เอกสารวิชาการ

ช่างต่อเรือใยแก้ว

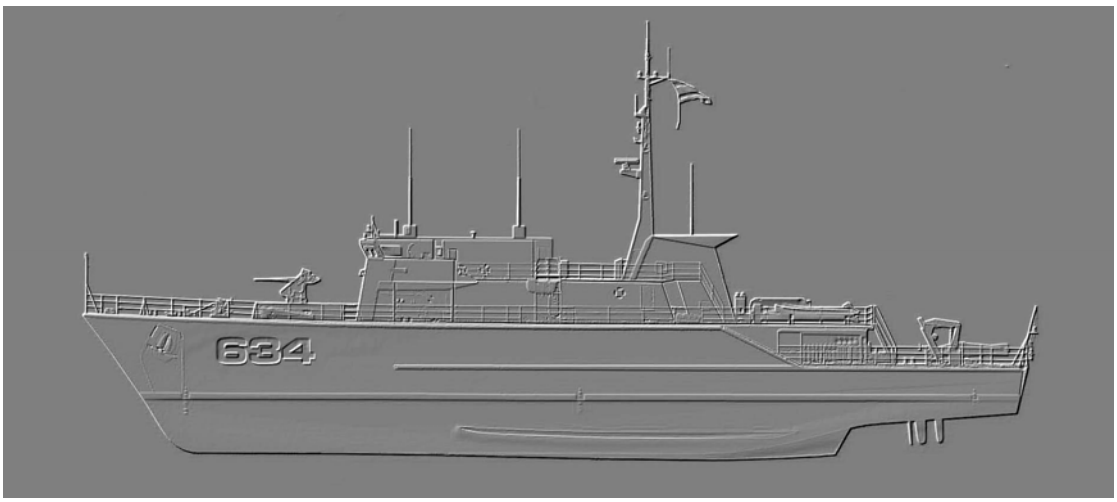
กรมอู่ทหารเรือ

(จัดพิมพ์เมื่อ กันยายน ๒๕๔๘)

ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับวิชาช่างต่อเรือใยแก้ว(GRP.)

บทนำ

กองทัพเรือได้ว่าจ้างอู่ต่อเรือ INTERMARINE SpA. ประเทศสาธารณรัฐอิตาลี ต่อเรือล่าทำลายทุ่นระเบิด ชุด ร.ล.ลาดหญ้า (มีจำนวน ๒ ลำ คือ ร.ล.ลาดหญ้า และ ร.ล.ท่าดินแดง) เพื่อทดแทนชุดเดิมที่ปลดระวางไป ที่น่าสนใจก็คือเรือชุดนี้สร้างด้วยวัสดุที่เรียกว่า GLASS REINFORCED PLASSTIC หรือ GRP. ในระหว่างที่เรือกำลังถูกสร้างอยู่นั้นผู้เขียนได้มีโอกาสไปเป็นหัวหน้าคณะฝึกงานเกี่ยวกับการซ่อมทำตัวเรือ ทำให้ได้มีโอกาสศึกษาขั้นตอนการสร้างตัวเรือทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ ซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์อย่างมาก ผู้เขียนได้ทำการรวบรวมขั้นตอนและเทคนิคต่าง ๆ มานำเสนอให้ผู้อ่านได้รับความรู้ เพื่อเป็นพื้นฐานเบื้องต้นสำหรับผู้สนใจ หรือผู้ปฏิบัติงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการซ่อมทำเรือชุดนี้ และเรือชุดอื่นๆ ที่ทำด้วยวัสดุ GRP.



นาวาเอกชูเกียรติ เทพาลัย

สารบัญ

บทที่ ๑	ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ GRP.	หน้า	๑
บทที่ ๒	คำจำกัดความของวัสดุและกรรมวิธีในการผลิต GRP.	หน้า	๕
บทที่ ๓	ขั้นตอนการผลิต GRP.	หน้า	๑๐
บทที่ ๔	วิธีการซ่อมทำผลิตภัณฑ์ GRP.	หน้า	๑๙
บทที่ ๕	วิธีการซ่อมทำถัง GRP.	หน้า	๓๙
บทที่ ๖	การควบคุมการผลิตและการควบคุมคุณภาพ	หน้า	๔๔
บทที่ ๗	ข้อควรระมัดระวังเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน	หน้า	๕๓

บทที่ ๑

ทฤษฎีเบื้องต้นเกี่ยวกับ GRP.

INTRODUCTION TO PLASTIC MATERIALS

PLASTIC MATERIALS สามารถที่จะแบ่ง (จำแนก) ได้เป็น ๒ จำพวกหลักๆ คือ “THERMOPLASTICS” และ “THERMOSETTING” ขึ้นอยู่กับผล (ปฏิกิริยา) ของความร้อนต่อคุณสมบัติต่างๆ ของ PLASTIC

THERMOPLASTICS MATERIALS ก็คล้ายกับโลหะอื่นๆคือจะแข็งตัวหรืออ่อนตัวขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ (TEMPERATURE) อ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและแข็งตัวเมื่อเย็นลง กรรมวิธีอ่อนตัวและแข็งตัวตามสเกลอุณหภูมินี้สามารถเกิดขึ้นซ้ำได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ โดยปราศจากปฏิกิริยาใดๆ ต่อคุณสมบัติต่างๆ ที่สามารถมองเห็นได้ ไม่ว่าในสถานะใด

THERMOSETTING MATERIALS ในทางตรงกันข้ามในขั้นแรกจะอ่อนตัวเมื่อถูกความร้อนและสามารถขึ้นรูป (MOLDING) ได้ในสภาวะอ่อนตัว ถ้าให้ความร้อนต่อไปจะเป็นสาเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในวัตถุทำให้เกิดการแข็งตัวเกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่สามารถหลอมละลายได้ กรรมวิธีนี้ไม่สามารถย้อนกลับได้ (IRREVERSIBLE) และ THERMOSETTING MATERIALS ไม่สามารถที่จะนำกลับไปขึ้นรูปได้อีก

THERMOPLASTIC MATERIALS โดยปกติจะไม่ใช้เป็นวัสดุโครงสร้าง (STRUCTURE MATERIALS) เพราะไม่สามารถยืดหยุ่นได้ (INFLEXIBLE) และมีความแข็งแรงน้อยกว่า THERMOSETTING MATERIALS และ THERMOSETTING MATERIALS จะยิ่งแข็งแรงเป็นพิเศษเมื่อนำวัสดุซึ่งมีคุณสมบัติแข็งและเหนียวมาเสริมเข้าไป (REINFORCING MATERIAL) เช่น FIBERGLASS หรือ GRASS FIBER จะได้วัสดุโครงสร้างซึ่งมีคุณสมบัติไม่แตกหักได้ง่ายๆ แข็ง (RIGID) และเป็นผลิตภัณฑ์ที่ทนทาน (DURABLE) มากกว่า RESIN ที่ไม่ได้เสริมวัสดุเสริมความแข็งแรง (UNREINFORCED RESIN)

POLYESTER RESINS หรือถ้าจะเรียกให้ถูกต้องคือ UNSATURATED POLYESTER RESINS จัดเป็น THERMOSETTING MATERIALS มีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อม (SYRUPS) ซึ่งสามารถนำไปใช้งานได้หลากหลายวิธี โดยใช้งานร่วมกับCATALYSTS และ ACCELERATORS POLYESTER RESINS นับว่าเป็นสิ่งที่ก้าวล้ำเพราะว่าไม่มีผลิตภัณฑ์ชนิดใดที่มีคุณสมบัติเสมอเหมือนในระหว่างกรรมวิธีแข็งตัว (CURING PROCESS) และ ในการขึ้นรูป (MOLDING) ไม่จำเป็นต้องอาศัยกำลังดันสูง (HIGH PRESSURES) POLYESTER RESINS ถูกนำมาใช้ครั้งแรกในทางการค้าระหว่าง ค.ศ. ๑๙๓๕ - ๑๙๔๕ ระหว่างสงครามโดยถูกออกแบบให้ใช้ทำอุปกรณ์ป้องกันเรดาร์ ภายหลังสงคราม POLYESTER RESINS ยังคงได้รับการพัฒนาใช้งานในวงการอุตสาหกรรมอากาศยานเป็นส่วนใหญ่ จนกระทั่งราคาของ RESINS และ GLASS FIBER ถูกลง ในระหว่าง ปี ค.ศ. ๑๙๕๒ - ๑๙๕๕ มี GLASS REINFORCEMENT ที่มีราคาถูกและหาได้ง่าย

คือ “CHOPPED STRAND MAT” (ใยแก้วชนิดผืนเส้นสั้น) ด้วยเหตุที่มีราคาถูกประกอบกับคุณสมบัติที่เป็นที่ดึงดูดความสนใจทำให้กลายเป็นจุดเริ่มต้นที่ทำให้วัสดุประเภทนี้ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง

ปัจจุบันเรือพลาสติกเกือบทั้งหมดสร้างด้วย POLYESTER RESIN ที่เสริมความแข็งแรงด้วย GLASS FIBERS ในรูปของ MATS หรือ FABRICS เป็นต้น ในชิ้นส่วนหลักๆ ของเรือจะขึ้นรูป (MOLDED) โดยกรรมวิธี HAND LAY - UP มีส่วนน้อยที่ขึ้นรูปโดยกรรมวิธีสุญญากาศ (VACUUM) และกรรมวิธีอัดอากาศ (PRESSURE BAG) ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะกรรมวิธี HAND LAY - UP เท่านั้น

GLASS REINFORCED PLASTIC (GRP.) เป็นวัสดุที่เหมาะสมและเป็นที่ต้องการสำหรับโครงสร้างของเรือล่าทำลายทุ่นระเบิด(MINE-HUNTER) เพราะมีคุณสมบัติ HIGH SHOCK ABSORPTION และLOW MAGNETIC นอกจากนั้นยังเกิดปฏิกิริยา OXIDATION ได้น้อย สามารถตัดปัญหาเรื่องของสนิมไปได้

ยังมี RESINS อีก 2 ชนิดที่สามารถใช้สำหรับโครงสร้างของเรือได้คือ EPOXIDES และ PHENOLICS ทั้งสองชนิดไม่สะดวกในการนำมาใช้งาน และมีราคาแพงจึงไม่เป็นที่นิยม EPOXIDES จะมีคุณสมบัติทางฟิสิกส์และทางกลดีกว่า POLYESTERS โดยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้กับงานที่ต้องการคุณสมบัติต่างๆ สูง และคุ้มค่ากับราคา ส่วน PHENOLICS มีคุณสมบัติต่างๆต่ำกว่า POLYESTERS จึงไม่ถูกนำมาใช้งานมากนักตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน

สำหรับ POLYESTERS RESINS ในทางตรงกันข้ามสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้มากมายหลายอย่าง เช่น ใช้เป็นสารป้องกันสารเคมี (CHEMICALLY RESISTANT) สารทนไฟ (FIRE RESISTANT) และ สารทนความร้อน (HEAT RESISTANT)

บทที่ ๒

คำจำกัดความของวัสดุและกรรมวิธีในการผลิต GRP.

DESCRIPTION OF GRP. MATERIALS AND PROCESSES

๑. GRP. LAMINATE

GRP. LAMINATE เป็นผลิตภัณฑ์ที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อ POLYESTER RESIN และ GLASS REINFORCEMENT จับตัว (SET UP) ขึ้นภายในแม่พิมพ์ (FORMING MOLDS) คุณลักษณะทางกลและทางฟิสิกส์ของวัสดุแต่ละชนิดจะต้องถูกควบคุมในระหว่างกรรมวิธี อัตราส่วนผสม (RATIO) ที่ถูกต้องขององค์ประกอบแต่ละตัว ประกอบกับเทคนิคการคำนวณ ประสบการณ์และความชำนาญเฉพาะด้าน จะช่วยให้ผลงาน (ผลิตภัณฑ์) ที่ได้ออกมาอยู่ในสภาพดีและมีคุณภาพ

๒. CHEMICAL NATURE OF RAW MATERIALS USED IN THE LAMINATE

๒.๑ RESINS

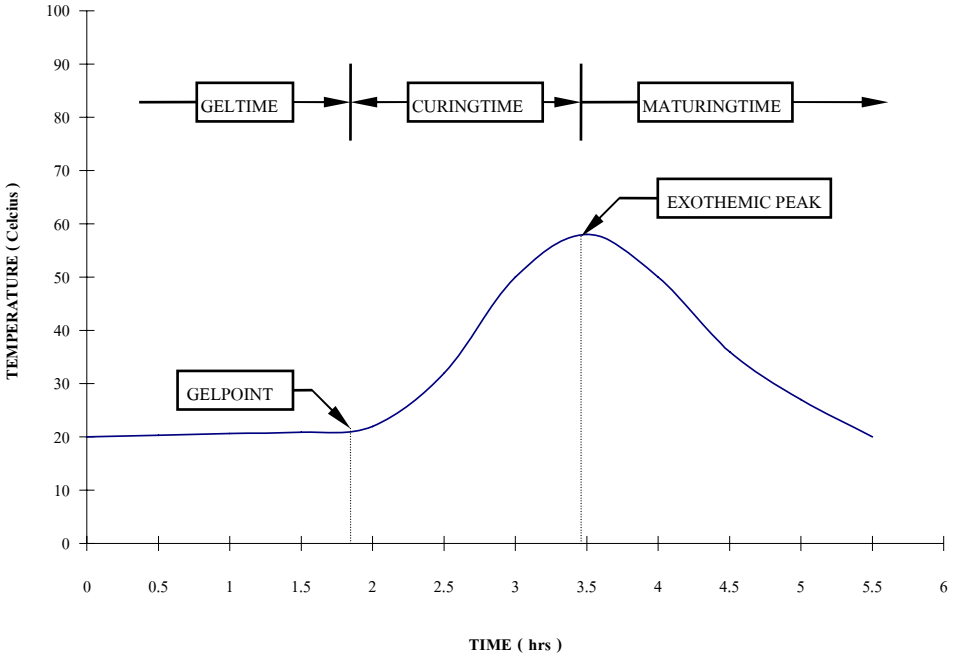
RESINSสามารถผลิตได้โดยการผสมส่วนประกอบที่แน่นอนของวัตถุที่ได้มาจากถ่านหิน (COAL) หรือปิโตรเลียม (PETROLEUM) ในอุตสาหกรรมเคมี อะตอมของโมเลกุลจะยึดเข้าด้วยกันเกิดเป็นพันธะยึดเหนี่ยว (BOND) ในวิถีทางเฉพาะ หรือในความหมายที่เรียกว่าเกิดปฏิกิริยา (REACTION) ปฏิกิริยาเป็นสาเหตุให้สสารหรือวัตถุเปลี่ยนแปลงรูปร่าง โมเลกุลบางตัวอาจจะอยู่ในสภาพไม่อิ่มตัว(UNSATURATED POINTS) ซึ่งสามารถที่จะเกิดเป็นพันธะคู่ (DOUBLE BOND) ได้ในกรรมวิธีนี้และพันธะคู่นี้ก็จะไปสัมผัส (จับ) กับพันธะคู่อื่นๆ ที่เกิดขึ้น ถ้ากรรมวิธี ดังกล่าวเกิดขึ้นกับโมเลกุลของ POLYESTER ก็จะสามารถเกิดเป็นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ขึ้น (POLYMERIZE) ถ้ามี VINYLIC MONOMER ปรากฏออกมา (สารซึ่งโมเลกุลที่จะเกิดพันธะเคมีกับโมเลกุลตัวอื่นเกิดเป็น POLYMER ได้)

เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้ว่า โมเลกุลใดๆ ก็ตามที่ซึ่งสามารถเกิดพันธะทางเคมีกับโมเลกุลอื่นๆ เราเรียกว่า MONOMER VINYLIC MONOMER เป็น MONOMER ของ VINYL FAMILY (ซึ่งเป็นตระกูลของ STYRENE) เมื่อ UNSATURATED POLYESTER ทำปฏิกิริยากับ VINYLIC MONOMER จะเกิดเป็นผลิตภัณฑ์เหนียวๆ ซึ่งเรียกว่า “POLYESTER RESIN” ปฏิกิริยาแบบลูกโซ่จะเกิดขึ้นได้โดยเริ่มจากตัว CATALYST ซึ่งโดยปกติจะใช้สาร ORGANIC PEROXIDES เพราะว่าก่อนการผสมจะเกิดกรณี “FREE RADICALS” ขึ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุ (จุดเริ่มต้น) ของการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิของ PEROXIDE จะสามารถเพิ่มได้โดยการเติมสารบางตัวเข้าไป ซึ่งโดยทั่วไปสารที่เติมเข้าไปนี้จะต้องมีส่วนผสมของ COBALT เป็นหลัก สารที่ว่านี้เรียกว่า “PROMOTERS” หรือ “ACCELERATORS”

๒.๒. POLYMERIZATION REACTION

ส่วนผสมของ RESIN ประกอบด้วย LIQUID POLYESTER RESIN + CATALYST + PROMOTER เราเรียกว่า “RESIN SYSTEM” สามารถที่จะแข็งตัวได้อย่างรวดเร็วแม้ในสภาวะ

อุณหภูมิปกติ (ENVIRONMENTAL TEMPERATURES) และช่วงเวลาในการแข็งตัวจะแปรเปลี่ยนไปตามความเข้มข้นของส่วนผสม ซึ่งตรงจุดนี้เองเปิดโอกาสให้เราสามารถนำไปพัฒนากรรมวิธีในการทำงานได้ตามความต้องการ ปฏิกิริยา POLYMERIZATION เป็นปฏิกิริยา EXOTHERMIC (เกิดความร้อน) เนื่องจากปฏิกิริยานี้ทำให้เกิดความร้อนจำนวนมหาศาล เพราะฉะนั้นจะต้องคำนึงถึงอุณหภูมิของบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงานที่จะไปทำให้อุณหภูมิของสภาพแวดล้อมเพิ่มขึ้น กรรมวิธี POLYMERIZATION จะเป็นเหตุให้มวลของของเหลว (LIQUID MASS) กลายสถานะเป็น GEL PHASE โดยทันทีทันใด และหลังจากนั้นก็จะกลายเป็นของแข็ง ช่วงปฏิกิริยาที่สำคัญๆ แสดงดังแผนภูมิ



แผนภูมิ TYPICAL REACTION ของ POLYESTER RESIN ที่ทำปฏิกิริยาแข็งตัว

๑. GEL TIME

เป็นช่วงเวลาตั้งแต่เติม CATALYST จนกระทั่ง RESIN เริ่มเปลี่ยนไปเป็น SOFT GEL จุดเริ่มต้นของ GEL TIME สามารถบอกได้ตรงที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นโดยทันที

๒. HARDENING TIME (CURING TIME)

เป็นช่วงต่อจาก GEL TIME และสิ้นสุดเมื่ออุณหภูมิเริ่มลดลง

๓. MATURING TIME

ในช่วงเวลานี้ วัตถุจะถึงจุดแข็งตัว (LIMIT OF HARDNESS) สามารถทนสารเคมี (CHEMICAL RESISTANCE) และมีความเสถียร (STABILITY) ช่วงนี้จะกินระยะเวลาเป็นชั่วโมง

วัน หรือ เดือน ขึ้นอยู่กับ POLYMERIZATION SYSTEM และสภาพแวดล้อมภายนอก (EXISTING CONDITIONS) กรรมวิธีนี้ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าต้องมีการทดสอบ

๒.๓. MAIN ADDITIVES FOR THE RESIN SYSTEM COMPOSITION AND LAMINATE PRODUCT

๒.๓.๑ CATALYST (ตัวทำปฏิกิริยา)

CATALYST จะถูกเติมลงไปใน RESIN SYSTEM ในช่วงสั้นๆ ก่อนการนำไปใช้งาน CATALYST เป็นส่วนประกอบทางเคมีซึ่งจะเป็นตัวเริ่ม (ทำให้เกิดปฏิกิริยา) POLYMERIZATION ของ RESIN CATALYST สามารถใช้ได้โดยปราศจาก ACCELERATOR แต่ไม่ค่อยจะเป็นผลเท่าใดนัก ส่วนผสมของ CATALYST กับ ACCELERATOR ที่เติมลงไปใน RESIN SYSTEM สามารถที่จะไปขยายช่วงเวลาการใช้งานของของผสม สามารถที่จะช่วยให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากกว่าสภาวะปกติเมื่อสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น อากาศ ความชื้น และ อื่น ๆ แปรเปลี่ยนไป

๒.๓.๒ ACCELERATOR (ตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา) หรือ "PROMOTER"

เป็นสารที่จะช่วยในการเพิ่ม(เร่ง) ปฏิกิริยาการแข็งตัวของ RESIN ซึ่งจะต้องใช้ร่วมกับ CATALYST ความเข้มข้นของ ACCELERATOR จะเปลี่ยนไปตามความต้องการช่วงเวลาในการที่สามารถจะทำงานได้ (WORKABILITY) แต่จะต้องให้อยู่ในอัตราส่วนที่ถูกต้องกับ CATALYST

หมายเหตุ ห้ามนำ CATALYST กับ ACCELERATOR ผสมกันโดยตรง จะต้องผสมใน RESINS เท่านั้น เพราะจะเป็นอันตรายอาจเกิดการระเบิดได้

๒.๓.๓ THIXOTROPIC AGENT (ผงเบา)

เป็นสารที่เติมใน RESIN SYSTEM เพื่อช่วยเพิ่มคุณสมบัติความหนืด ป้องกันการไหลเยิ้มในทางดิ่ง (THIXOTROPY) ของ RESIN

๒.๓.๔ COLOR CHANGE AGENT (VIRA COLOR)

เป็นสารที่ใช้ในการตรวจสอบ RESIN ว่าได้ผสม CATALYST แล้วหรือยัง โดยการสังเกตสีของ RESIN โดยในขณะผสม RESIN จะเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีน้ำเงิน และจะเปลี่ยนกลับไปเป็นสีเขียวอีกครั้งถ้า RESIN นั้นได้ผสมกับ CATALYST แล้ว

๒.๔. GLASS REINFORCEMENTS (ใยแก้วเสริมความแข็งแรง)

THERMOSETTING POLYESTER RESINS จะมีคุณสมบัติต้านทานแรงกดได้ดี (COMPRESSIVE STRENGTH) แต่มีคุณสมบัติทางด้านการยืดเกาะ (STIFFNESS) แรงดึง (TENSILE STRENGTH) และแรงกดกระแทก (IMPACT STRENGTH) ต่ำซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้

สามารถปรับปรุงให้สูงขึ้นได้โดยการเสริมความแข็งแรง (REINFORCEMENT) ในรูปของ STRONG TEXTILE FIBER ซึ่ง GLASS FIBER มักจะถูกเลือกขึ้นมาใช้เสมอ แม้ว่ายังมี FIBER อื่นๆ ที่สามารถใช้ได้ก็ตาม ซึ่งมีเหตุผลหลายประการด้วยกันในการที่เลือกใช้ GLASS FIBER เป็นวัสดุเสริมความแข็งแรงคือ

๑. มีคุณสมบัติทางกลดี (GOOD MECHANICAL STRENGTH)

๒. มีความเสถียร (STABLE) ภายใต้อุณหภูมิ และความชื้นสูง

๓. มีการดูดซับน้ำได้น้อยมาก (LOW WATER ABSORPTION)

๔. ไม่เน่าเปื่อย และเสื่อมสภาพ

การผลิต GLASS FIBER โดยนำ GLASS ที่หลอมละลายมาถักสาน (DRAWN) ด้วยความเร็วสูงผ่านปลอกแพลทินัม (PLATINUM BUSHING) อย่างต่อเนื่องโดยใช้เตาเผาไฟฟ้า ด้วยคุณลักษณะเฉพาะของเส้นใยเมื่อผ่านปลอกแพลทินัมเส้นใยจะห่อมัดตัวเป็นเกลียวโดยทันที น้ำมันหล่อลื่นจะถูกใส่เข้าไปเพื่อช่วยให้เส้นใยแต่ละเส้นผูกมัดกัน และช่วยลดการเสียดสีและขัดกัน ระหว่าง GLASS FIBER เส้นใยที่เป็นเกลียวเชือก (STRAND) ก็จะรวมตัวผูกมัดเข้าด้วยกันในรูปของ ROVING และสามารถนำไปถักสานเป็นเส้นด้ายสำหรับการทอ สาน หรือ ตัด (CHOPPED) ให้อยู่ในรูปเป็นผืน (MATS)

GLASS FIBER ที่ใช้โดยทั่วไปเป็น “E” GLASS ซึ่งมีปริมาณด่างต่ำ (LOW ALKALI) และทนไฟฟ้า (ELECTRIC RESISTANT) ด้วยเหตุที่มีปริมาณด่างต่ำ (ไม่มากกว่า ๑ %) E GLASS จึงเป็นที่ต้องการในการ LAMINATES มีความทนทานต่ออากาศร้อน ทนความชื้น (HUMID) และสามารถแช่น้ำได้ แต่ในทางตรงกันข้าม ALKALI GLASS กลับมีคุณสมบัติไวต่อความชื้น (MOISTURE) และสารเคมี (CHEMICAL ATTACK)

จากความแตกต่างของความหนาแน่นผิวหน้า และรูปแบบการถักสานของ GLASS FIBER การเสริมความแข็งแรงสามารถสร้างขึ้นได้ตามความต้องการของโครงสร้างต่างๆ

๒.๔.๑ <u>CHOPPED STRAND MAT (CSM.)</u> (ใยแก้วชนิดผืนเส้นสั้น)

มีราคาต่ำ สามารถใช้ได้เอนกประสงค์ช่วยในการเสริมความแข็งแรง ประกอบไปด้วยเส้นใยของ CHOPPED STRAND ขนาดความยาวประมาณ ๑ - ๒ นิ้วซึ่งเกาะกันอยู่ด้วย RESIN บางๆ ในลักษณะไร้ทิศทาง CSM. มีหลายระดับคุณภาพ (GRADE) ขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีตามธรรมชาติของ GLASS และชนิดของสารยึดเหนี่ยว (BINDER) การแข็งตัว (CURE) ของ RESIN ในการสร้างเรือ MAT ที่ใช้จะต้องเป็น LOW ALKALI GLASS ประกอบด้วยสารยึดเหนี่ยวที่สามารถละลายได้ในช่วงเวลาไม่ช้าหรือเร็วเกินไป (MEDIUM SOLUBILITY) ซึ่งสามารถปล่อยให้แห้งช้าๆ พอที่จะให้ MAT สามารถเก็บรักษาความแข็งแรงของตัวเองเอาไว้ในระหว่างขั้นตอนการ LAY - UP ชั้นแรกๆ

CSM.จะถูกผลิตออกมาในขนาดความหนาแน่นของผิวหน้าต่างๆ กันโดยปกติจะบอกเป็น ออนซ์ต่อตารางฟุต หรือ กรัมต่อตารางเมตร ซึ่งปกติจะอยู่ในช่วงระหว่าง ๗.๕ ถึง ๓๐ ออนซ์

ต่อตารางฟุต (๒๒๕ ถึง ๙๐๐ กรัมต่อตารางเมตร) ขนาด ๑๕ และ ๒๐ ออนซ์ ต่อ ตารางฟุต (๔๕๐ และ ๖๐๐ กรัม ต่อ ตารางเมตร) เป็นขนาดที่เหมาะสมที่สุดสำหรับโครงสร้างตัวเรือ สามารถใช้ได้กับเครื่องจักรในการ LAMINATE

๒.๔.๒ ROVING (ใยแก้วชนิดเส้นยาว)

ประกอบด้วยเส้นใยแก้วที่มีความยาวต่อเนื่องคล้ายๆเส้นด้าย มีราคาถูกที่สุดในบรรดาใยแก้วเสริมความแข็งแรงทั้งหลาย เส้นใย (FILAMENTS) จะขนานกัน ใช้สำหรับการผลิตแม่แบบ (MOLDING) ที่มีคุณสมบัติทางฟิสิกส์ในทิศทางเดียวสามารถระบุ (จำนวน) ROVING ได้โดยการนับจำนวนปลายของเส้นใย (STRANDS) โดยทั่วๆไปที่ใช้กันคือ ๖๐ เส้น ในการเก็บจะม้วนเป็นหลอด ส่วนมากจะใช้ในกรรมวิธีการผลิตแบบใช้เครื่องพ่น (SPRAY MOLDING TECHNIQUES) บางครั้งจะพ่นพร้อมกันตั้งแต่ ๑ - ๖ เส้น ROVING ยังถูกนำไปใช้ในกรรมวิธีการผลิตแบบ FILAMENT WINDING (แบบพันท่อ) ซึ่ง ROVING จะถูกอาบด้วย RESIN และด้วยหลักการทางกลศาสตร์ ROVING จะถูกพ่นเข้ากับ MOLDS ที่กำลังหมุน (ROTATING) เพื่อการผลิตท่อ (PIPES) และ ถัง (TANKS) เป็นต้น

