช่น กระป๋องบรรจุนมชันทาน อาหารทะเล สีสันต่าง ๆ ผ่าฉีบ เป็นต้น แม้ว่าการพัฒนาการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบ ดีบุกจะก้าวหน้าไปมาก แต่ก็ยังไม่อาจขจัดคู่แข่งชั้นประเภท แผ่นเหล็กทินฟรีไปได้ เพราะราคายังแตกต่างกันอยู่มาก อย่างไรก็ตามการพัฒนาการใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพ ก็ได้มีการปรับปรุงค้นคว้าอยู่ตลอดเวลา จนขณะนี้ได้มี

กระป๋อง Draw and Redraw (DRD), Draw and Ironed (D & I) ใช้กันแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปี 1987 บริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทยก็ได้ติดตั้ง Scroll Shear Line ขึ้นเพื่อสนองความต้องการของผู้ซื้อให้สามารถลด ต้นทุนการผลิตลงไปได้มากกว่าที่เป็นอยู่

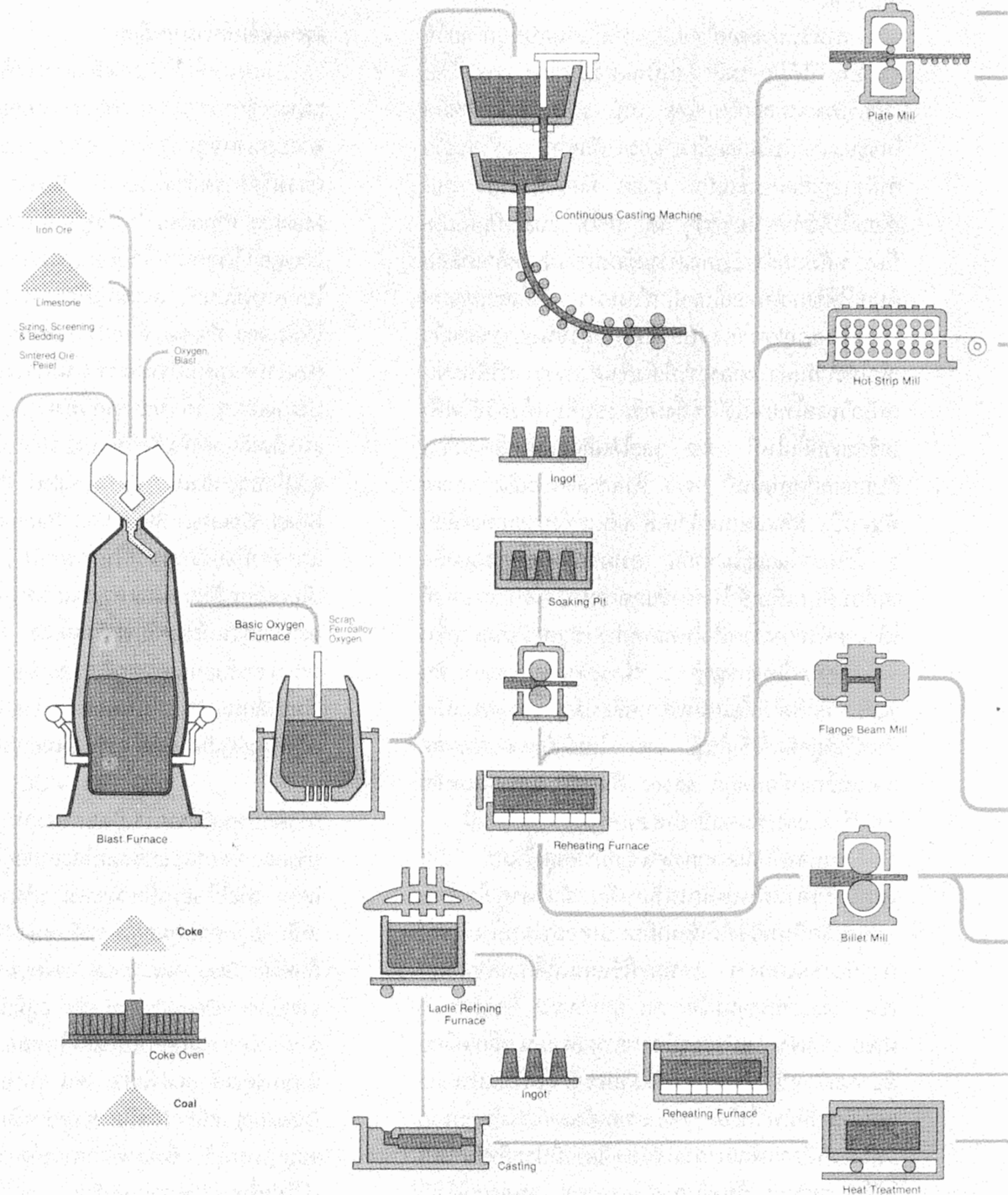
แผ่นเหล็กที่นำมาเคลือบ

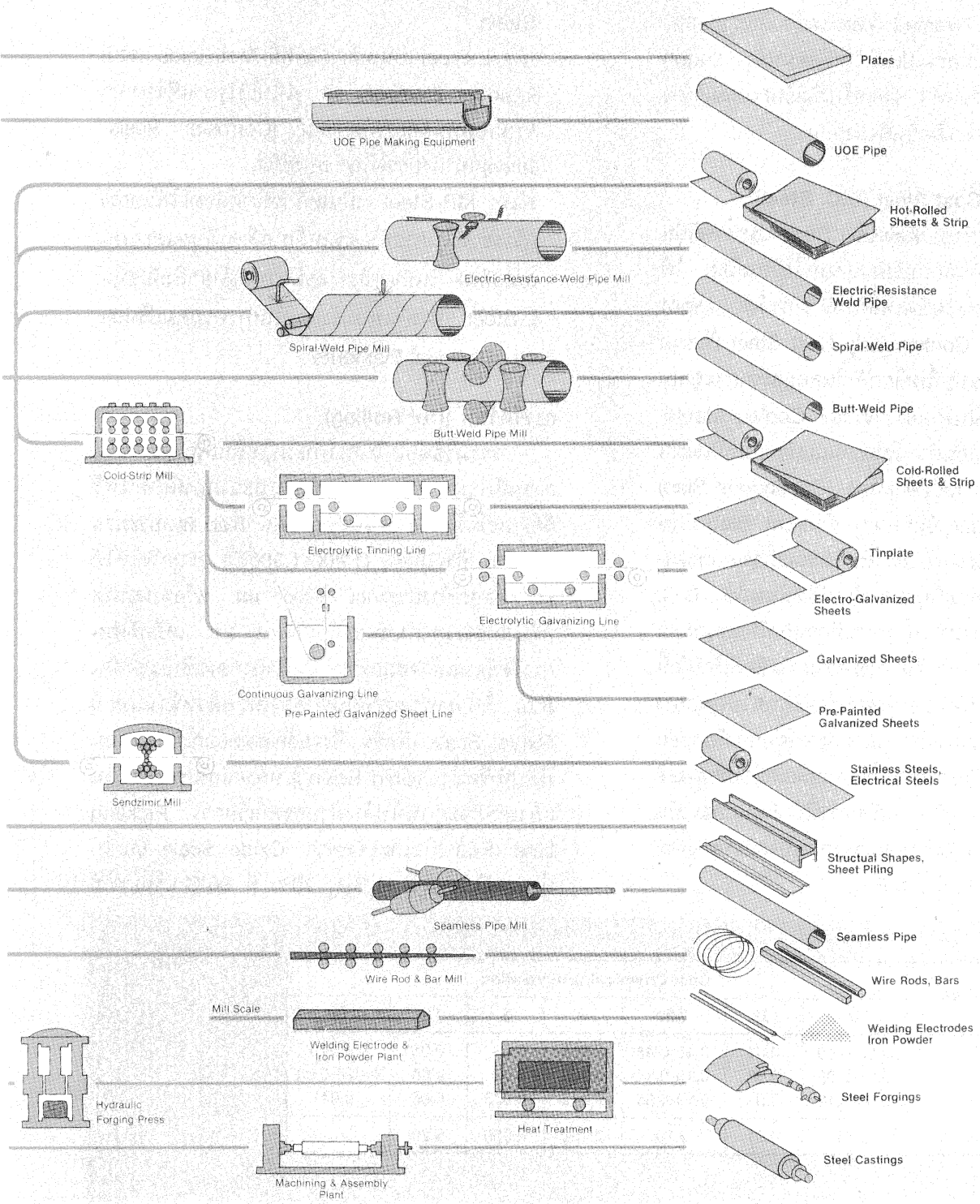
แผ่นเหล็กที่นำมาผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกเป็น แผ่นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ชนิดที่มีปริมาณ คาร์บอนต่ำอยู่ในราว ๆ 0.03-0.13% ซึ่งผลิตขึ้นด้วย กรรมวิธีการผลิตที่เรียกว่า Basic Oxygen Steel Making Process ในปัจจุบันนี้เตาหลอมชนิด Basic Oxygen ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย และได้มีการพัฒนา ไปหลายรูปแบบ และมีกำลังการผลิตเหล็กกล้า (Steel) ได้ถึง 400 ตัน/ชม. ด้วยกรรมวิธีการผลิตชนิดนี้จะทำให้ สามารถควบคุมปริมาณของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่ ปริมาณต่ำ ๆ ได้ นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติการขึ้นรูปที่ดี และมีเหล็กกล้าที่ผลิตขึ้นแบ่งออกได้เป็นชนิดต่าง ๆ ที่มี คุณสมบัติเฉพาะตัว เช่น Killed Steel, Semi Killed Steel, Capped Steel และ Rimmed Steel ซึ่งความ แตกต่างก็อยู่ที่กรรมวิธีในการกำจัดก๊าซออกซิเจนนั่นเอง เมื่อเหล็กกล้าหลอมเหลวเริ่มเย็นตัวลง ปริมาณแก๊สที่ ละลายอยู่ในเนื้อเหล็กจะเริ่มลดลง ความสมดุลทางเคมี ระหว่างคาร์บอนและออกซิเจนจะเริ่มเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิ เริ่มเปลี่ยนแปลง นั่นคือคาร์บอนและออกซิเจนจะทำ ปฏิกิริยากันเกิด Gas คาร์บอนมอนอกไซด์