๒.๔.๓ WOVEN ROVING (ใยแก้วชนิดผืนทอหยาบ หรือ ทอละเอียด)

ใยแก้วเสริมความแข็งแรงชนิดนี้ประกอบด้วยกลุ่มของ FIBER โดยปกติจะถูกสานเป็นผืนสี่เหลี่ยม จุดตัดของส้นใยตามยาว (WARP) กับเส้นใยตามขวาง (WEFT) จะช่วยในการระบายอากาศ และทำให้เกิดความแน่น (DENSE) ในระหว่างกรรมวิธีแข็งตัว (CONSOLIDATION) เส้นใยที่ใช้ในการเสริมความแข็งแรงนี้คือ “ROVING” WEFT และ WARP สามารถเกิดได้จากเส้นใยชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ เช่น ใยแก้วชนิด DOUBLE FACE (DF.) มีใยแก้วชนิด ROVING หนึ่งด้าน และ SPUN ROVING อีกหนึ่งด้าน WOVEN ROVING มีหลายขนาดให้เลือกใช้ตั้งแต่ ๖ - ๔๕ ออนซ์ ต่อตารางหลา (๒๐๐ - ๑๕๐๐ กรัมต่อตารางเมตร)

๒.๔.๔ TAPES (UNIDIRECTIONAL TAPES)

ใยแก้วที่ถัก สาน เป็นผืนยาวๆ คล้ายผ้าเทป สะดวกในการนำมาใช้เมื่อต้องการคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงสูง ประกอบด้วย ROVING บางๆ แต่ต่อเนื่อง มีความแข็งแรงในทิศทางเดียว(ONE DIRECTION) มีประสิทธิภาพสูงในโครงสร้างเรือส่วนที่ต้องการเสริมกันอ่อน (STIFFENING)

๒.๔.๕ MOLD SEPARATION FILMS

ในกรรมวิธีการผลิตแบบ LAMINATE ต้องการวัตถุอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับกรรมวิธี LAMINATE แต่มีความจำเป็นในการแยกผิว GRP. ออกจาก MOLD วัตถุชนิดนี้เรียกว่า “RELEASE AGENT” เป็นสสารซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีซึ่งไม่สามารถเข้ากันได้กับ RESIN จะสร้างฟิล์มหนาๆ ขึ้นระหว่าง POLYESTER และ MOLD ช่วยให้การถอด MOLD ง่ายขึ้น โดยทั่วไปมีอยู่ ๒ ประเภทได้แก่ POLYVINYL ALCOHOL , PVA. (น้ำยาถอดแบบ พี.วี.เอ) และ MOLD RELEASE WAXES (ขี้ผึ้งถอดแบบ)

บทที่ ๓

ขั้นตอนการผลิต GRP.

DESCRIPTION OF WORKING PROCEDURES FOR CONSTRUCTION OF GRP. PRODUCTS

๑. INTRODUCTION TO GRP. CONSTRUCTION

วิธีการในการสร้างเรือ GRP. มีกรรมวิธี และขั้นตอนแตกต่างจากการสร้างเรือด้วยวัตถุอื่นๆ มีวัสดุพื้นฐานหลักๆ คือ RESIN และใยแก้วเสริมความแข็งแรง (GLASS REINFORCEMENT) ประกอบเป็นโครงสร้างที่เกือบสมบูรณ์ ด้วยขั้นตอนง่ายๆ ส่วนที่สำคัญของตัวเรือ GRP. คือ MOLD ที่โครงสร้างเป็นผิวชั้นเดียว (SINGLE SKIN) และประกอบด้วยการ LAMINATE GLASS REINFORCEMENT หลายๆชั้น (LAYERS) และเสริมความแข็งแรงด้วย กันอ่อน(STIFFENER) กง (FRAME) บีมดาดฟ้า (DECK BEAM) หรือคาน (DECK GIRDER) โครงสร้างเหล่านี้จะถูกเสริมเข้าไปเพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวเรือ และดาดฟ้าต่างๆ จะทำให้ผิวด้านในตัวเรือ และพื้นใต้ดาดฟ้ามีส่วนที่โผล่ออกมา โครงสร้างลักษณะนี้จะพบเห็นโดยทั่วไปในเรือทุกประเภท กง (FRAMES) โดยปกติการวางตัวจะมี ๒ ทิศทางคือ กงทางยาว (LONGITUDINAL FRAME) และกงทางขวาง (TRANSVERSE FRAME) การวางทิศทางของกงดังกล่าวขึ้นอยู่กับความต้องการทางด้านความแข็งแรงของโครงสร้าง และ ARRANGEMENT ภายในตัวเรือ

การเลือกแบบ (TYPE) ของ ARRANGEMENT และชนิดของวัสดุเสริมความแข็งแรงที่ใช้ในการ LAMINATE GRP. ขึ้นอยู่กับตัวประกอบ (FACTORS) ต่างๆ ได้แก่ความแข็งแรง (STRENGTH), ความแข็ง (RIGIDITY) , ความต้านแรงกด (IMPACT RESISTANCE) , ราคาวัสดุ และแรงงาน GLASS REINFORCEMENT แต่ละชนิดต่างก็มีคุณสมบัติแตกต่างในตัวเองซึ่งก็จะก่อให้เกิดประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดในการ LAMINATE สำหรับเรือชุดนี้โครงสร้างตัวเรือเป็นแบบ **MONOCOQUE** ไม่มีกง ใช้ฝากั้น(BULKHEAD) เป็นตัวเสริมความแข็งแรง

๒. GENERAL PROCEDURES FOR THE CONSTRUCTION OF A LAMINATE

A. PROCEDURE FOR MOLD PREPARATION AND APPLICATION OF RELEASE AGENT

๑. การประกอบ MOLD จะต้องให้ถูกต้อง และต้องตรวจสอบขนาด, ตำแหน่งต่างๆ (MEASUREMENTS CHECKED) ผิวของ MOLD จะต้องปราศจากสิ่งแปลกปลอมซึ่งจะทำให้เกิดผลที่ไม่อาจยอมรับได้ภายในผิวของโครงสร้างหลังจากเสร็จสิ้นก่อนที่จะนำน้ำยาถอดแบบ (RELEASE AGENT) มาลงบนผิวของ MOLD จะต้องทำความสะอาดอย่างดีวัตถุทุกชิ้นที่จะมีผลเสียต่อการ LAMINATE จะต้องถูกกำจัดออกไป

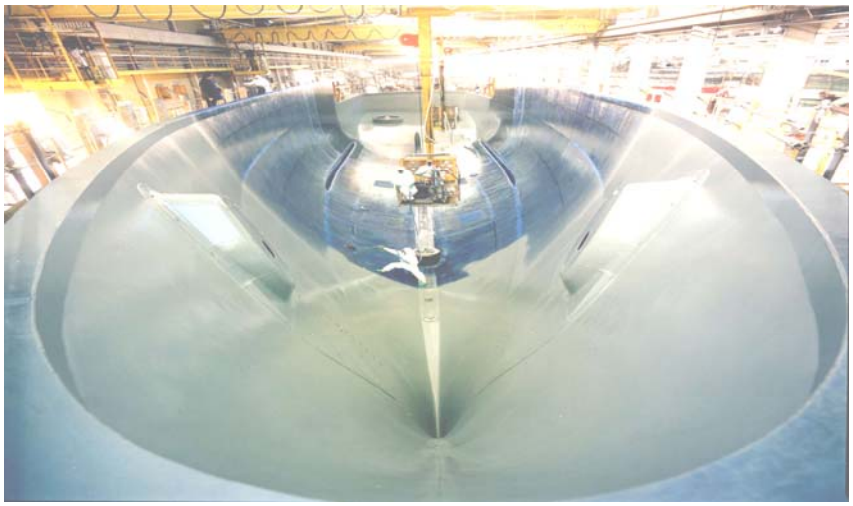
๒. ฝุ่นต่างๆ จะต้องถูกปัดเป่า ทำความสะอาดผิว MOLD ด้วย ACETONE จำนวน ชั้น ของ RELEASE AGENT (โดยปกติใช้สารละลายของ POLYVINYL ALCOHOL, PVA.) ที่จะทาลงบนผิว MOLD ต้องให้แน่ใจว่าครอบคลุมผิวของ MOLD โดยทั่วถึง

๗. ก่อนที่จะลง GEL COAT จะต้องให้ RELEASE AGENT แห้งเป็นฟิล์มห้ามนำน้ำเข้ามาเกี่ยวข้องในระบบใดๆ ในปฏิกิริยา POLYMERIZATION ของ UNSATURATED POLYESTER RESINS

B. <u>GEL COAT APPLICATION PROCEDURES</u>

GEL COAT เป็น UNSATURATED POLYESTER RESIN ชนิดพิเศษที่ต้องถูกทำปฏิกิริยา (CATALYZED) ก่อนนำไปใช้งาน

GEL COAT จะถูกทาลงก่อนที่จะลง RESINS เพราะจะช่วยปกป้องโครงสร้างของใยแก้วเสริมความแข็งแรงจากแสงแดด, น้ำ, การกัดกร่อนทางเคมี และอื่นๆ ใยแก้วเสริมความแข็งแรงจะไม่นำมาใช้กับ GEL COAT เพราะว่า GEL COAT จะเหนียวกว่า POLYESTER RESINS อื่นๆ GEL COAT เมื่อแห้งก็จะเป็นผิวภายนอกของเรือต่อไป



ขั้นตอนในการลง GEL COAT มีดังนี้

๑.ก่อนนำ GEL COAT ไปใช้จะต้องกวน(STIRRING) ให้เป็นเนื้อเดียวกัน (HOMOGENEOUS)

๒. GEL COAT จะต้องนำไปใช้งานร่วมกับ CATALYSTS โดยใช้เครื่องพ่น (SPRAY MACHINE)

๓. การลง GEL COAT ใน MOLD เล็กๆ และพื้นที่แคบๆ ทำงานยากให้ใช้แปรง (BRUSH)

๔.GEL COAT ที่ลงไปแล้วจะต้องแห้งและแข็งเพียงพอก่อนที่จะ LAMINATE REINFORCED RESIN ชั้นแรก เมื่อพบว่าบางจุดของ MOLD GEL COAT หนาไม่พอหรือไม่ทั่วถึงจะเกิดรอยเหี่ยวย่น (PROPER TOUCH - UP) สภาพอากาศก็มีอิทธิพลต่อช่วงเวลาระหว่างการลง GEL COAT และการ LAMINATE REINFORCED RESIN ชั้นแรก

C. <u>LAMINATE PROCEDURES</u>

<u>INTRODUCTION</u>

กรรมวิธีผลิตแบบ LAMINATE แบ่งออกเป็น ๓ ขั้นตอนที่สำคัญ ได้แก่ IMPREGNATION, CONSOLIDATION และ PLACEMENT อธิบายได้คร่าวๆในแต่ละขั้นตอนดังนี้

IMPREGNATION : เป็นขั้นตอนการทำให้เส้นใยแก้วเสริมความแข็งแรง (GLASS FIBER REINFORCEMENT) เปียกและอิ่มตัว (WETTING AND SATURATING) โดยใช้ LIQUID CATALYZED RESIN

CONSOLIDATION : หมายถึงการกดทับ (PRESSING) ชั้น (LAYER) ของใยแก้วเสริมความแข็งแรง (GLASS FIBER REINFORCEMENT) ที่เปียกชุ่มด้วย RESIN ให้ยึดติดเข้าด้วยกัน ในที่นี้ก็คือเทคนิคในการกลิ้งทับ(ROLLING TECHNIQUE)

PLACEMENT : จะเกี่ยวข้องกับการออกแบบเฉพาะด้าน (SPECIFIC DESIGN) ในการจัดวางวัตถุในที่นี้จะหมายถึงเทคนิคการ LAMINATE ซึ่งได้รับการออกแบบไว้ก่อนขั้นตอน IMPREGNATION

๑. IMPREGNATION AND CONSOLIDATION

IMPREGNATION สามารถใช้ได้ทั้งแบบ SEMI - AUTO และ MANUAL ใน SEMI - AUTO IMPREGNATION MACHINE จะบรรจุด้วยระบบของ PREACCELENATED RESIN ซึ่งจะถูก CATALYZED และ ผสมในขณะที่แพร่กระจายไปยัง REINFORCEMENT RESIN จำนวนหนึ่งซึ่งจำเป็นสำหรับการปกคลุม PVA. จะถูกนำมาจาก “SELF SERVICE MACHINE” ในกรณีของ MANUAL IMPREGNATION การลง RESIN จะต้องใช้ลูกกลิ้งที่ทำด้วยผ้าขนนุ่มๆ (CLOTH ROLLERS) ในแต่ละชั้นของ REINFORCEMENT จะต้องทำให้ชุ่ม (IMPREGNATED) และ CONSOLIDATED ด้วย RESIN ในปริมาณที่ต้องไม่น้อยกว่าปริมาณต่ำสุดที่ต้องการตลอดขั้นตอน IMPREGNATION นี้ เทคนิค IMPREGNATION CONSOLIDATION จะทำให้การ LAMINATE ปราศจากสิ่งแปลกปลอม, โพรงอากาศ, พื้นที่ที่มี