การควบคุมอัตราการเกิดแก๊สจะทำได้โดยการควบคุม ปริมาณของแก๊สออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเหล็กกล้าหลอม-เหลว เพื่อให้อยู่ในที่ที่เหมาะสม ปริมาณของออกซิเจนใน เหล็กจะถูกควบคุมอยู่ในระดับหนึ่งโดยอาศัยการควบคุม ลักษณะ Slag ในเตาหลอม แต่โดยมากแล้วจะใช้ตัวสลาย ออกซิเจน (Deoxidisers) เช่น อลูมิเนียม ซิลิคอน หรือ สารที่เหมาะสมใส่เข้าไปในเหล็กหลอมเหลว ในกรณีนี้ ต้องการคุณสมบัติพิเศษ เช่น การยึดติดมาก ๆ (Deep Drawing) เหล็กกล้าชนิด Killed หรือ Stabilised Steel จะถูกนำมาใช้ ซึ่งจะพบว่าสารขจัดออกซิเจนจะถูกผสม เข้าไปเพื่อลดปริมาณออกซิเจน ทำให้เกิดแก๊สน้อยมาก

Manufacturing Process





หรือไม่มีเลยในระหว่างนำเหล็กแข็งตัว เหล็กดังกล่าวจะมีเนื้อเดียวกันไม่แยกชั้นกัน แต่ก็มีปัญหาที่ว่าราคาแพงกว่าการผลิต Rimmed Steel

ในกรณีของ Rimmed Steel เหล็กกล้าหลอมเหลวจะถูกเทลงในแบบที่เป็นรูปแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Ingot) มีขนาดตั้งแต่ 10-25 ตัน เมื่อเหล็กเริ่มเย็นลงและแข็งตัวบริเวณผิวชั้นนอกจะเริ่มเย็นตัวลงก่อน

Continuously Cast Steel (C.C. Steel)

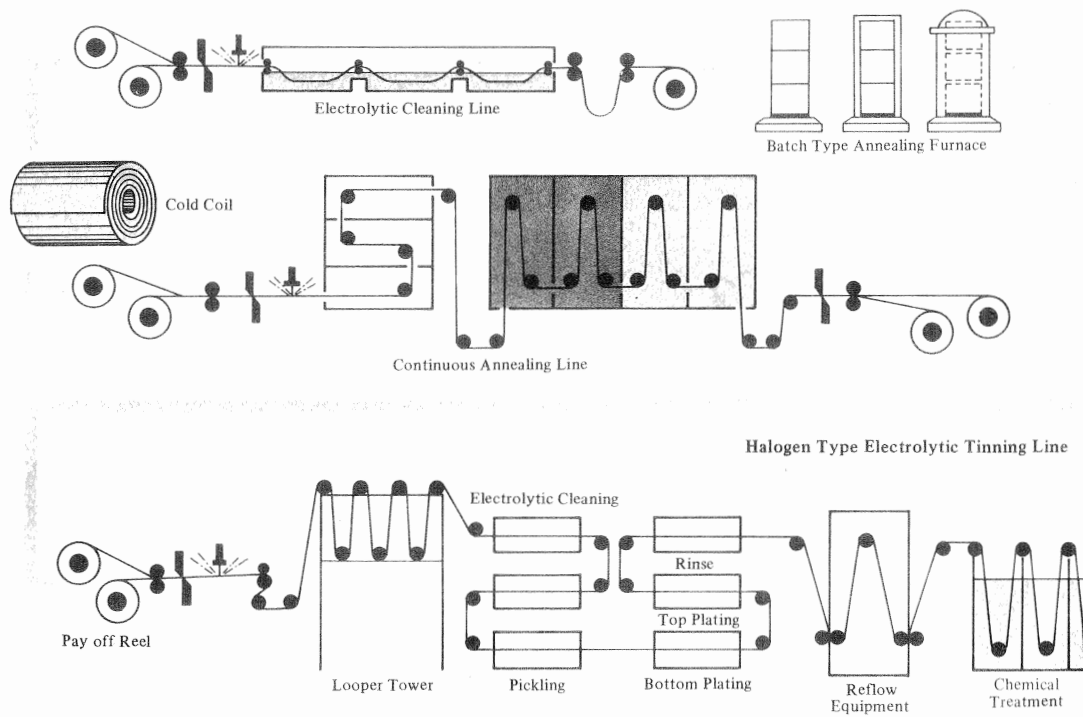
ในปัจจุบันบริษัท Kawasaki Steel ประเทศญี่ปุ่น ผู้ผลิตม้วนเหล็กดำให้กับบริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย ได้เปลี่ยนกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าจากชนิด Ingot Casting มาเป็น Continuously Cast Steel ทั้งหมดแล้ว ในการผลิตแบบนี้เหล็กกล้าที่หลอมละลายจะถูกเทลงในแบบที่หล่อเย็นด้วยน้ำ (Water Cooled Mould) เหล็กจะค่อย ๆ เย็นตัวลงไหลผ่านแบบออกมาเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ยาวอย่างต่อเนื่อง (Continuous Slab) จากนั้นจะถูกตัดออกเป็นท่อน ๆ ด้วยแกส Slab แผ่นหนึ่งจะมีขนาดประมาณ 20 ตัน ในขณะนี้อุตสาหกรรมผลิตเหล็กเคลือบดีบุกและทินฟรีได้หันมาใช้ C.C. Steel กันอย่างแพร่หลาย เพราะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่จะนำไปทำกระป๋อง 2 ชั้น ในระหว่างการผลิตเหล็กกล้านี้ ส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าจะถูกควบคุมอย่างใกล้ชิดเพื่อให้มีคุณสมบัติทางกลและทนต่อการกัดกร่อนได้ดี เหมาะสมกับการนำไปทำแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็กทินฟรี เหล็กกล้าดังกล่าวนี้ยังจำแนกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ตามคุณลักษณะของส่วนประกอบทางเคมี ดังนี้คือ ชนิด D,L และ MR.

- ชนิด D-Steel ก็คือ Killed Steel สามารถนำไปใช้ในโรงงานที่ต้องการยึดดึงสูง ๆ หรือสามารถนำไปใช้ในโรงงานที่ไม่ต้องการให้เกิดรอย Fluting หรือ Stretcher-Strain
- ชนิด L-Steel เป็นเหล็กชนิดที่มี Metalloids และมี Residual Elements ต่ำ นำไปใช้ในโรงงานที่ต้องการความทนทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistance) ในการบรรจุอาหารบางชนิด
- ชนิด MR-Steel เป็นเหล็กชนิดที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการทำแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็กทินฟรีในปัจจุบัน จะมีความคล้ายคลึงกับชนิด L-Steel ต่างกันที่ไม่เข้มงวดในการควบคุมปริมาณของ Residual Elements

การรีดร้อน (Hot Rolling)

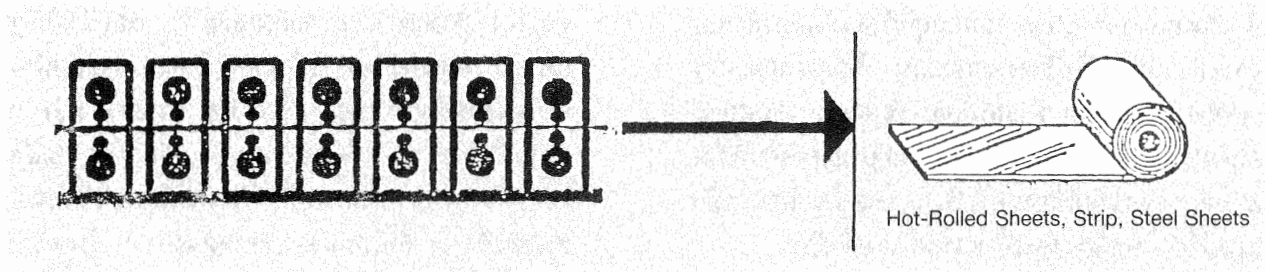
กรรมวิธีต่อไปในการทำแผ่นเหล็กเพื่อนำมาใช้ในการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็กทินฟรีก็คือการรีดร้อน (Hot Rolling) แผ่น Slab หนาประมาณ 25 มม. ที่ร้อนแดง (1,200-1,300°C) จะถูกรีดให้ได้ขนาดความกว้างประมาณ 1,000 มม. หรือตามขนาดที่ต้องการจะมีความหนาประมาณ 3 มม. เหล็กที่ผ่านการรีดร้อนแล้วจะถูกทำให้เย็นตัวลงก่อนเข้าบรรจุเป็นม้วน ในระหว่างการเย็นตัวของเหล็กผิวหน้ามันจะมี Oxide, Scale เกิดขึ้น ซึ่งจะต้องขจัดออกให้หมดก่อนนำไปทำรีดเย็น (Cold Rolling) หลังจากที่ทำบรรจุเข้าม้วนแล้วเหล็กจะถูกนำไปล้างด้วยกรดที่เรียกว่า Pickling Line เพื่อล้างผิวและขจัดพวก Oxide Scale ออกไป น้ำกรดที่ใช้อาจใช้ H₂SO₄ 20% ที่ 90°C หรืออาจใช้

Steel Type	Cast Chemical Composition						
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr
MR	0.06-0.10	0.01	0.18-0.48	0.020	0.03	0.06	0.04
D	0.03-0.08	0.03	0.18-0.35	0.202	0.02	0.06	0.025-0.04
L	0.06-0.10	0.01	0.18-0.35	0.015	0.023	0.06	0.04
MC Max. %	0.13	0.01	0.70	0.150	0.050	0.20	



HCl 10% ที่อุณหภูมิปกติก็ได้ หลังจากนั้นม้วนเหล็ก (Strip) ก็จะไปผ่านในบ่อน้ำ เพื่อล้างน้ำกรดออกที่ปลาย

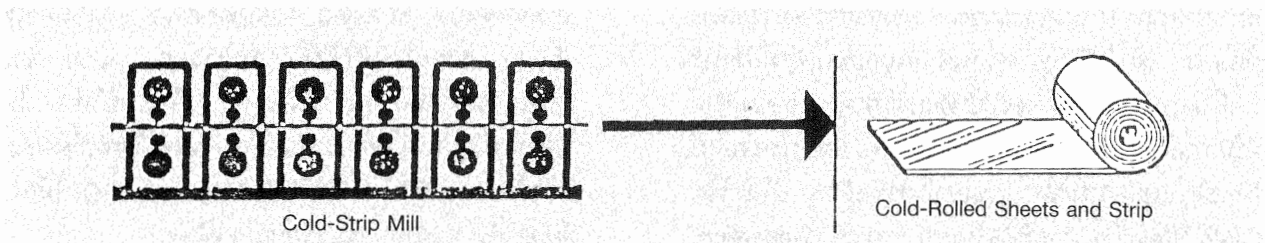
ไลน์ ขอบของเหล็กจะถูกตัดออกเล็กน้อย แล้วเคลือบด้วยน้ำมันป้องกันสนิมก่อนนำไปเก็บเพื่อรอเข้ารีดเย็น

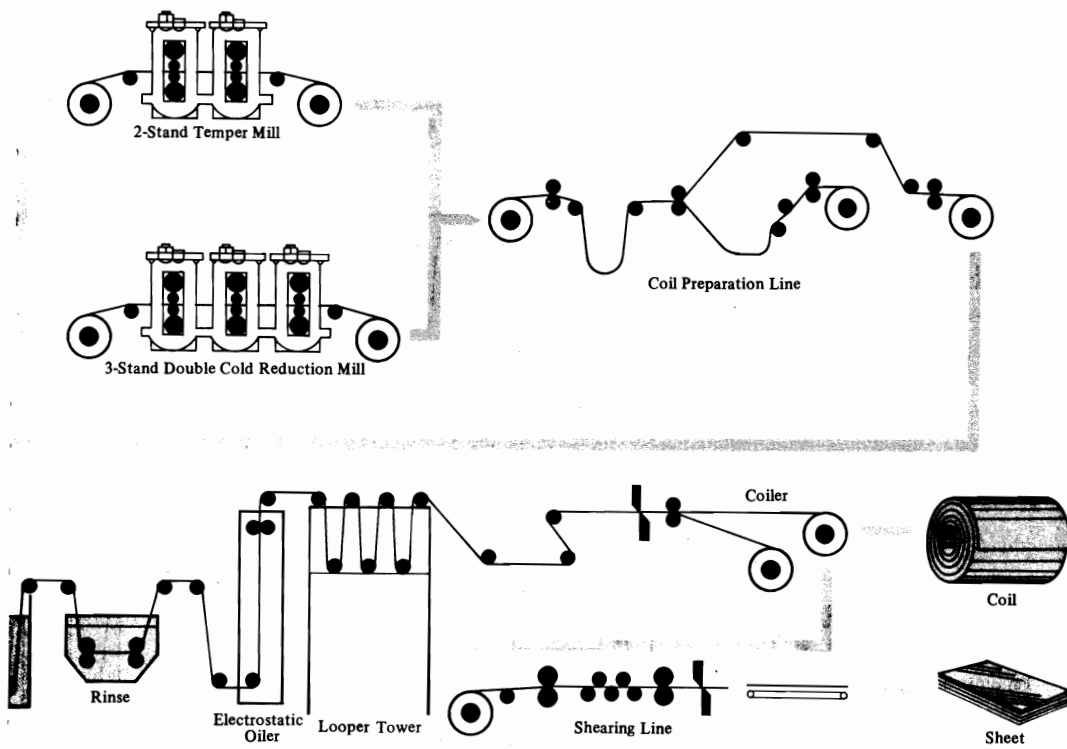


การรีดเย็น (Cold Rolling)

ในขั้นนี้เหล็กที่ร้อน (Hot Rolled Coil) จะถูกรีดด้วยลูกกลิ้งเหล็กที่มีจำนวนตั้งแต่ 5 ถึง 6 แท่น

(5-6 Stand Tandem Mill) เพื่อให้ได้ความหนาตามต้องการตั้งแต่ 0.19-0.50 มม. โรงงานรีดเย็นที่ทันสมัยสามารถรีดเหล็กได้ด้วยความเร็ว 2,400 ม/นาที





การล้างด้วยด่าง (Cleaning)

ในขบวนการรีดเย็น (Cold Rolling) การหล่อลื่นผิวเหล็กเป็นสิ่งจำเป็นมาก ซึ่งมักจะใช้วิธีผสมน้ำกับน้ำมันพ่นลงไปที่ Strip ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องล้างเอาคราบน้ำมันนี้ออกไปให้หมดจากแผ่น ซึ่งโดยมากจะเป็นโซดาไฟ (Sodium Hydroxide) ที่ผสมกับ Wetting Agent ต่างๆ หลังจากล้างจน Strip สะอาดดีแล้วในสารละลายต่างก็จะต้องเอาน้ำล้างเอาโซดาไฟออก แล้วเป่าแห้งด้วยลมร้อนก่อนที่จะนำไปบรรจุเข้าม้วน

การอบผิว (Annealing)

หลังจากที่ผ่านขบวนการทางกลต่างๆ มาโดยตลอด โดยเฉพาะที่ขั้นตอนการรีดเย็น (Cold Rolling) โครงสร้างของเนื้อเหล็ก (Grain Structure) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปโดยมีความแข็งเพิ่มขึ้น แต่คุณสมบัติการยึดดึงด้อยลง เพื่อให้ผิวเหล็กอ่อนตัวลงและมีคุณสมบัติการยึดดึงความต้องการ จึงจำเป็นต้องมีการจัดรูปโครงสร้างผลึกภายในใหม่ (Recrystallisation) โดยการควบคุมวงจรควบคุมความร้อน (ขบวนการอบผิว) เพื่อให้ได้ Grain Structure ตามที่ต้องการ การอบผิว (Annealing)

เพื่อให้ได้ความแข็งตามต้องการนี้มีวิธีการอยู่ 2 วิธี ได้แก่ การอบเป็นชุด (Batch Annealing) และการอบอย่างต่อเนื่อง (Continuous Annealing) ในการอบผิวเป็นชุด (Batch Annealing) เหล็กกล้าที่มีคุณภาพจะถูกนำมาอบในวงจรที่เหมาะสม เพื่อให้มีคุณสมบัติทางกลตามความต้องการ นั่นคือสามารถผลิตเหล็กที่มีความแข็งในระดับต่างๆ ตั้งแต่ระดับที่ยึดดึงได้สูงมากไปจนถึงชนิดที่แข็งๆ ที่ทนทานต่อแรงกดดันต่างๆ ในการอบผิวแบบเป็นชุดนี้ม้วนเหล็กที่รีดเย็นแล้วจะถูกวางซ้อนกันประมาณ 3 ถึง 4 ชั้น จากนั้นก็นำผาครอบที่ทนความร้อนมาครอบตั้งของม้วนเหล็กไว้ จากนั้นม้วนเหล็กก็จะถูกอบร้อนด้วย Gas ร้อนที่ถูกเผาไหม้ อุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นจนถึง Soaking Temperature แล้วปล่อยให้เย็นลง ระยะเวลาที่ใช้เป็นเวลาประมาณ 10-30 ชม. ขึ้นอยู่กับความต้องการว่าต้องการเหล็กแบบไหน ในปัจจุบันนี้แผ่นเหล็กที่บริษัทเหล็กวิลาสไทยได้รับที่มีความแข็งผิวตั้งแต่ T1 ถึง T3 (T49-T57), HR-30T) ที่มีการยึดดึงได้สูงจะผ่านกรรมวิธีอบแบบเป็นชุด

การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

ในปัจจุบันยังคงมีการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก โดยวิธีจุ่มร้อนอยู่บ้างเล็กน้อย (Hot Dipped) ในโลก ซึ่งเป็นการผลิตชนิดเคลือบผิวที่ละลายแผ่น บริษัทแผ่นเหล็ก วิลล์ไทยได้ผลิตโดยวิธีนี้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1958 ถึงปี 1973 สำหรับการเคลือบดีบุกอีกวิธีก็คือการเคลือบโดยวิธีไฟฟ้า ได้มีการผลิตกันอย่างแพร่หลายในหลาย ๆ รูปแบบ โดยมีความแตกต่างกันที่ชนิดของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ที่ใช้เคลือบ (Electrolytic Plating Solution) ซึ่งก็มี ชนิดที่ใช้กันแพร่หลายอยู่ 2 ชนิด ได้แก่ Ferrostan Line ที่มีสารละลาย Electrolytic เป็น Acid Sulfate กับ Halogen Line ซึ่งมีสารละลาย Stanous Chloride และ Sodium Bifluoride เป็นสารละลายหลักสำหรับ ชนิดอื่น ๆ ก็ได้แก่ ชนิด Fluoborate และ Alkaline Stannate