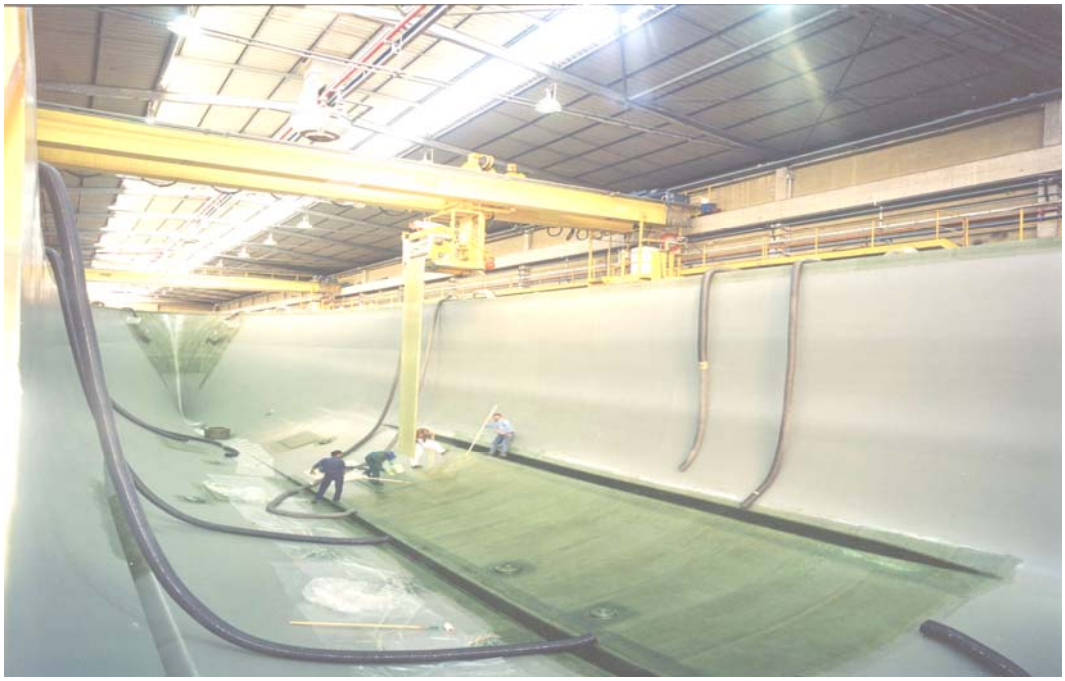
RESIN มากเกินไป และไม่ทำให้เกิดการแห้งของใยแก้วเป็นหย่อมๆ หรือ ผลอื่นๆ ที่จะเป็นสาเหตุให้ผลงานออกมาไม่ดี (WEAK POINTS) ในแต่ละชั้น ของการ IMPREGNATION จะต้องระมัดระวังการแข็งตัวก่อนการลง GEL COAT ชั้นต่อไปโดยการ ROLLING ด้วยลูกกลิ้งโลหะหรือวัสดุพลาสติกอื่นๆที่เหมาะสม CONSOLIDATION ที่มีการเตรียมการ และ LAMINATE โดยการ ROLLING จะทำให้การแข็งตัวสมบูรณ์และปราศจากข้อบกพร่องใดๆ

การ ROLLING จะต้องกระทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งใยแก้วเปียกชุ่มอย่างทั่วถึงและ CONSOLIDATED สารที่ยึดเหนี่ยวใยแก้ว (MAT BINDER) จะถูกละลาย ฟองอากาศ (AIR BUBBLES) จะถูกขับไล่ออกไปโดยการ LAMINATE หลังจากที่ IMPREGNATION เสร็จสมบูรณ์เป็นที่น่าพอใจแล้วจะต้องหยุด ROLLING เพราะจะทำให้ REINFORCEMENT เคลื่อนที่ และอัตราส่วน (RATIO) ของ RESIN ต่อ GLASS จะลดลงต่ำกว่าค่าที่ต้องการ การ ROLLING จะต้องไม่ไปทำให้ทิศทางการวางตัวของ WOVEN ROVING เปลี่ยนไป ในการ LAMINATE ชั้นต่อๆ มาจะต้องลดปริมาณ RESIN ลงที่ลูกกลิ้งของช่างเพราะจะมี RESIN หลงเหลือสะสมอยู่ในลูกกลิ้งและต้องให้แน่ใจว่า REINFORCEMENT ที่ปูลงไปเข้ารูปกับ MOLD ในทุกซอก ทุกมุม ตลอดทั่วถึง

ข้อควรระวังในการ LAMINATE ในพื้นที่ที่แคบ และทำงานยาก เช่น DEEP FIN และครีบกันโครง (BILGE KEEL) จำเป็นจะต้องตั้งนั่งร้านเพื่อให้การ LAMINATE ของช่างทำได้สะดวก

REINFORCEMENT ชั้นแรกที่จะลงต่อจาก GEL COAT ใช้ได้ทั้ง MAT 450 และ MAT 500 โดย MAT 500 ใช้กับ IMPREGNATION MACHINE และ MAT 450 ใช้กับ MANUAL ในแต่ละชั้นของ MAT จะต้องปล่อยให้จับตัว (CURE) ก่อนที่จะลง MAT ชั้นต่อไป

การปูใยแก้วจะต้องไม่ให้ยับหรือย่น แต่ถ้ามีความต้องการที่จะต้องทับกันเนื่องจากรูปร่างลักษณะของ MOLD จะต้องตัดใยแก้ว และปูให้เกยกัน (OVERLAP) หรือปูทับไปอีกชั้นหนึ่ง (OVERLAID) ด้วย REINFORCEMENT จำนวนของใยแก้วที่สามารถปูต่อเนื่องในสภาพ " WET ON WET" ขึ้นอยู่กับชนิด (TYPE), ปริมาณของ RESIN และชนิดของ REINFORCEMENT ที่ใช้



๒. <u>PLACEMENT</u> (การวางตำแหน่ง)

ในการออกแบบ (DESIGN) การวางตำแหน่งของ REINFORCED MATERIALS จะขึ้นอยู่กับตัวประกอบ (FACTORS) ต่างๆ เช่น STRENGTH, RIGIDITY, IMPACT RESISTANCE, ราคาวัสดุ (COST) และแรงงาน (LABOR)

REINFORCEMENT MATERIAL แต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่จะตอบสนองการ LAMINATE ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ก่อนที่จะเริ่มกรรมวิธีผลิตผลิตภัณฑ์ GRP. จะต้องเขียนแบบ (DRAWINGS) ซึ่งเป็นตัวแทนของรูปร่างลักษณะ และโครงสร้างที่จะต้อง LAMINATE ในแบบเทคนิค (TECHNICAL DRAWINGS) จะมีตาราง (SCHEDULE) ซึ่งแสดงพื้นที่การ LAMINATE ชนิด และจำนวน REINFORCEMENT จะแตกต่างกันไป เรียกตารางนี้ว่า " LAMINATION SCHEDULE" นอกจากนี้ในตารางจะบอกอัตราส่วนของ RESIN ต่อ GLASS (RATIO R / G) รวมถึงความหนา (THICKNESS) และน้ำหนักต่อตารางเมตร ในแต่ละชั้น (LAYER) ของการ LAMINATE จุดที่น่าสนใจของ PLACEMENT DESIGN ที่ใช้ในการสร้างเรือล่าทำลายทุ่นระเบิด (MINE-HUNTER)

นี้คือ “CENTRAL PYRAMID” ที่เรียกเช่นนี้เนื่องมาจากความจริงที่ว่าเมื่อปู REINFORCEMENT MATERIALS จะมีการเกยซ้อนกัน (OVERLAP) ของแต่ละชั้น (LAYER) ในรูปแบบขั้นบันได (STEP) หรือ ปิรามิด (PYRAMID) การวางตำแหน่งในลักษณะนี้จะก่อให้เกิดความแข็งแรง (STRENGTH) ในโครงสร้างเนื่องมาจากความต่อเนื่อง (CONTINUOUS) ของ GLASS FIBER REINFORCEMENT

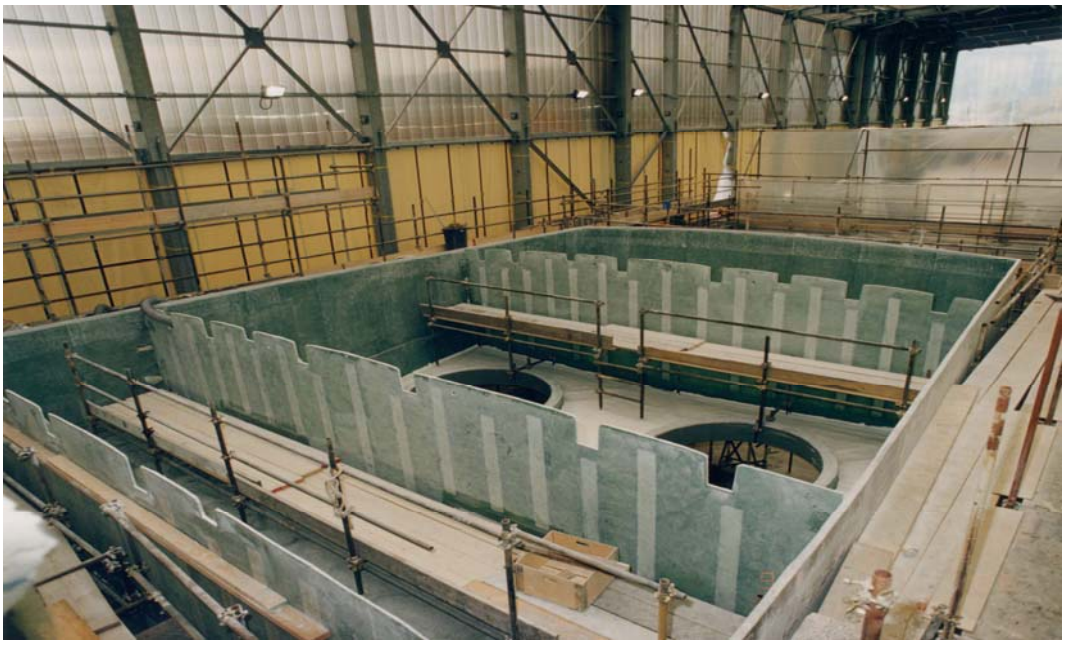
โดยปกติระยะเกยซ้อนทับ (OVERLAPS) ประมาณ ๑๒๓ มม. ในแต่ละด้าน จากการค้นคว้า (RESEARCH) พบว่าจำนวนชั้น (LAYER) มากที่สุดที่สามารถปูในสภาพ “ WET ON WET” ได้อยู่ที่ ๖ ชั้น (LAYERS) และปริมาณ RESIN จะไม่เกิน ๑๒ กก./ตารางเมตร ตัวเรือ (HULL) และส่วนอื่นๆ ของเรือได้รับการพิจารณาให้นำ “ CENTRAL PYRAMID” ไปใช้ในการเริ่มต้น LAMINATE และขยายออกไปโดยรอบ เพื่อสร้างความแข็งแรง (STRENGTH) และความหนา (THICKNESS) ตามต้องการ

D.<u>EXTRACTION PROCEDURES</u> (ขั้นตอนปลด MOLD)

การปลด (DETACHMENT) ผลิตภัณฑ์ GRP. ออกจาก MOLD โดยใช้แรงกล (MECHANICAL FORCES) กระทำในจุดที่แข็งแรงบนไม้หรือเหล็กที่ยื่นออกมาจากตัวผลิตภัณฑ์ โดยใช้ตะขอ, ห่วง (HOOKS) ซึ่งจะ LAMINATE ติดกับชิ้นงาน และตัดออกในภายหลัง การถอด (RELEASE) จะเริ่มเกิดขึ้นจริงๆ เมื่ออากาศสามารถแทรกเข้าไประหว่าง MOLD และผิวชั้นแรกสุดของการ LAMINATE ที่ติดกับ MOLD โดยการตอกลิ่ม (WOODEN WEDGES) เข้าไปในที่ว่าง (SPACES) เมื่อใดก็ตามที่สามารถทำได้ ก็จะทำให้การปลด MOLD เป็นไปโดยสะดวก อย่างไรก็ตามแรงที่ใช้จะต้องไม่เป็นสาเหตุทำให้เกิดการแตกร้าว (FRACTURES) หรือ DELAMINATION ของการ LAMINATE ภายหลังจากขั้นตอนการเคลื่อนย้ายชิ้นงาน ส่วนที่เหลือ, กาก (RESIDUES) จาก RELEASE AGENT จะต้องได้รับการทำความสะอาดให้หมดไปจากผิวของชิ้นงาน ในกรณีของ POLYVINYL ALCOHOL สามารถทำความสะอาดได้โดยใช้น้ำ ในกรณีตัวเรือจะทำการปลด MOLD เมื่อได้ติดตั้งฝากั้น (BULKHEAD) เสร็จเรียบร้อยแล้ว

E. <u>TRIMMING PROCEDURE</u>

ภายหลังจากถูกปลดออกจาก MOULD ผลิตภัณฑ์ (ชิ้นงาน) GRP. ทุกชิ้นจะต้องนำไปทำให้ได้ขนาด (DIMENSION) ที่ถูกต้องตามแบบ โดยการตัดส่วนที่ LAMINATE เกินออกไป กรรมวิธีการเจียร, ตัด (TRIMMING) ทั้งหมดกระทำโดยใช้เครื่องมือตัดแบบ PNEUMATIC DIAMOND



ASSEMBLY PROCEDURE

ชิ้นส่วนประกอบย่อย (COMPONENTS) ของ GRP. จะต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกัน (ASSEMBLY) โดยมีขึ้นตอนการเตรียมการต่างๆ ดังนี้

๑. ผิวหน้าของ POLYMERIZED ทั้งหมดที่สัมผัสกับ MOLD จะต้องปรับแต่งขัดด้วยกระดาษทราย (SAND PAPER) หรือ ผ้า, กระดาษสำหรับขัดถูอื่นๆ (EMERY BOARD) การขัดนี้จะต้องกระทำด้วยความถูกต้องแน่นอน ก่อนการวางในตำแหน่ง (POSITIONING) และการประกอบ (ASSEMBLY)

๒. ผิวแข็งทั้งหมด (HARDEN SURFACES) ที่สัมผัสกับอากาศจะต้องปราศจากฝุ่นผงต่างๆ

๓. ก่อนที่จะประกอบชิ้นส่วนย่อยเข้าด้วยกันจริงๆ จะต้องนำไปวางตรงตามตำแหน่งให้ถูกต้อง และยึดติดโดยการ LAMINATE บางจุด ดังนั้นส่วนต่างๆ ที่จะต้องนำมาประกอบกันจะต้องได้รับการออกแบบ (DESIGN) สำหรับการประกอบเข้ากับส่วนอื่นๆ

บทที่ ๔

วิธีการซ่อมทำผลิตภัณฑ์ GRP.