Ferrostan Line

Ferrostan Line นี้ เริ่มผลิตขึ้นที่สหรัฐอเมริกา โดยบริษัท United States Steel Corporation แล้ว แพร่หลายไปในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เช่น ที่ประเทศ ญี่ปุ่นก็มีบริษัท Nippon Steel (NSC), Nippon Kokan (NKK) ฯลฯ ในประเทศอินโดนีเซียเพิ่งจะติดตั้งเสร็จ เมื่อปี 1985 บริษัท Tinplate Company of India ที่ Jamshedpur ประเทศอินเดีย

กรรมวิธีการผลิตประกอบด้วยการนำม้วนเหล็กดำ ไปคลี่ออกแล้วผ่านแผ่นเหล็กเข้าไปในถังล้างด้วยด่าง (Sodium Hydroxide) การล้างในถังนี้เป็นการล้างแบบ Electrolytic Cleaning ซึ่งแผ่นเหล็กวิ่งผ่านเข้าไปใน สนามไฟฟ้าที่เป็นลบหรือบวก (Cathodic or Anodic) เมื่อแผ่นเหล็กถูกชำระล้างเอาคราบต่าง (Sodium Hydroxide) ออกไปหมดแล้วก็จะผ่านเข้าไปในถังน้ำกรด (Pickling Tank) ที่มีกรด Sulfuric เจือจางบรรจุอยู่ ภายในถังนี้แผ่นเหล็กจะวิ่งผ่านขั้วไฟฟ้าลบหรือบวก (Cathodic or Anodic) อีกเช่นเดิม เพื่อช่วยให้การล้าง ทำได้รวดเร็วขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ใช้ (Current density)

จะอยู่ในราว ๆ 5-30 A/dm^2 ลักษณะของถังเคลือบดีบุก (Plating Cell) จะอยู่ในแนวตั้ง (Vertical Tank) ภายใน ถังบรรจุสารละลาย Stanous Tin ผสมกับ Phenol-sulphonic Acid ภายในถังชุบแผ่นเหล็กจะทำหน้าที่ เป็นขั้วลบ โดยมีแท่งดีบุกยาว ๆ เป็นขั้วบวกวางเรียงกัน ในแนวตั้ง เพื่อให้การเกาะติดของดีบุกดีขึ้น ตลอดจน ป้องกันการออกซิไดส์สารละลายดีบุกให้ตกตะกอน ($\text{Sn}^{2+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{4+}$) จำเป็นต้องใส่ Addition Agents ลงไป อุณหภูมิของสารละลายจะอยู่ในราว ๆ 40-50°C โดยการควบคุมให้มีการไหลหมุนเวียนตลอดเวลา ตลอดจน มีการหล่อเย็นภายในตัวชุบ แผ่นเหล็กที่เคลือบดีบุก แล้วจะมีผิวที่ขุ่นขาวด้าน ๆ ต้องนำไปทำให้ร้อนจนดีบุก หลอมละลายจึงจะเงาแวววาวเหมือนกระจกเงา จากนั้น แผ่นเหล็กที่มีดีบุกหลอมละลายจะผ่านลงไปใต้น้ำร้อน เพื่อให้ดีบุกแข็งตัว (Quench Tank)

ขบวนการทำให้ดีบุกหลอมละลายจนเกิดขึ้นของ อัลลอยด์นี้ อาจใช้วิธี Resistance Heating หรือ Induction heating ในกรณี Resistance Heating ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) แรงสูงจะถูกผ่านเข้าไปใน Conductor Roll ซึ่งจะถ่ายทอดกระแสไฟเข้าไปในแผ่น เหล็กตามลำดับ ทำให้เหล็กเกิดความต้านทานขึ้นจนเกิด ความร้อน สำหรับในถัง Induction Heating แผ่นเหล็ก จะผ่านเข้าไปในชุดของท่อทองแดงที่นำมาขดเป็นรูปสี่เหลี่ยม โดยมีน้ำหล่อเลี้ยงเย็นภายในชุดของท่อและมีกระแสไฟ วิ่งผ่าน (ใช้ไฟ 100-200 KHZ) จากนั้นกระแส Eddy Current จะเหนี่ยวนำให้เหล็กร้อนขึ้นจนดีบุกหลอม ละลาย

หลังจากที่แผ่นเหล็กเป็นเงาแวววาวแล้วจะถูกนำไปปรับผิว (Passivation Treatment) เพื่อลดปริมาณ ของดีบุกออกไซด์ที่เกิดขึ้นในช่วงการทำดีบุกหลอมละลาย (Flow Melting Period) ปริมาณของดีบุกออกไซด์นี้ พบว่า หลังจากเก็บแผ่นเหล็กไว้นาน ๆ หรือระหว่างการ ออบผิวหลังเคลือบแลคเกอร์จะมีปริมาณสูงขึ้นได้ การ ปรับผิวดังกล่าวทำได้โดยการผ่านแผ่นเหล็กลงไปในถัง

บรรจุสารละลาย Sodium Dichromate หรือ Chromic Acid หรือในบางกรณีก็ใช้สารละลาย Carbonates หรือ Phosphate เป็นต้น กรรมวิธีการปรับผิวอาจทำอย่างง่าย ๆ โดยการผ่านแผ่นเหล็กลงไปในสารละลาย แต่โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมักจะใช้วิธี Cathodic Treatment คือทำให้แผ่นเหล็กเป็นขั้วลบ ผ่านลงไปในสารละลาย Sodium Dichromate 30g/l ใช้ pH 3-5 อุณหภูมิ 75°C และมีประจุไฟฟ้า 3.7^C/dm² สำหรับขั้นตอนต่อไปจะมีความคล้ายคลึงกับกรรมวิธีการผลิตแบบ Halogen จึงจะขอนำไปกล่าวไว้ใน Halogen Process

Halogen Process

กรรมวิธีการเคลือบตีบุกแบบ Halogen Process เป็นหนึ่งใน 2 กรรมวิธีการผลิตแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกที่สำคัญในโลก ลักษณะการผลิตเป็นแบบผลิตในแนวราบ (Horizontal Process) กรรมวิธีแบบนี้ได้รับการคิดค้นขึ้นโดย E.I du Pont de Nemours, Weirton Steel Company และ Wean Engineering ในสหรัฐอเมริกา บริษัท Kawasaki Steel เป็นบริษัทแรกบริษัทเดียวในประเทศญี่ปุ่นได้นำเอากระบวนการผลิตแบบนี้มาติดตั้งในประเทศญี่ปุ่น ทั้งนี้เพราะได้สังเกตเห็นความได้เปรียบหลาย ๆ ด้าน เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการผลิตแบบอื่น ลักษณะการเคลือบตีบุกที่อยู่ในแนวราบจะช่วยให้ทำให้การผลิตแผ่นเหล็กเคลือบตีบุกที่บางมาก ๆ สามารถผลิตได้โดยไม่ยากนัก ที่ความเร็วสูง ๆ นอกจากนี้สารละลาย Electrolyte ที่ประกอบด้วย Stannous Chloride, Sodium Bifluoride และสารประกอบอีกบางอย่างก็ยังสามารถควบคุมความเข้มข้นได้ในช่วงกว้าง ๆ โดยไม่มีผลกระทบต่อเคลือบตีบุกนัก สำหรับอัตราความเร็วในการผลิต ในปัจจุบันนี้พบว่ามีความเร็วตั้งแต่ 150 เมตร/นาที จนถึง 600 เมตร/นาที (ประมาณ 9 ตัน/ชม. ถึง 36 ตัน/ชม.)

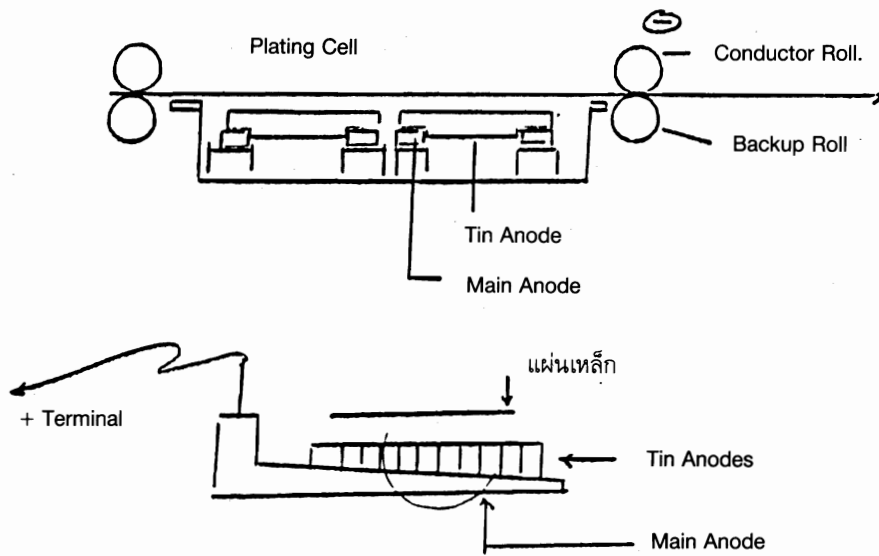
ขบวนการผลิต

ไม่ว่าจะเป็น Line ขนาดใดก็ตามก็จะมีลักษณะการผลิตแบบเดียวกันคือ เป็นขบวนการต่อเนื่องประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 เรียกว่า Entry Section ประกอบด้วยเครื่องจักรสำหรับคลี่ม้วนเหล็ก 2 ชุด เพื่อใช้งานสลับ

กันอย่างต่อเนื่อง ม้วนเหล็กจะถูกคลี่ออกเพื่อป้อนเข้าขบวนการผลิต เมื่อเหล็กในม้วนหนึ่งถูกคลี่ออกจนหมดแล้ว เหล็กจากอีกม้วนหนึ่งก็จะถูกนำมาเชื่อมให้ติดกับม้วนเดิม ด้วยการเชื่อมแบบไฟฟ้า (Electric Arc Welding) แผ่นเหล็กจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ Looping Tower ประมาณ 100 ม. เพื่อสำรองไว้เวลาเชื่อมต่อม้วนแผ่นเหล็กดำที่นำมาผลิตจะถูกล้างด้วยต่าง Sodium Hydroxide 5% ที่อุณหภูมิประมาณ 80 C เพื่อล้างเอาคราบน้ำมันให้ออกไป ภายในถังบรรจุสารละลาย Sodium Hydroxide จะมีขั้วไฟฟ้าที่ทำหน้าที่เป็นขั้วลบและบวกสลับกันทุก ๆ 20 นาที แผ่นเหล็กจะผ่านไปในขั้วไฟฟ้าเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการล้างให้ดีขึ้น หลังจากนั้นก็ล้างคราบน้ำมันออกไปแล้ว แผ่นเหล็กจะถูกฟอกถูกล้างด้วยน้ำจนสะอาดที่ Scrubber Tank ตัวที่ 1 จากนั้นแผ่นเหล็กจะผ่านเข้าไปใน Pickling Tank ที่บรรจุสารละลายกรด Sulfuric 3% อุณหภูมิประมาณ 40 C เพื่อล้างสนิมหรือเหล็กออกไซด์ออกไป กรรมวิธีในช่วงนี้อาจแตกต่างกันบ้าง ในผู้ผลิตต่าง ๆ ซึ่งบางแห่งจะใช้ Electrolytic Pickling ซึ่งปล่อยให้แผ่นเหล็กผ่านเข้าไปในถังน้ำกรด Sulfuric ที่มีขั้วไฟฟ้าบวกและลบสลับกันไป แผ่นเหล็กที่ออกจากถัง Pickling จะผ่านเข้าไปใน Rinse Tank ที่มีน้ำสเปรย์ล้างเอาน้ำกรดออกไปก่อนจะเข้าสู่ถึง Scrubber ที่ 2 ที่ทำหน้าที่ล้างเหล็กก่อนนำเข้าสู่ขั้นตอนการเคลือบตีบุก สำหรับการผลิตที่บริษัทแผ่นเหล็กวิลาส-ไทยการล้าง Oxide ในถัง Pickling เป็นการจุ่มล้างเท่านั้น ไม่ได้ทำ Electrolytic Pickling

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนการเคลือบตีบุก (Plating Section) แบ่งเป็น 3 ชั้น ชั้นที่ 1 และชั้นที่ 2 จะมีถึงเคลือบตีบุก (Plating Cell) เพื่อแยกเคลือบด้านล้างและด้านบนตามลำดับ แผ่นเหล็กที่ล้างสะอาดดีแล้วจะผ่านเข้าไป Plating Cell เพื่อชุบด้านล่างก่อนจำนวนของถังชุบ (Plating Cell) จะถูกออกแบบให้มีจำนวนเหมาะสมกับกำลังการผลิต เพื่อให้ระดับการควบคุมประจุไฟฟ้าจะอยู่ในช่วงที่เหมาะสมคือไม่เกิน 70 A/dm² ในกรณีของบริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทยในไลน์ที่ 1 ซึ่งมีความเร็วสูงสุด 153 mpm จำนวน Plating Cell ในชั้นที่ 1 และ 2 จะมีจำนวนชั้นละ 4 ถัง ในขณะที่ไลน์ที่ 2 ซึ่งมีความเร็ว



สูงสุด 180 mpm มีจำนวนถึงชุดชั้นละ 5 ถึง ภายในถึงชุดแต่ละถึงประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นขั้วลบ (Cathode) เป็นลูกกลิ้งเหล็กที่ต่อเข้ากับขั้วลบ แผ่นเหล็กจะสัมผัสกับลูกกลิ้งเหล็ก (Conductor Roll) โดยมีลูกกลิ้งยาง (Backup Roll) รองรับข้างใต้เพื่อให้จุดสัมผัสทุกจุดไม่มีช่องว่างให้เกิดกระแสไฟไหลผ่านไม่สะดวก อันจะทำให้เกิด Arc ขึ้นที่แผ่นเหล็กส่วนที่เป็นขั้วบวก (Anode) ประกอบด้วยแท่งดีบุกแท่งเล็ก ๆ ยาว ๆ จำนวนประมาณ 13 แท่ง แท่งใหญ่ที่สุดมีน้ำหนักประมาณแท่งละ 37 กก. วางเรียงกันอยู่บนแท่น (Main Anode) ที่ต่อกับขั้วไฟฟ้าบวก กระแสไฟที่ใช้ในการชุบดีบุกได้จากการแปลงกระแสไฟสลับมาเป็นกระแสตรง (AC→DC) กระแสไฟสูงสุดที่ใช้ไม่เกิน 8,000 A 18 V สารละลาย Electrolyte ใน Halogen Process จะประกอบด้วย Stannous Chloride, Sodium Bifluoride เป็นส่วนใหญ่ โดยมี Addition Agents ที่ทำหน้าที่ช่วยให้การเกาะติดของดีบุกดีขึ้นผสมอยู่เล็กน้อย นอกจากนี้ก็มีสารเคมีที่ใช้เป็นตัวจับตัว Oxidiser เช่น เหล็ก โดยใช้ Sodium Ferrocyanide เป็นต้น สารละลายนี้จะมีสภาพเป็นกรด โดยมี pH อยู่ในช่วง 3.3-3.7

Top Plating

หลังจากที่แผ่นเหล็ก (Strip) ถูกเคลือบดีบุกที่ด้านล่างแล้วก็จะวกกลับทำมุม 180° ผ่านเข้าไปบนชั้นที่ 2 เพื่อเคลือบดีบุกด้านบนของแผ่นเหล็ก ในลักษณะเดียวกันกับที่ชุบที่ด้านล่าง กระแสไฟฟ้าที่ใช้เคลือบดีบุกทั้งสองด้านอาจจะเท่ากันหรือแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปริมาณดีบุกที่ต้องการเคลือบ

Reclaim

เมื่อชุบดีบุกทั้งสองด้านเสร็จสิ้นแล้ว แผ่นเหล็ก (Strip) จะผ่านขึ้นไปบนชั้นที่ 3 โดยวกกลับทำมุม 180° ผ่านเข้าไปใน Reclaim Tank ซึ่งมีสารละลาย Sodium Bifluoride ที่ทำหน้าที่ล้าง plating Solution ที่ติดมากับแผ่นเหล็กที่เคลือบดีบุกแล้ว สารละลายดังกล่าวจะถูกนำมาใช้สเปรย์บนแผ่นเหล็กก่อนขึ้นชั้น 2 และชั้น 3 อีกด้วย

Hot Rinse Tank (Flux Tank)

แผ่นเหล็กที่ผ่านออกจาก Reclaim Tank แล้ว จะเข้าสู่ถึง Hot Rinse ซึ่งมี Ammonium Chloride กับกรด Hydrochloric เป็นสารละลาย อุณหภูมิที่ควบคุมจะอยู่ในช่วง $\approx 75^{\circ}\text{C}$ การควบคุมจะต้องทำให้เหมาะสม

กับความหนาของดีบุกที่เคลือบ โดยมีค่า pH และความเข้มข้นของอนุมูล Chloride ที่เหมาะสม หากความเข้มข้นเจือจางไปจะทำให้ผิวหน้าของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกขุ่นมัวหรือมีสีลักษณะขบขาว แต่หากมีความเข้มข้นของ Chloride สูงเกินไป หรือมีความเป็นกรดสูงเกินไปก็จะทำให้เกิด Over Flux ขึ้นได้ ซึ่งมีลักษณะเป็นจุดสีน้ำเงินกระจายบนผิวหน้า

Differential Marking

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกเมื่อผ่านออกจาก Hot Rinse Tank จะผ่านเข้าไปในที่พ่นลมร้อน (Hot Air Dryer) เพื่อเป่าให้แห้งก่อนนำเข้าไปทำเครื่องหมายที่แผ่นตามมาตรฐานสากล ในกรณีเคลือบ 2 ด้านไม่เท่ากัน การทำเครื่องหมายจะใช้สารละลาย Sodium Carbonate เคลือบไปที่เส้นยางบนลูกกลิ้งที่ถูกจัดให้มีระยะระหว่างเส้นตรงกับสัญลักษณ์ของการเคลือบดีบุกชนิดต่าง ๆ

การทำเครื่องหมายบนแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกโดยวิธีไฟฟ้า (เคลือบสองด้านไม่เท่ากัน)