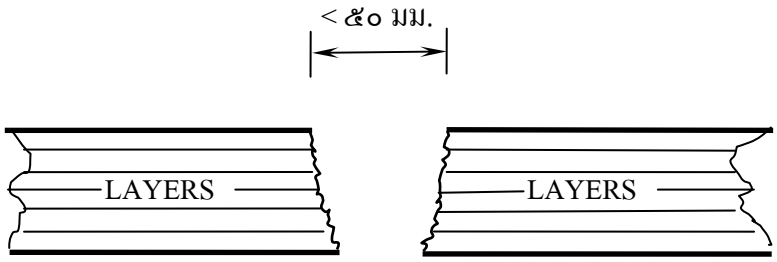
(REPAIRING METHODS)

๑. NON WATERTIGHT STRUCTURE (< 50 mm.)

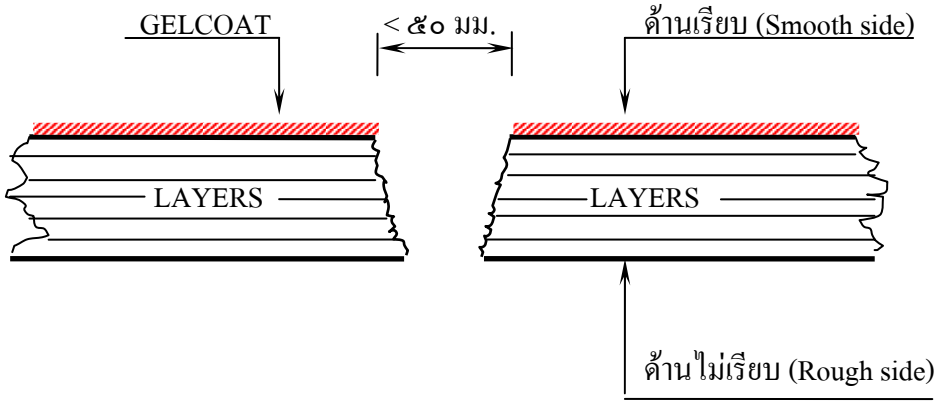
โครงสร้างไม่ผนึกน้ำขนาดรูทะลุโตไม่เกิน ๕๐ มม.

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภทคือ

ประเภท A ผิวไม่ลง GELCOAT



ประเภท B ผิวลง GELCOAT



มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังต่อไปนี้

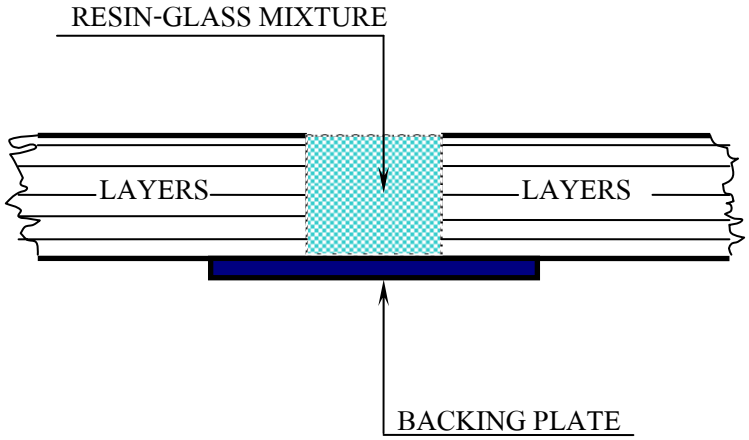
๑. ตัด, เจียร, ปาด ชั้น (LAYERS) ที่ได้รับความเสียหายออกโดยใช้เครื่องมือตัด PNEUMATIC DIAMOND

๒. ขัดขอบด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐

๓. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วยACETONE

๔. ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE, โดยปกติใช้วัสดุ FORMICA)

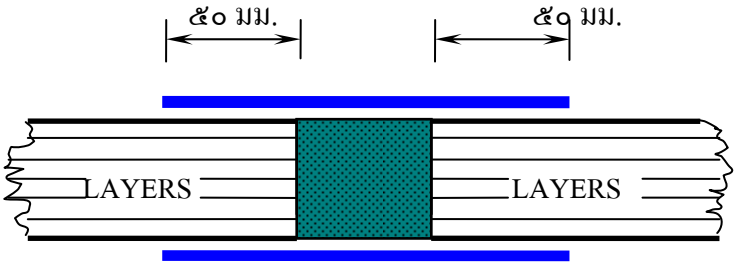
๕. เติมรูทะลุด้วย RESIN ผสม GLASS MIXTURE (MILLED FIBERS)



๖. ปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอา BACKING PLATE ออก

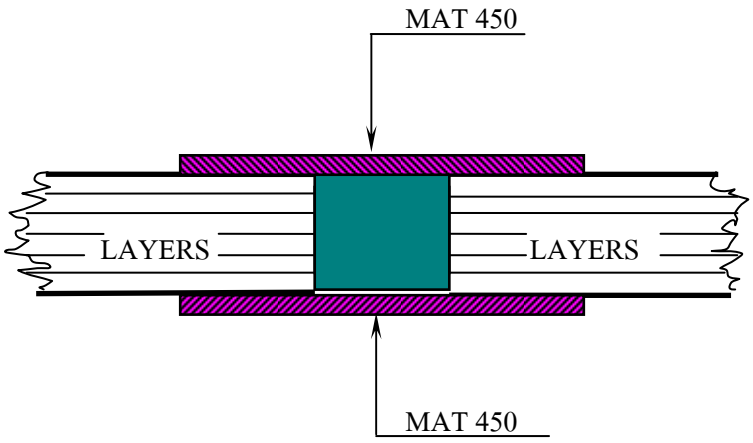
<u>สำหรับประเภท A</u>

ขั้นตอนที่ ๗. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐ เกินออกไปจากขอบของรูทะลุด้านละ ๕๐ มม. ทั้งสองด้าน



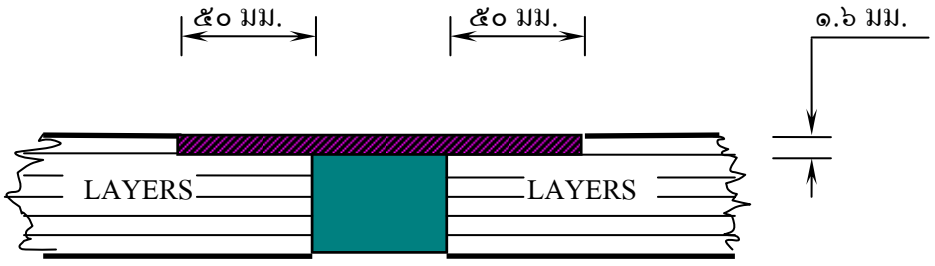
๘. ทำความสะอาด, ดูดฝุ่น และล้างด้วยACETONE

๙. LAMINATE ด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้นทั้งสองด้าน



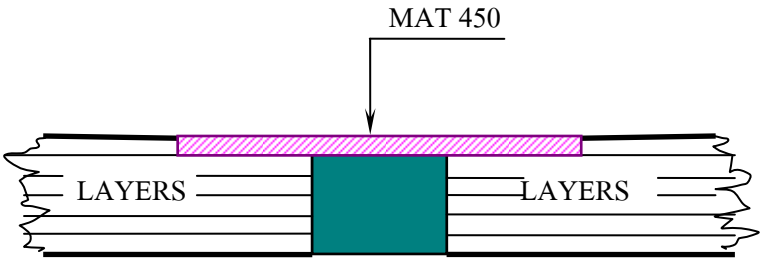
<u>สำหรับประเภท B</u>

ขั้นตอนที่ ๗. ตัด, เจียร, ปาด (ชั้น GELCOAT และ MAT ชั้นแรก) ลงไปประมาณ ๑.๖ มม. ออกไปด้านละ ๕๐ มม.



๘. ทำความสะอาด, ดูดฝุ่น และล้างด้วยACETONE

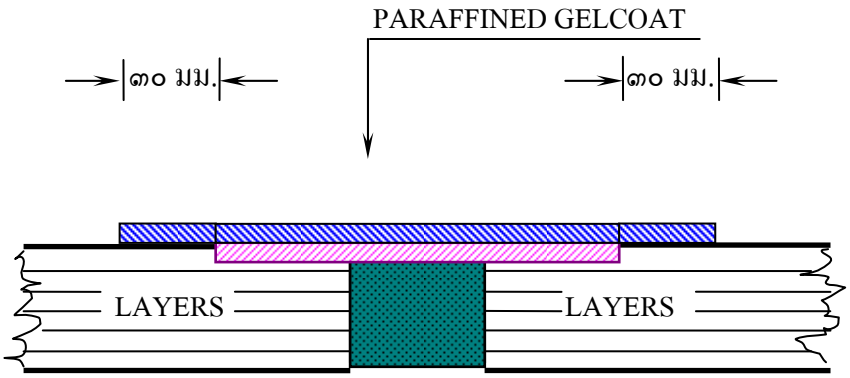
๙. LAMINATE ทับด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น



๑๐. ปล่อยให้แข็งแล้วขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐

๑๑. ทำความสะอาด, ดูดฝุ่น และล้างด้วยACETONE

๑๒.ลง GELCOAT ผสม PARAFFINED ให้เกินจากขอบ MAT 450 ออกไปด้านละ ๓๐ มม. ทั้งสองด้าน



สำหรับด้านไม่เรียบ (ROUGH SIDE) ให้ทำตามขั้นตอนที่ ๗,๘,๙ เช่นเดียวกับ <u>ประเภท A</u>

๒. <u>INTERNAL WATERTIGHT STRUCTURE</u> (< 50 mm.)

<u>โครงสร้างภายในผนึกน้ำ ขนาดรูทะลุโตไม่เกิน ๕๐ มม.</u>

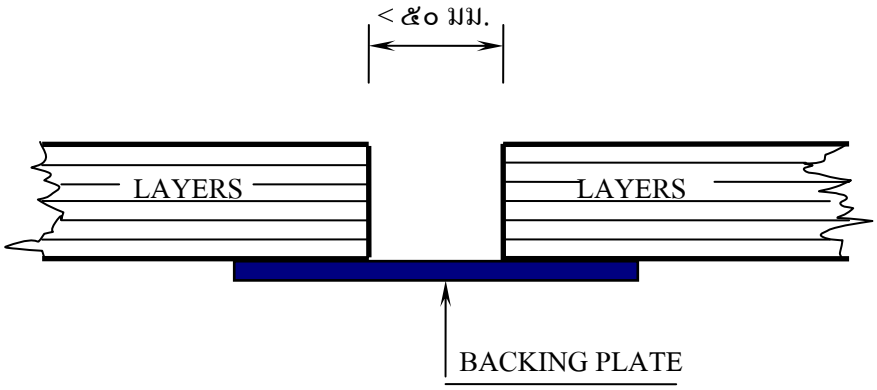
มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหาย

๒. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐

๓. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

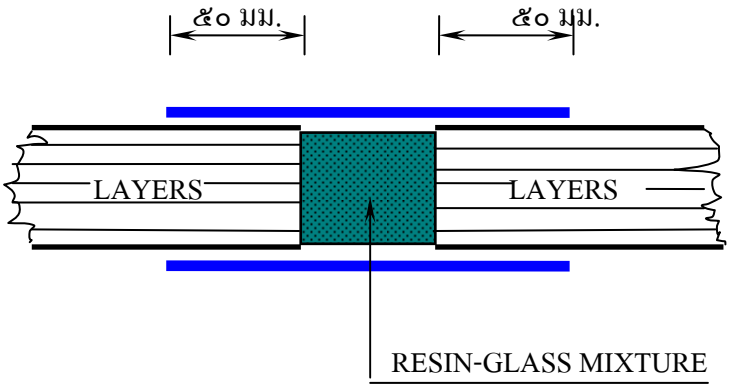
๔. ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE)



๕. เติมรูทะลุด้วย RESIN-GLASS MIXTURE (MILLED FIBERS)

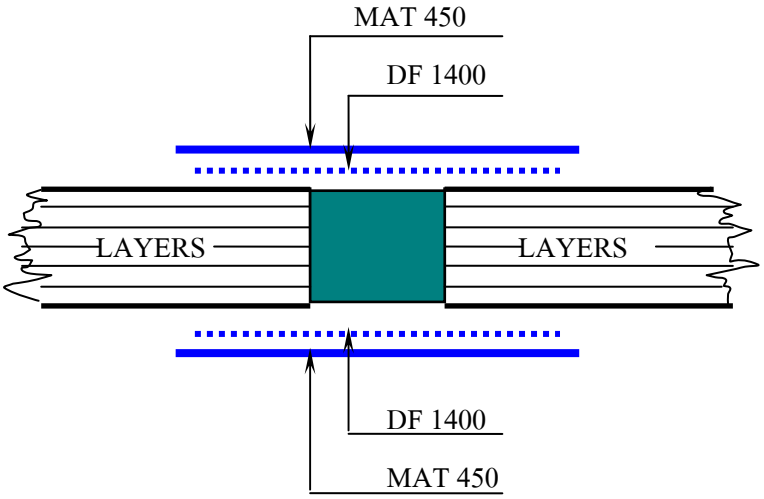
๖. ปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอา BACKING PLATE ออก

๗. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐ ออกไปจากขอบของรูทะลุด้านละ ๕๐ มม. ทั้งสองด้าน



๘. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๙. LAMINATE DF 1400 จำนวน ๑ ชั้น และ MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น ทั้งสองด้าน