รหัส	ระยะห่างระหว่างเส้นขนานทั้งสอง เป็นมิลลิเมตร	
D 6.6/2.8	12.5	
D 8.4/2.8	25	
D 8.4/5.6	25	12.5
D11.2/2.8	27.5	
D11.2/5.6	27.5	12.5
D11.2/8.4	27.5	25
D15.1/2.8	50	
D15.1/5.6	50	

Flow Brightening Zone

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ออกจากถังเคลือบจะมีสีผิวขาวขุ่นไม่เงาแวววาว แต่ภายหลังจากที่ทำให้ดีบุกที่เคลือบหลอมละลายแล้ว ความเงาแวววาวจะเกิดขึ้นทันที แต่ทั้งนี้ต้องอาศัย Hot Rinse Solution (Flux) ช่วยด้วย ในการทำให้ดีบุกที่เคลือบหลอมเหลวนั้น โดยทั่ว ๆ ไป มีวิธีการอยู่ 2 วิธี ได้แก่ Heat Resistance Type และ Induction Type บริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทยได้เลือกใช้วิธี Heat Resistance โดยการผ่านไฟฟ้า AC 90V เข้า

ไปในลูกกลิ้งที่เป็นตัวนำไฟฟ้าซึ่งจะถ่ายทอดกระแสไฟฟ้าเข้าสู่แผ่นเหล็ก ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวต้านกระแสไฟ (Resistance) ความร้อนจะถูกสะสมในแผ่นเหล็กมากขึ้น จนถึงจุดหลอมเหลวของดีบุกที่ 232°C แผ่นเหล็กที่ร้อนจะผ่านลงไปใต้น้ำร้อน (Quench Tank) เพื่อทำให้ผิวดีบุกแข็งตัว (อุณหภูมิน้ำประมาณ 80-85 °C) และนี่เองที่เป็นจุดที่ทำให้เกิด Alloyed Tin ขึ้น

Chemical Passivation

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ผ่าน Flow Brightening Zone มาแล้ว จะมีปริมาณดีบุกออกไซด์ที่จะมีแนวโน้มสูงขึ้นเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาเก็บ หรือเมื่อถูกความร้อนในเตาอบหลังจากที่เคลือบแลคเกอร์แล้ว ปริมาณดีบุกออกไซด์ดังกล่าวสามารถควบคุมให้มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากได้ (Passivation) โดยการปรับผิวด้วยวิธี CDC หรือ Cathodic Dichromate ซึ่งหมายถึงการผ่านแผ่นเหล็กลงในขั้วไฟฟ้าบวก ที่อยู่ในถังบรรจุ Sodium Dichromate ในปัจจุบันนี้ได้มีการปรับปรุงเรื่อง Chemical passivation กันมากมาย โดยการคิดค้นหากรรมวิธีที่เหมาะสมมาใช้กับชนิดของอาหารที่จะบรรจุ ซึ่งก็มีหลายบริษัท ใช้ Cathodic Carbonate สำหรับแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่จะนำไปบรรจุนม เป็นต้น วัตถุประสงค์ที่ทำให้ Chemical Passivation ก็คือต้องการให้ผิวหน้าของดีบุกทนทานต่อสภาวะการบรรจุหลาย ๆ รูปแบบได้อย่างไรก็ตามวิธีที่นิยมทั่ว ๆ ไปก็จะเป็นวิธี CDC หรือ Cathodic Dichromate คือใช้สารละลาย Sodium Dichromate เข้มข้น 30 g/l pH 4.5 อุณหภูมิประมาณ 45°C (บางแห่งใช้ถึง 75°C) เพื่อทำให้เกิด Chromium Oxide หรือ Nonmetallic Chrome แทรกซึมอยู่ระหว่าง Tin Oxide ในวิธีดังกล่าวประจุไฟฟ้าที่ใช้จะอยู่ในช่วง 3-5 C/dm²

Final Washer การล้างครั้งสุดท้าย

เป็นการล้างเอาสารละลาย Sodium Dichromate ที่ติดออกไปให้หมด น้ำที่ล้างมักใช้แรงดันสูงประมาณ 2-3 kg/cm² โดยรักษาอุณหภูมิที่ 80°C น้ำที่ใช้ Spray มีทั้งน้ำอ่อน (Softened Water) และน้ำ Demineralize หลังจากล้างจนสะอาดแล้ว ก็จะผ่านเข้าไปที่ Hot Air Dryer เพื่อเป่าลมร้อนให้แผ่นเหล็กแห้ง เพื่อให้แน่ใจว่า

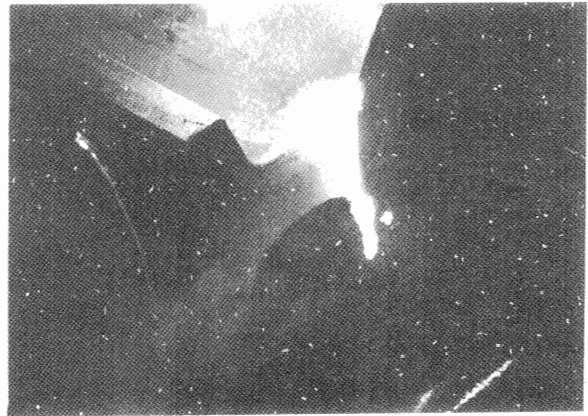
ลมร้อนจะมีอุณหภูมิสูงตามกำหนด ทางบริษัทได้ติดตั้ง Alarm ไว้ในกรณีที่แรงดันของไอน้ำ (Steam Pressure) ลดต่ำกว่าช่วงควบคุม

การเคลือบน้ำมัน

แผ่นเหล็กที่ถูกลมร้อนเป่าจนแห้งแล้ว จะถูกนำไปเคลือบน้ำมันเพื่อช่วยให้แผ่นเหล็กไม่เกาะติดกัน มีผิวที่ลื่นอีกทั้งยังช่วยลดรอยขีดข่วนได้บ้าง น้ำมันที่ใช้เคลือบเป็นน้ำมัน DOS-A หรือ Dioctyl Sebacate Oil ปริมาณน้ำมันที่เคลือบขึ้นอยู่กับการใช้งานของแผ่นเหล็ก ในกรณีที่แผ่นเหล็กจะต้องเคลือบแลคเกอร์ ปริมาณน้ำมันจะต้องน้อย เพื่อป้องกันการเกิดแลคเกอร์ไม่เกาะติด หรือเกิด Eyehole เป็นต้น โดยปกติปริมาณน้ำมันสำหรับแผ่นแลคเกอร์ หรือพิมพ์สีจะควบคุมอยู่ประมาณ 0.1 g/BB หรือ 2.47/2.47 mg/m² กรรมวิธีการเคลือบน้ำมันเป็นวิธีสากสนิมคือวิธี Electrostatic Oiling โดยให้แผ่นเหล็กที่เป็น Neutral วิ่งผ่านแผ่นเหล็กที่มีประจุเป็นลบ น้ำมัน DOS-A จะถูกพ่นเป็นฝอยแล้วทำให้ประจุเป็นลบด้วย Ionizer ใช้ Voltage ประมาณ 16 Volt. น้ำมันที่มีประจุนี้จะถูก Secondary Air ที่ผลิตขึ้นโดย Air Blower พัดพาลอยขึ้นไปในห้องเครื่องแล้วถูกผลักด้วยแผ่น Plate ที่มีประจุเป็นลบ ทำให้น้ำมันเกาะติดที่แผ่นเหล็กอย่างสม่ำเสมอ

เครื่องตรวจสอบปริมาณดีบุกและโครเมียม

เพื่อให้ปริมาณดีบุกและโครเมียมอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตลอดเวลา บริษัทฯ ได้ติดตั้งเครื่อง X-ray Fluorescent ไว้ในขบวนการผลิต 2 เครื่อง เครื่องแรกได้ติดตั้งเมื่อปี 1981 โดยติดตั้งที่เครื่องจักรชุดที่ 1 ใช้สำหรับวัดปริมาณดีบุกแต่เพียงอย่างเดียว เป็นเครื่องที่มี Radiation Source เป็นสารกัมมันตรังสี Americium 241 ซึ่งมี Half Life สูงถึง 460 ปี และมีขนาด 100 mCi การทำงานของ Detector แยกทำงานเป็น 2 หัวเพื่อตรวจวัดได้ทั้งด้านบนและด้านล่างโดยปกติแล้วหัววัด จะทำการวัดตั้งแต่ขอบหนึ่งถึงอีกขอบหนึ่ง ปริมาณของ X-ray Fluorescent ที่วัดได้โดย Proportional Counter จะถูกเปลี่ยนเป็น Pulse Height Voltage แล้วถูกส่งไปหน่วย CPU ของ Computer เพื่อที่จะแสดงผลออกมาในรูปของ Digital Display และในขณะเดียวกันก็จะ



Print ออกมาเป็นตัวเลขให้สามารถเก็บบันทึกได้

ต่อมาในปี 1982 เมื่อเครื่องจักรชุดที่ 2 เพื่อผลิตแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกและแผ่นเหล็กทินพรีเกิดขึ้น ความจำเป็นในการติดตั้งเครื่องตรวจวัดปริมาณ Chromium บนแผ่นทินพรีมีมากขึ้น และต่อมาก็ได้ติดตั้งเครื่อง X-ray Fluorescent ที่ใช้ X-Ray Source เป็นหลอด X-Ray Tube ซึ่งเป็นของประเทศญี่ปุ่นสามารถวัดได้ทั้งดีบุกและ Chromium เพียงแต่ต้องเลือกใช้ Filter ให้เหมาะสมเท่านั้น เพื่อเสริมสร้างความมั่นใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ต่างๆ ได้ถูกตั้งเพื่อจะได้คัดแยกแผ่นเหล็กส่วนที่ไม่ได้มาตรฐานออกไป ตลอดจนทำเครื่องหมายบนแผ่นที่ไม่ได้ตาม Specification

เครื่องตรวจสอบรู (Pinhole Detector)

เพื่อให้สามารถคัดแยกแผ่นเหล็กที่มีรูออกไป บริษัทฯ ได้ติดตั้งเครื่องตรวจสอบรูไว้ถึง 2 เครื่อง เพื่อจะได้เพิ่มความมั่นใจในการตรวจสอบ เครื่องตรวจสอบรูประกอบด้วยหลอด Iodine ประกอบไว้ในส่วนบนของเครื่อง แสงจากหลอด Iodine จะตกกระทบบนแผ่นเหล็ก หากมีรูปรากฏบนแผ่นเหล็ก แสงที่รั่วจะผ่านไปหัว Detector แล้วเข้าเครื่องขยายสัญญาณ ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องทำเครื่องหมาย แผ่นเหล็กที่ถูกทำเครื่องหมาย จะถูกตัดลงไปในช่องคัดออกเพื่อนำไปคัดแยกต่อไป

เครื่องวัดความหนา (Thickness Gauge)

เครื่องวัดความหนาของเครื่องจักรทั้งสองชุด เป็นเครื่องวัดที่มี Americium 241 ขนาด 300 mCi เป็น Radiation Source รังสี γ จากเครื่องตรวจสอบจะผ่านไบบนแผ่นเหล็ก

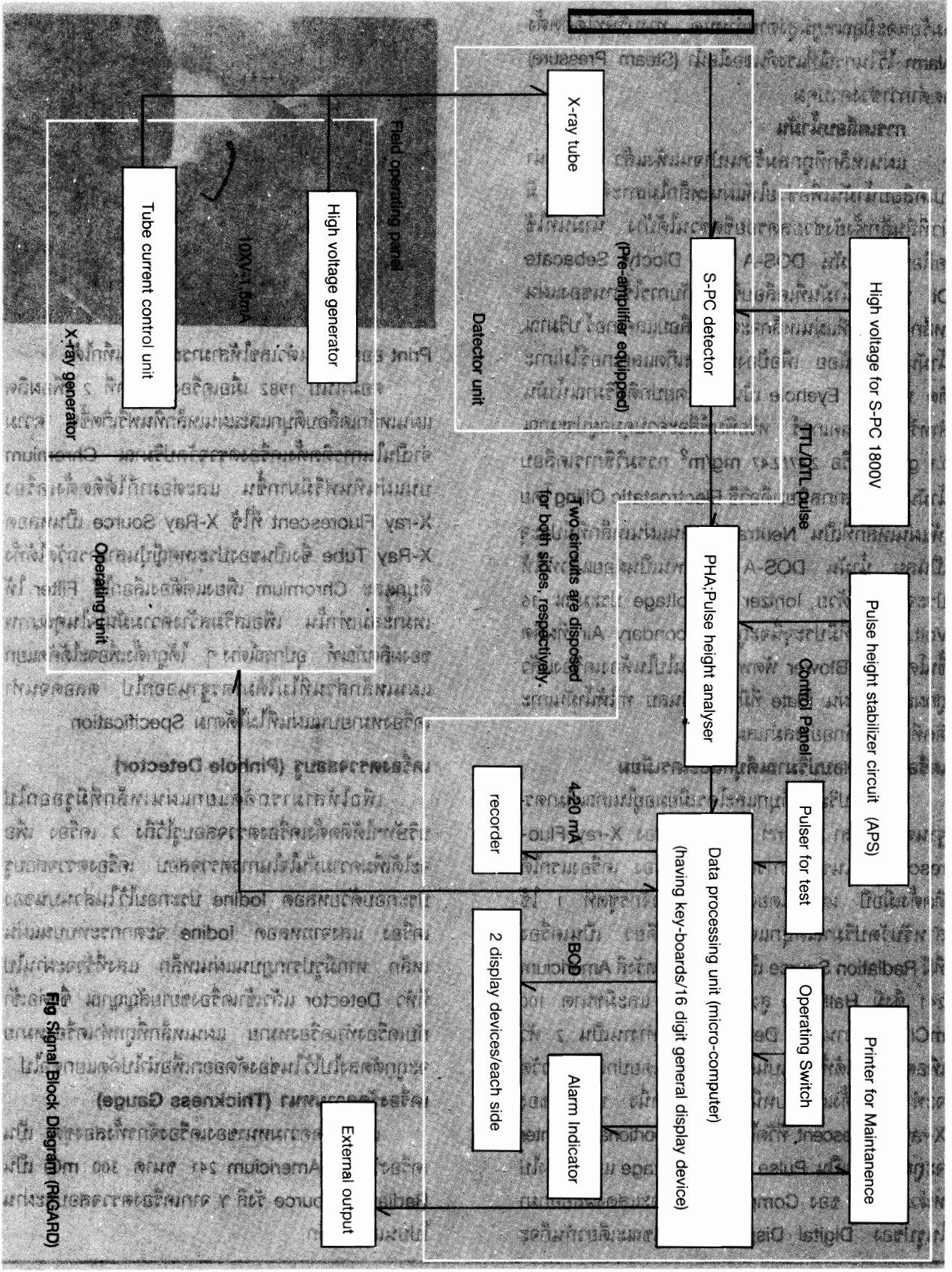


Fig Signal Block Diagram (RIGARD)

เครื่องตัดเหล็ก (Leveller Rolls)

แผ่นเหล็กที่ผ่านเข้าไปในขบวนการ จะต้องวิ่งผ่าน ลูกกลิ้งในทิศทางต่าง ๆ ทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ทำให้รูปร่างของแผ่นอาจโค้งงอได้ Leveller Roll จะทำหน้าที่รีดแผ่นให้ตรงได้

เครื่องตัดแผ่น (Rotary Shear)

แผ่นเหล็กที่เคลือบดีบุกแล้วและแผ่นเหล็กทินพรี (Tinplate Strip & TFS Strip) จะถูกตัดให้ได้ความยาวตามต้องการ โดยเครื่องตัด Rotary Shear ในเครื่องจักรชุดที่ 1 ระบบการตัดเป็นแบบ Fly Shear มีข้อยุ่งยากที่ต้องหยุดเครื่องปรับ Shear ให้อยู่ในช่วง Gear ที่เหมาะสมในเวลาเปลี่ยนขนาดจากขนาดหนึ่งไปอีกขนาดหนึ่งที่มีความยาวแตกต่างกัน ในกรณีเครื่องตัดชุดที่ 2 เป็นแบบ Numerical Control แผ่นเหล็กจะถูกตัดให้ได้ขนาดตามต้องการ โดยการคำนวณความยาวที่ต้องการตัดจาก Pulse ของ Measuring roll ในการควบคุมแบบนี้สามารถทำได้โดยต่อเนื่องไม่ต้องหยุดการผลิตในการเปลี่ยนขนาดผลิต

การบรรจุหีบห่อ (Packaging)

แผ่นเหล็กที่ถูกตัดได้ขนาดแล้วจะถูกลำเลียงโดยสายพาน (Conveyor) เพื่อส่งไปเรียงกันจนเต็มตั้ง ให้ได้จำนวนแผ่นตามที่กำหนดไว้

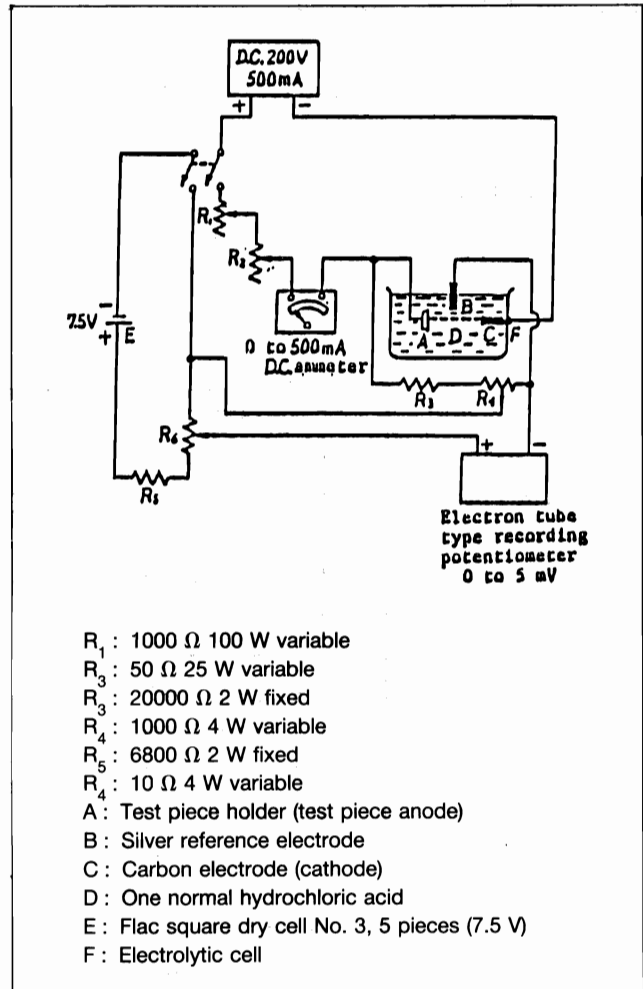
การควบคุมคุณภาพของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก

แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกที่ผลิตโดยบริษัทแผ่นเหล็กวิลาสไทย จะได้รับการตรวจสอบจากฝ่ายควบคุมคุณภาพอย่างเข้มงวด เพื่อให้ได้คุณลักษณะตามมาตรฐานสากล การตรวจสอบแยกออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