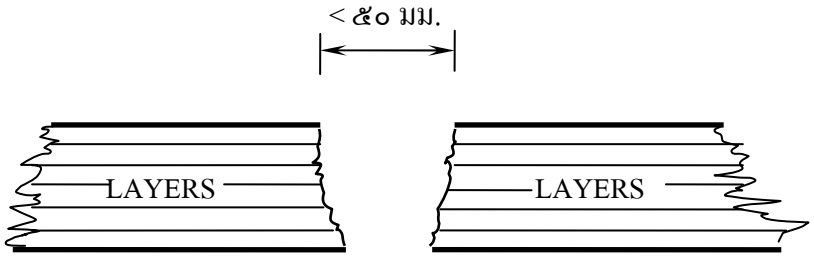


๓. **<u>EXTERNAL WATERTIGHT STRUCTURE</u> (< ๕๐ mm.)**

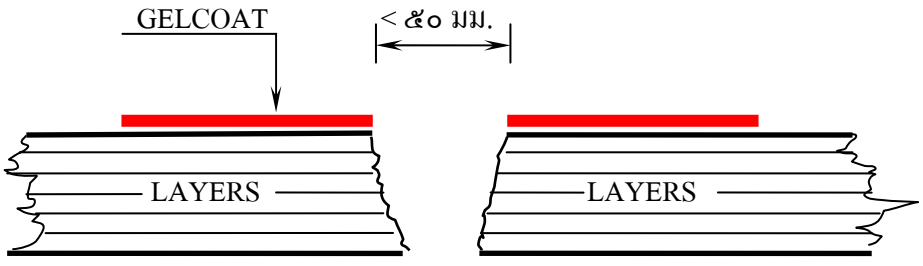
<u>โครงสร้างภายนอกผนึกน้ำขนาดรูทะลุไม่เกิน ๕๐ มม.</u>

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภทคือ

<u>ประเภท A</u> ผิวไม่ลง GELCOAT



<u>ประเภท B</u> ผิวลง GELCOAT



มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหาย

๒. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐

๓. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

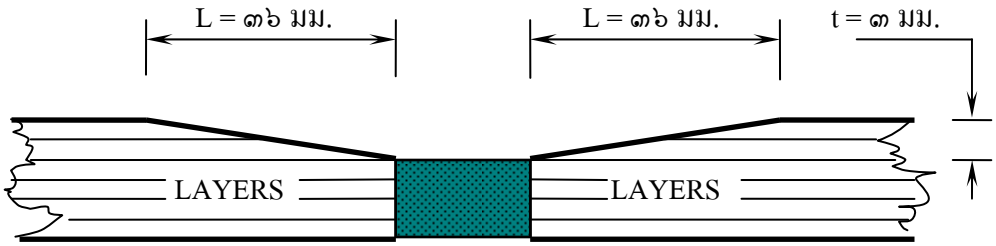
๔. ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE)

๕. เติมรูทะลุด้วย RESIN-GLASS MIXTURE (MILLED FIBERS)

๖. ปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอา BACKING PLATE ออก

<u>สำหรับประเภท A</u>

ขั้นตอนที่ ๗. ปาดขอบรูทะลุให้เป็นแนวลาดเอียง (TAPER) ออกไปทั้งสองด้านโดยมีอัตราส่วนความกว้าง (L) ต่อความลึก (t) = ๑๒ : ๑ ; โดยปกติ t = ๓ มม.



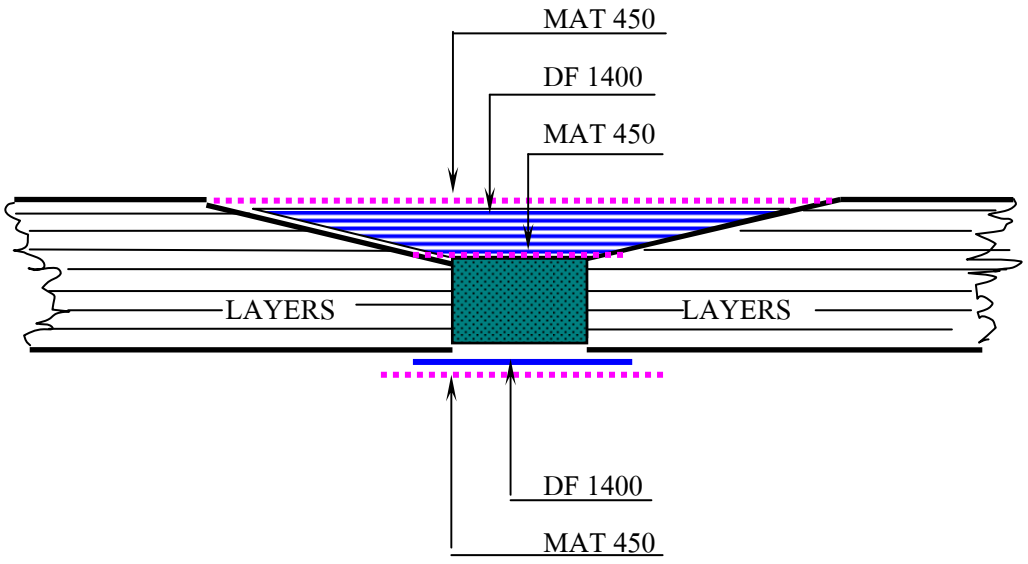
๘. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๙. LAMINATE ด้วย MAT 450 จำนวน ๓ ชั้น (๑ ชั้นต่อ ๑ มม.)

๑๐. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐ ออกไปจากขอบของรูทะลุด้านละ ๕๐ มม. ทั้งสองด้าน

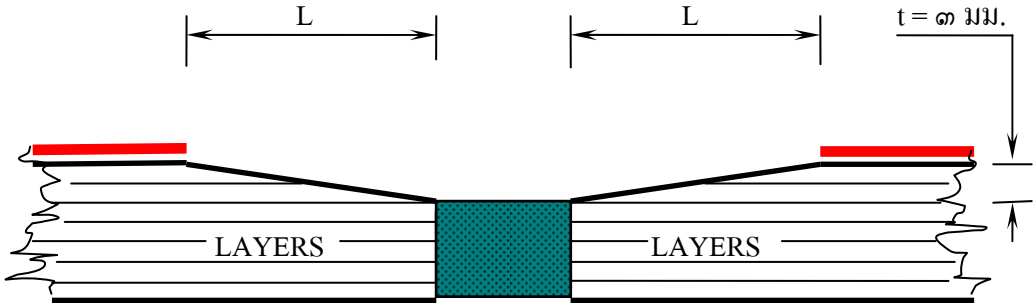
๑๑. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๑๒. LAMINATE DF 1400 จำนวน ๑ ชั้น และ MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น ทั้งสองด้าน



<u>สำหรับประเภท B</u>

ขั้นตอนที่ ๗. ปาดขอบรูทะลุให้เป็นแนวลาดเอียง (TAPER) ออกไปทั้งสองด้านเช่นเดียวกับประเภท A (อัตราส่วน L : t เท่ากับ ๑๒:๑)



๘. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

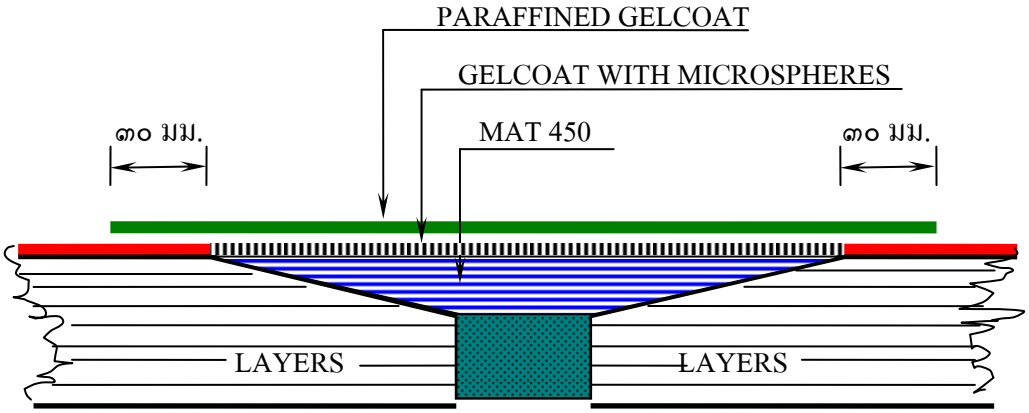
๙. LAMINATE ด้วย MAT 450 จำนวน ๓ ชั้น (๑ ชั้น สำหรับความลึก ๑ มม.)

๑๐. ลง GELCOAT ที่ผสมด้วย MICROSPHERES

๑๑. ปล่อยให้แข็งแล้วขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ ออกไปด้านละ ๓๐ มม. จากแนวปาดขอบ

๑๒.ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

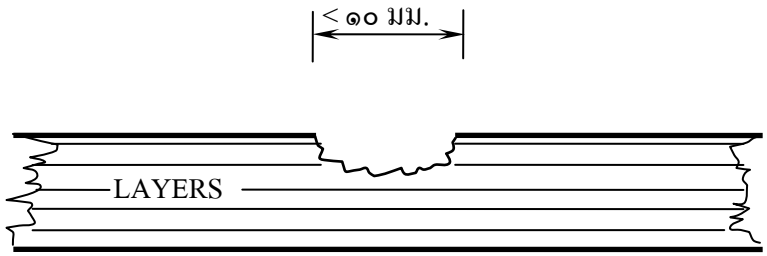
๑๓.ลง PARAFFINED GELCOAT



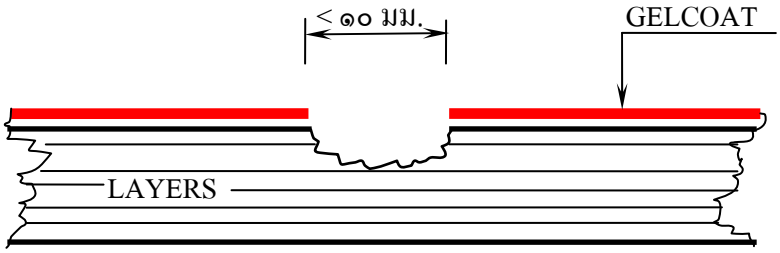
๔. **<u>การซ่อมทำชิ้นงานที่มีความเสียหายขนาดโตไม่เกิน ๑๐ มม.</u> (< ๑๐ มม.)**

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภท

<u>ประเภท A</u> **ผิวไม่ลง GELCOAT**



<u>ประเภท B</u> **ผิวลง GELCOAT**



มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

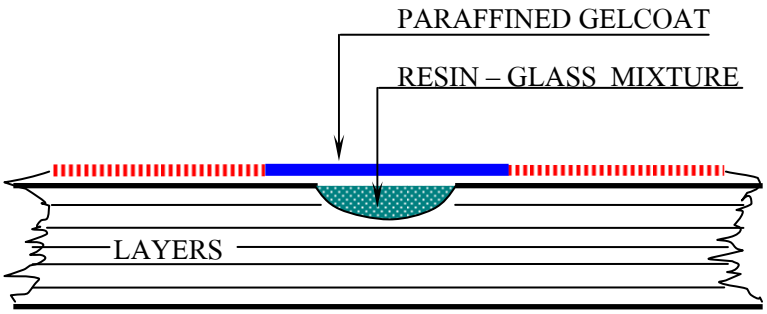
ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหาย

๒. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๓. เติมรูทะลุด้วย RESIN-GLASS MIXTURE

<u>สำหรับประเภท B</u>

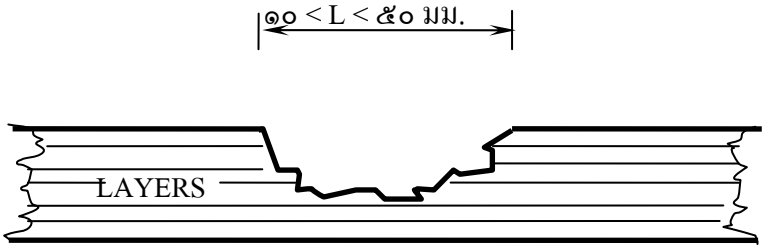
ขั้นตอนที่ ๔. ลง PARAFFINED GELCOAT



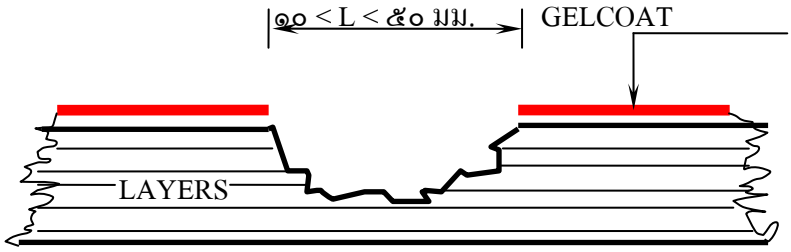
๕. <u>การซ่อมทำชิ้นงานที่มีความเสียหายขนาดระหว่าง ๑๐ มม. ถึง ๕๐ มม.</u> (๑๐ มม < L < ๕๐ มม.)

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภท

<u>ประเภท A</u> ผิวไม่ลง GELCOAT



<u>ประเภท B</u> ผิวลง GELCOAT



มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหาย

๒. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

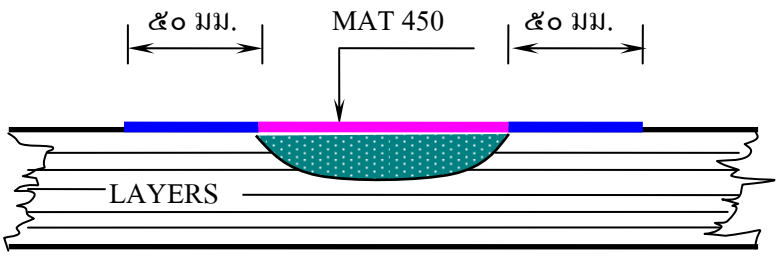
<u>สำหรับประเภท A</u>

ขั้นตอนที่ ๓. เติมรูทะลุด้วย RESIN-GLASS MIXTURE

๔. ปล่อยให้แข็ง และขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐ ออกไปด้านละ ๕๐ มม.