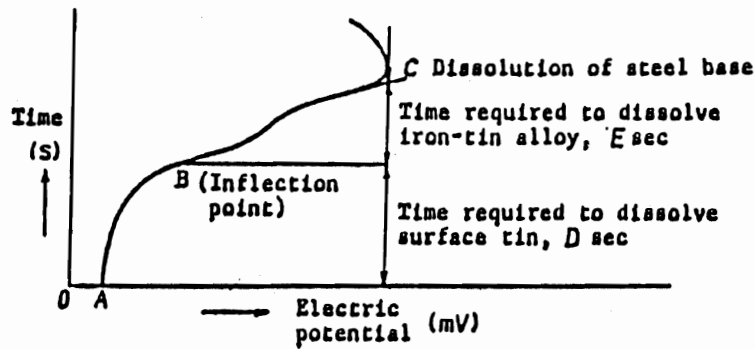
การตรวจสอบทางกายภาพ โดยการตรวจสอบขณะผลิต แผ่นเหล็กเคลือบดีบุกนอกจากจะได้รับการตรวจสอบปริมาณดีบุกที่เคลือบ ความหนาของเหล็ก โดยเครื่องตรวจสอบแล้ว ยังใช้เจ้าหน้าที่ตรวจสอบถึง 3 จุด เพื่อคัดแยกแผ่นมีตำหนิไม่ให้ปนเข้าไปในคุณภาพชั้นหนึ่ง นอกจากการตรวจสอบทางกายภาพด้วยตาแล้ว การวัดขนาด วัดความหนา ความกว้าง ความยาว ความไม่ได้นაკ ความโค้งงอของแผ่น ตลอดจนกลิ่นและคมของแผ่น ก็ได้มีการตรวจสอบทุก ๆ ม้วนเหล็ก ขนาด 6 ตัน และทำการตรวจวัดม้วน (Coil) ละ 3 ครั้ง ๆ ละแผ่น การวัดความ

หนาจะใช้ micrometer ที่มีความละเอียดถึง 0.001 mm. ส่วนการวัดความยาวและความกว้างใช้ Vernier ขนาดละเอียด 0.01 mm. เช่นกัน

การตรวจสอบในห้องปฏิบัติการเคมี นอกจากการตรวจสอบความเข้มข้นและรายละเอียดบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับสารละลายที่ใช้ในขบวนการผลิตแล้ว การตรวจสอบคุณสมบัติทางกลและทางเคมีของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ก็ได้ทำกันอย่างต่อเนื่อง เช่น การตรวจวัดความแข็งผิวโดยใช้เครื่องวัดความแข็งแบบ HR-30T การวัดรอยอัดขึ้นรูป (Erichsen Test, Cupping Test) ตลอดจนการวัดปริมาณดีบุกที่เคลือบโดยวิธี Coulometric Analysis ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้กระแสไฟฟ้าดึงเอาดีบุกออกจากตัวอย่างที่เป็นขั้วบวก โดยมีแท่งคาร์บอนเป็นขั้วลบใน Cell ที่มีกรดเกลือ 1 N เป็น Electrolyte



Electric Potential-Time Curve



นอกจากการตรวจสอบความหนาดีบุกที่เคลือบแล้ว
บริษัทยังได้จัดให้มีการตรวจสอบคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น

1. ISV (Iron Solution Value) ซึ่งเป็นการตรวจสอบการทนต่อการกัดกร่อนในสารละลาย Ammonium Thiocyanate โดยมีกรด H_2SO_4 เป็นสารละลายกัดกร่อน
2. Tin Crystal Size
3. Oxide Film เป็นปริมาณรวมของ Oxide ทั้ง

หมดทั้ง Tin Oxide และ Chromium Oxide

4. Sulfur Dioxide Test
5. Thiocyanate Value
6. ปริมาณ Chromium Oxide
7. ปริมาณน้ำมันที่เคลือบโดยใช้เครื่อง Hydro-phyl Balance

การควบคุมคุณภาพ

ปริมาณดีบุกที่เคลือบ

	รหัส	น้ำหนักระบุ กรัมต่อตารางเมตร	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่ำสุด กรัมต่อตารางเมตร
วิธีไฟฟ้าเคลือบ สองด้านเท่ากัน	B 2.5/2.5 (B25)	2.8/2.8 (5.6)	4.9
	B 4.2/4.2 (E 33)	4.2/4.2 (8.4)	7.6
	B 5.6/5.6 (E 50)	5.6/5.6 (11.2)	10.5
	E 8.4/8.4 (E 75)	8.4/8.4 (16.8)	15.7
	E 11.2/11.2 (E 100)	11.2/11.2 (22.4)	20.2
	E 14/14 (E 125)	14/14 (28.0)	25.8
วิธีไฟฟ้าเคลือบ สองด้านไม่เท่ากัน	D 5.6/2.8 (D 50/25)	5.6/2.8	5.05/2.25
	D 8.4/2.8 (D 75/25)	8.4/2.8	7.85/2.25
	D 8.4/5.6 (D 75/50)	8.4/5.6	7.85/5.05
	D 11.2/2.8 (D 100/25)	11.2/2.8	10.1 /2.25
	D 11.2/5.6 (D 100/50)	11.2/5.6	10.1 /5.05
	D 11.2/8.4 (D 100/75)	11.2/8.4	10.1 /7.35
	D 15.1/2.8 (D 135/25)	15.1/2.8	14.0 /2.25
	D 15.1/5.6 (D 185/50)	15.1/5.6	14.0 /5.05

ปริมาณน้ำมันที่เคลือบ

เป้าหมาย		การใช้งาน
g/BB	mg/2 ² (1 ตัน)	
0.10 ± 0.02	2.47	นำไปเคลือบแลคเกอร์และพิมพ์สี
0.13 ± 0.02	3.21	แผ่นเหล็กทึนฟรี
0.17 ± 0.02	4.20	ฝากระป๋อง
0.20 ± 0.03	5.93	ตัวกระป๋องทั่วไป
0.22 ± 0.05	6.67	สำหรับกรณีที่ต้องการเคลือบน้ำมันมาก

ความแข็งผิว HR-30T

ROCKWELL HARDNESS RANGE 30T

DESIGNATION	BLACK PLATE	TIN PLATE (DETINED)
r1	47 ± 5	49 ± 5
r2	51 ± 5	53 ± 5
r2½	53 ± 5	55 ± 5
r3	55 ± 5	57 ± 5
r4 - CA	59 ± 5	61 ± 5
r5 - CA	63 ± 5	65 ± 5
DR 8	71 ± 5	73 ± 5
DR 9	74 ± 5	76 ± 5
DR 9M	75 ± 5	77 ± 5
DR 10	78 ± 5	80 ± 5

ขนาดและรูปร่าง

ความกว้างและความยาว

ความกว้างและความยาวของแผ่นจะผิดไปจากขนาดที่ผลิต (Production Size) ไม่เกิน 3 มม. และไม่น้อยกว่า 0 มม.

ความไม่ได้อาก

ความไม่ได้อาก (Out of Squareness) ที่มุมใดของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ต้องไม่เกินร้อยละ 0.15 โดยยอมให้เกินร้อยละ 0.15 ไปจนถึงร้อยละ 0.25 ได้ แต่จำนวนแผ่นที่เกินต้องไม่เกินร้อยละ 5 ของจำนวนแผ่นที่ใช้ทดสอบ

คลื่นของขอบ

คลื่นของขอบ (Edge Waviness) เมื่อวางแผ่นเหล็กบนพื้นราบจะต้องไม่มีคลื่นที่ขอบของแผ่นสูงกว่า 3 มม. (จำนวนคลื่นและข้อตกลงเฉพาะให้เป็นไปตามข้อตกลงของผู้ซื้อและผู้ขาย)

ขอบโค้ง

ขอบโค้ง (Camber) ของแผ่นที่ด้านใดด้านหนึ่ง ต้องไม่เกินร้อยละ 0.15 จากเส้นแนวราบของด้านนั้น

ความหนาที่แตกต่างกันภายในแผ่น

ความหนาที่แตกต่างกันภายในแผ่น ต้องไม่เกิน $\pm 4\%$

ความหนาเฉลี่ยของแผ่นที่แตกต่างจากความหนาระบุ

ความหนาเฉลี่ยของแผ่นที่แตกต่างไปจากความหนาระบุต้องมีค่าไม่เกิน $\pm 8\%$

คมหรือสันของแผ่น (Burr)

คม (Burr) ของรอยตัดของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ที่นำไปเคลือบแลคเกอร์หรือพิมพ์สีต้องมีค่าไม่เกิน 30 ไมครอน (0.03 มม.) และมีค่าไม่เกิน 40 ไมครอน (0.04 มม.) สำหรับคมของแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกทั่วไป

ความโค้งของแผ่น

ความโค้งของแผ่นเมื่อทดสอบโดยยึดแผ่นเหล็กเคลือบดีบุกให้อยู่ในแนวตั้ง ที่จุดกึ่งกลางของแผ่น แล้ววัดความโค้งของแผ่นที่ห่างจากเส้นสมมุติ ซึ่งเชื่อมระหว่างขอบตรงข้ามทั้งสองของแผ่นจะโค้งได้ไม่เกิน 25 มม. สำหรับช่วงวัดที่ต่ำกว่า 750 มม. และจะต้องไม่เกิน 30 มม. สำหรับช่วงวัดที่เกินกว่า 750 มม.