๕. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

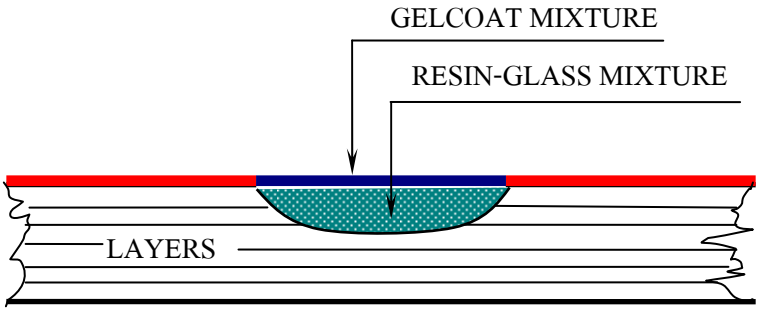
๖. LAMINATE ทับด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น



สำหรับประเภท B

ขั้นตอนที่ ๓. เติมรูทะลุด้วย RESIN-GLASS MIXTURE

๔. ลง GELCOAT ผสม MICROSPHERES

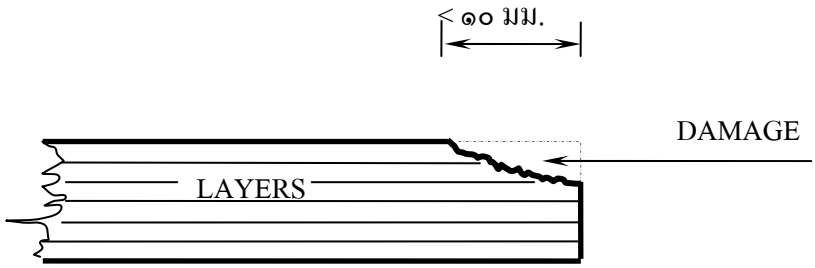


๖. EDGED REPAIRING METHOD (< ๑๐ mm)

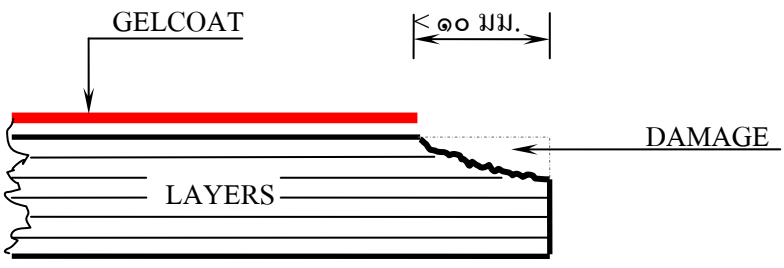
การซ่อมทำขอบชิ้นงานที่เสียหายมีขนาดไม่เกิน ๑๐ มม.

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภท

ประเภท A ผิวไม่ลง GELCOAT



ประเภท B ผิวลง GELCOAT



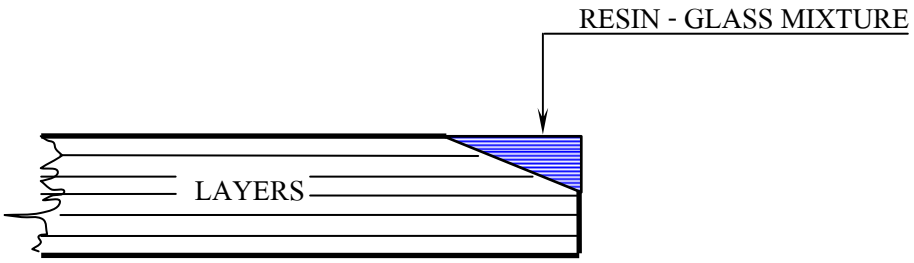
มีขั้นตอนการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหายออก

๒. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

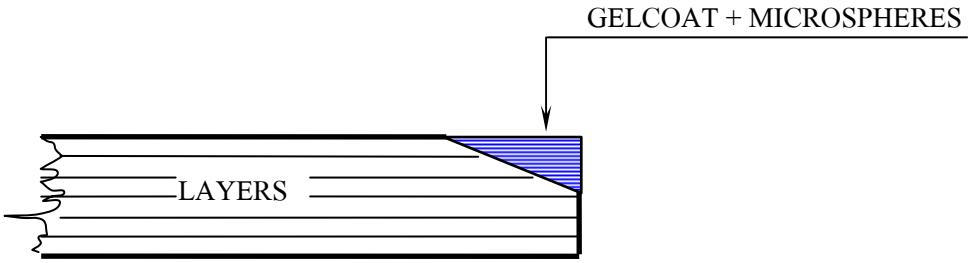
<u>สำหรับประเภท A</u>

ขั้นตอนที่ ๓. เติมรอยแตกด้วย RESIN-GLASS MIXTURE



<u>สำหรับประเภท B</u>

ขั้นตอนที่ ๓. เติมรอยแตกด้วย GELCOAT ผสม MICROSPHERES

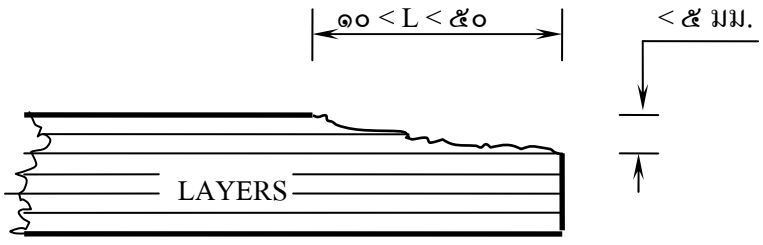


๗. <u>EDGED REPAIRING METHOD</u> (๑๐ < L < ๕๐ mm)

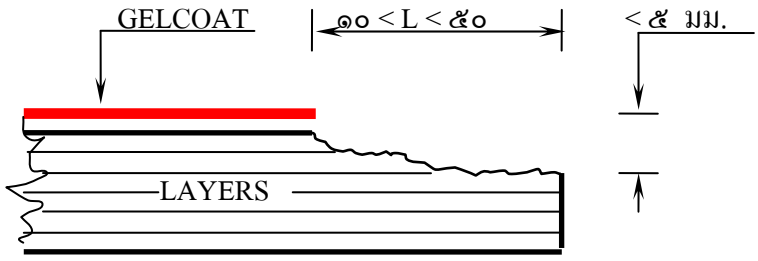
<u>การซ่อมทำขอบชิ้นงานที่เสียหายมีขนาดระหว่าง ๑๐ มม. - ๕๐ มม.</u>

แบ่งออกเป็น ๔ ประเภท

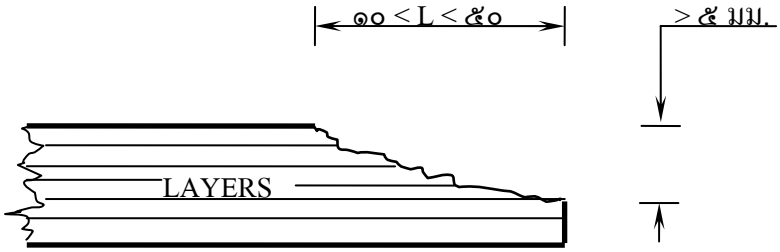
<u>ประเภท A</u> ผิวไม่ลง GELCOAT ความลึกรอยแตกไม่เกิน ๕ มม.



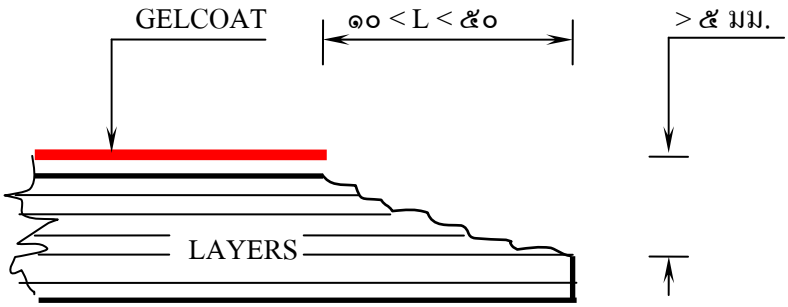
<u>ประเภท B</u> ผิวลง GELCOAT ความลึกรอยแตกไม่เกิน ๕ มม.



<u>ประเภท C</u> ผิวไม่ลง GELCOAT ความลึกรอยแตกเกิน ๕ มม.



<u>ประเภท D</u> ผิวลง GELCOAT ความลึกรอยแตกเกิน ๕ มม.



มีขั้นตอนการซ่อมทำดังนี้

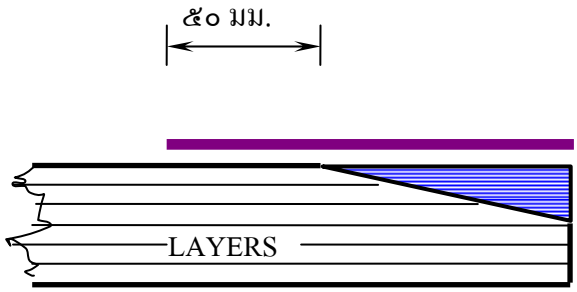
ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหายออก

๒. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

<u>สำหรับประเภท A</u>

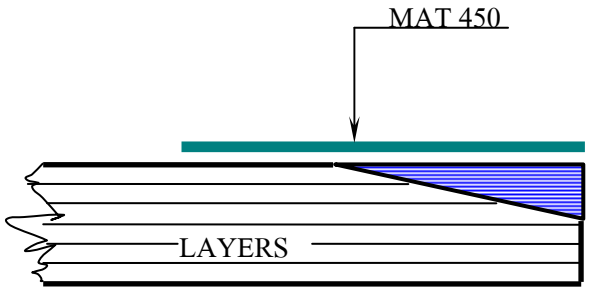
ขั้นตอนที่ ๓.เติมรอยแตกด้วย RESIN-GLASS MIXTURE

๔.ปล่อยให้แข็ง และขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐ เกินจากรอยแตกเข้าไป ๕๐ มม.



๕. ทำความสะอาดดูดฝุ่นและล้างด้วย ACETONE

๖. LAMINATE ทับด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น



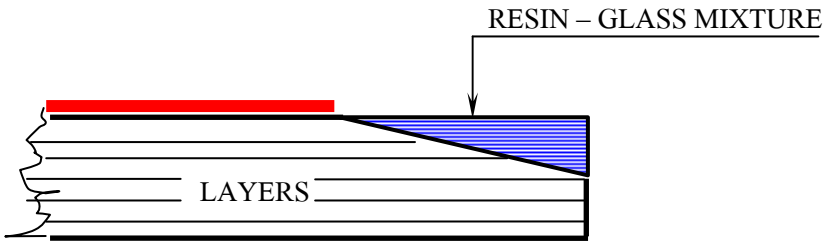
<u>สำหรับประเภท B</u>

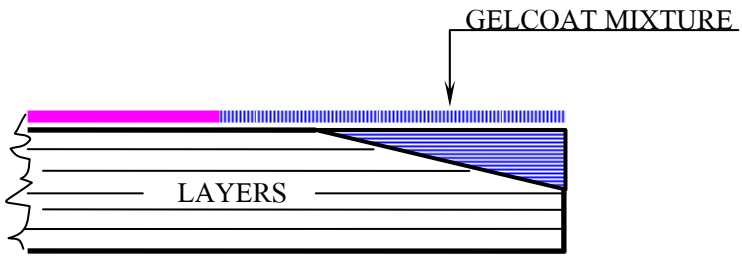
ขั้นตอนที่ ๓. เติมรอยแตกด้วย RESIN-GLASS MIXTURE

๔. ปล่อยให้แข็งขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ เกินจากรอยแตกเข้าไป ๕๐ มม.

๕. ทำความสะอาดดูดฝุ่นและล้างด้วย ACETONE

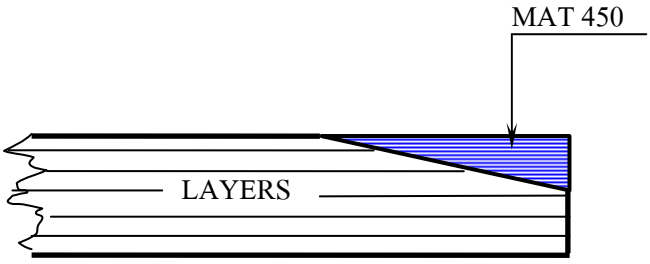
๖. ลง GELCOAT ที่ผสมด้วย MICROSPHERES





สำหรับประเภท C

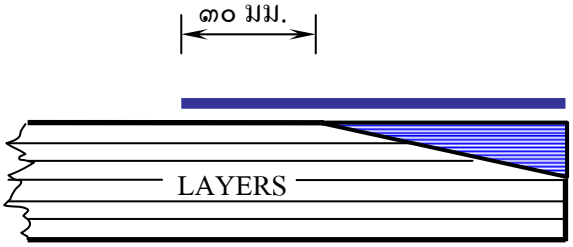
ขั้นตอนที่ ๓. LAMINATE MAT 450 ให้เต็มความลึก (๑ ชั้นต่อความหนา ๑ มม.)



สำหรับประเภท D

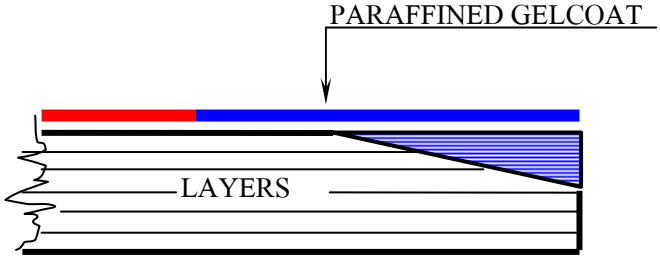
ขั้นตอนที่ ๓. LAMINATE MAT 450 ให้เต็มความลึก (๑ ชั้นต่อความหนา ๑ มม.)

๔. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ เกินออกไปจากขอบ ๓๐ มม.



๕. ทำความสะอาด, ดูดฝุ่นและล้างด้วย ACETONE

๖. ลง PARAFFINED GELCOAT

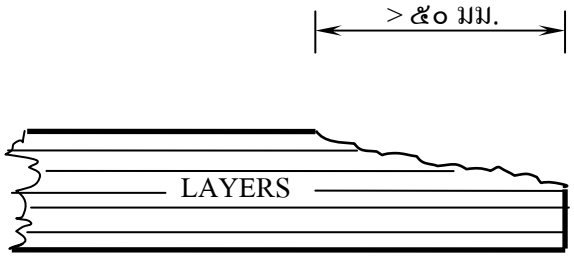


๘. <u>EDGE REPAIRING METHOD</u> (L > 50 mm.)

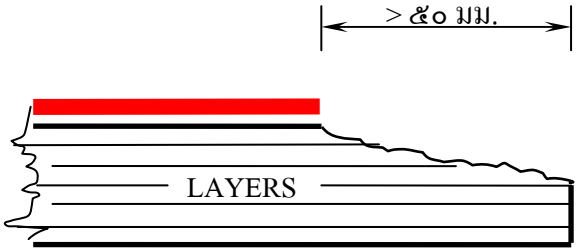
<u>การซ่อมทำขอบชิ้นงานที่เสียหายที่มีขนาดเกิน ๕๐ มม.</u>

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภท

<u>ประเภท A</u> ผิวไม่ลง GELCOAT

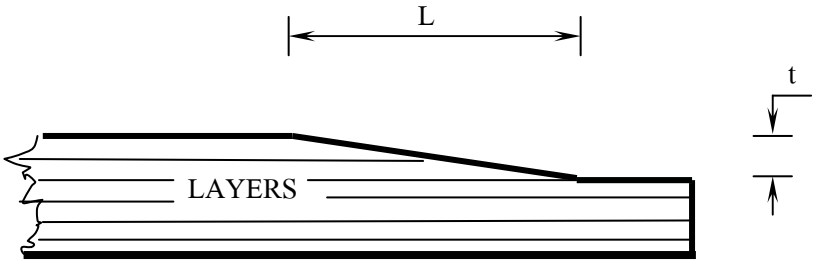


<u>ประเภท B</u> ผิวลง GELCOAT



มีขั้นตอนการซ่อมทำดังนี้

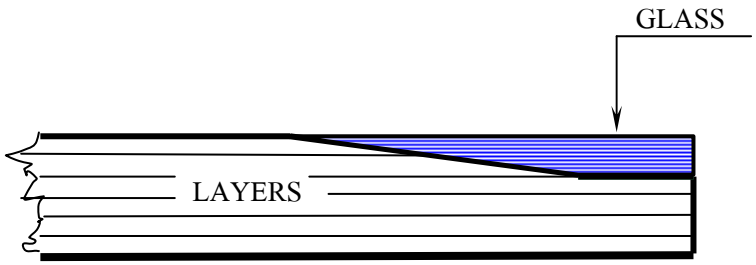
ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหายให้เป็นแนวลาดเอียง (TAPER)
โดยมีอัตราส่วนความกว้าง (L) ต่อความลึก (t) = 12 : 1



๒. ทำความสะอาดดูดฝุ่นและล้างด้วย ACETONE

<u>สำหรับประเภท A</u>

ขั้นตอนที่ ๓. LAMINATE โดยใช้ GLASS ชนิดเดียวกับชิ้นงานเดิมตามจำนวนชั้น
(๑ ชั้นต่อความหนา ๑ มม.)



<u>สำหรับประเภท B</u>

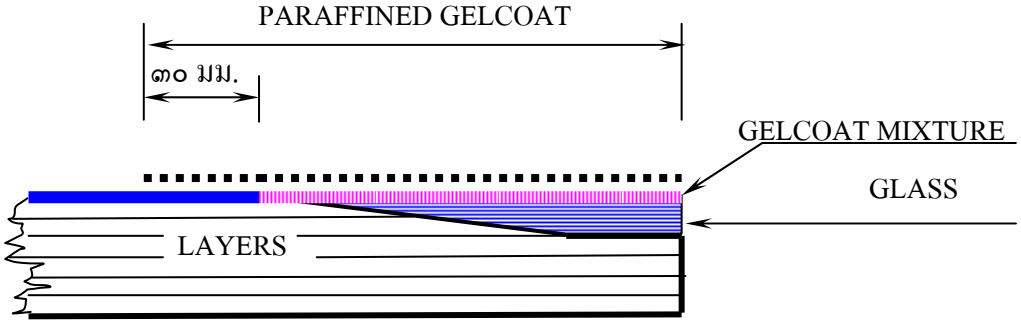
ขั้นตอนที่ ๓. LAMINATE โดยใช้ GLASS ชนิดเดียวกันกับชิ้นงานเดิมตามจำนวนชั้น
(๑ ชั้นต่อความหนา ๑ มม.)

๔. ลง GELCOAT ผสม MICROSPHERES

๕. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ เกินออกไป ๓๐ มม.

๖. ทำความสะอาดดูดฝุ่น, ล้างด้วย ACETONE

๗. ลง PARAFFINED GELCOAT



๕. <u>การซ่อมทำชิ้นงานที่มีรูทะลุโตเกิน ๕๐ มม.</u>

แบ่งได้เป็น ๒ วิธี

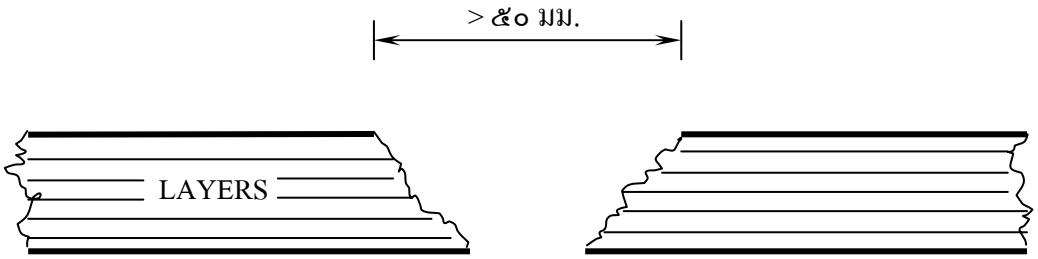
๑. SINGLE SCARFING

๒. DOUBLE SCARFING

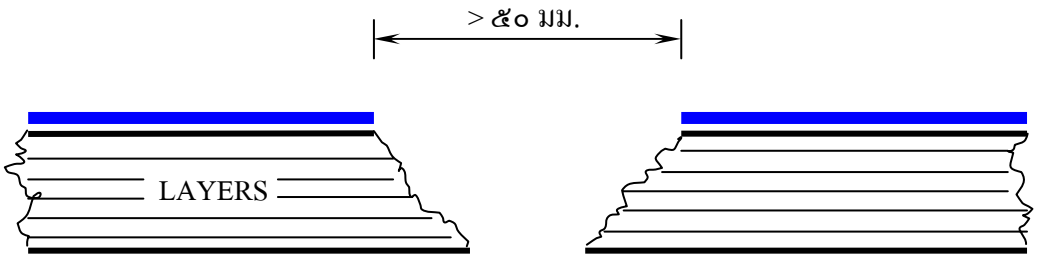
SINGLE SCARFING

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภทคือ

ประเภท A ผิวไม่ลง GELCOAT



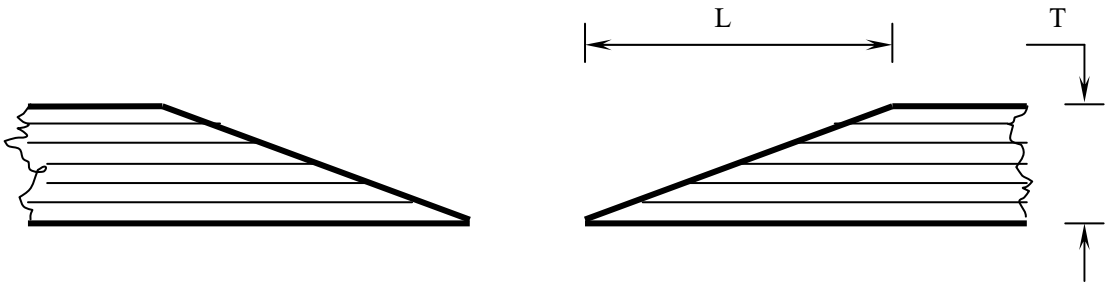
ประเภท B ผิวลง GELCOAT



สำหรับประเภท A

มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหายให้เป็นแนวลาดเอียง (TAPER) ออกไปทั้งสองด้านโดยมีอัตราส่วนความกว้าง (L) ต่อความหนา (T) = ๑๒:๑



๒. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐

๓. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

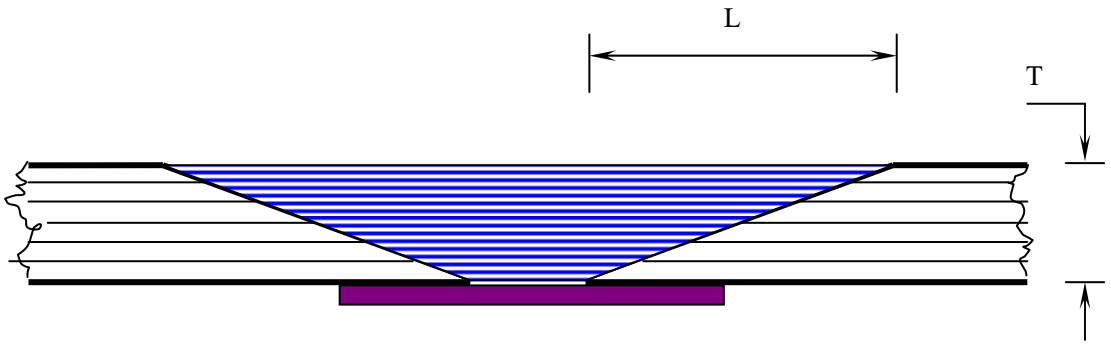
๔. ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE)

๕. LAMINATE ด้วย GLASS ชนิดเดียวกับชิ้นงานเดิมจำนวน ๖ ชั้น (WET BY WET) ปล่อยให้แข็ง

๖. LAMINATE ต่อจนจำนวนชั้น (LAYER) เท่ากับชิ้นงานเดิม (ครั้งละ ๖ ชั้น)

๗. ปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอา BACKING PLATE ออก

๘. ขัดด้วยกระดาษทรายตามเบอร์ให้เรียบทั้งสองด้านให้เหมือนผิวงานเดิม



$$\frac{L}{T} = \frac{12}{1}$$

<u>สำหรับประเภท B</u>

ขั้นตอนที่ ๗. LAMINATE ด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น

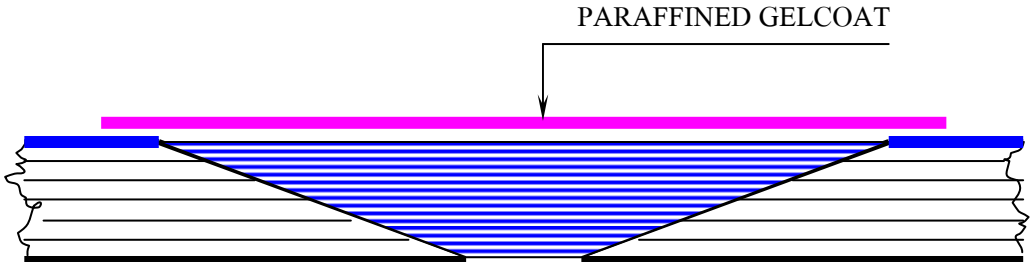
๘. ลง GELCOAT ที่ผสมด้วย MICROSPHERES

๙. ปล่อยให้แข็งแล้วขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ ออกไปด้านละ ๓๐ มม. จากแนวปาดขอบ

๑๐. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๑๑. ลง PARAFFINED GELCOAT

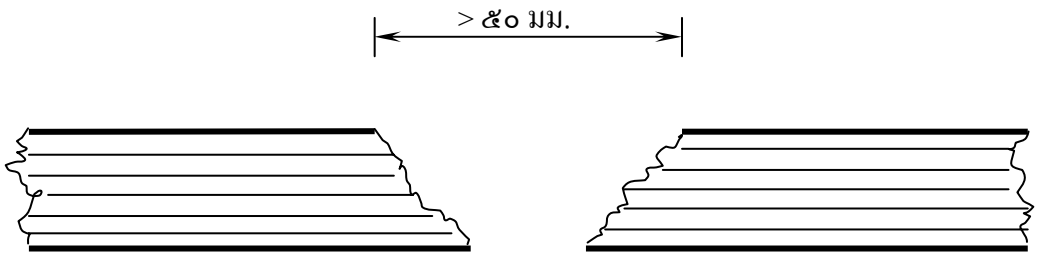
๑๒.เอา BACKING PLATE ออก



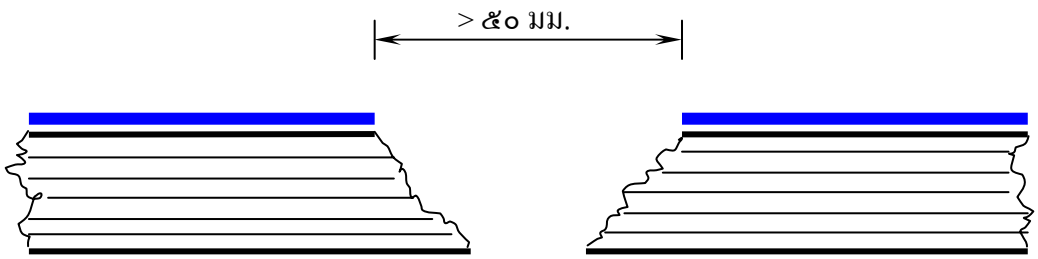
DOUBLE SCARFING

แบ่งออกเป็น ๒ ประเภทคือ

ประเภท A ผิวไม่ลง GELCOAT

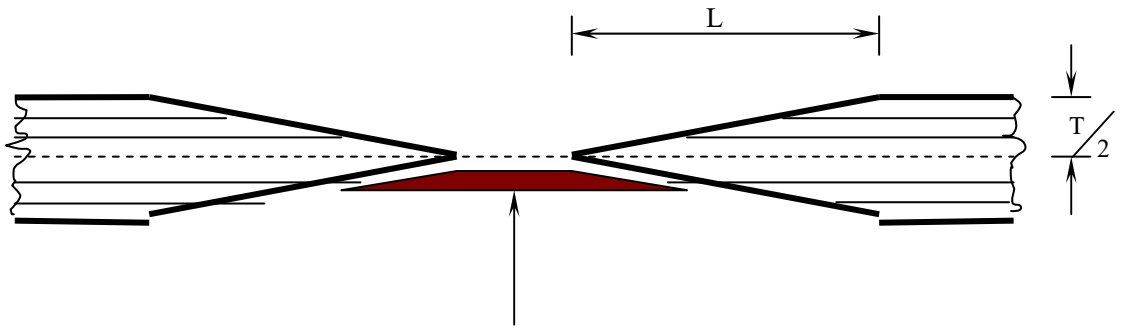


ประเภท B ผิวลง GELCOAT



มีขั้นตอนในการซ่อมทำดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑. ตัด, เจียร, ปาด บริเวณที่ได้รับความเสียหายให้เป็นแนวลาดเอียง (TAPER) ออกไปทั้งสองด้านโดยมีอัตราส่วนความกว้าง (L) ต่อครึ่งความหนา (T) = $\left(\frac{T}{2}\right)$



BACKING PLATE

๒. ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๔๐

๓. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๔. ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE)

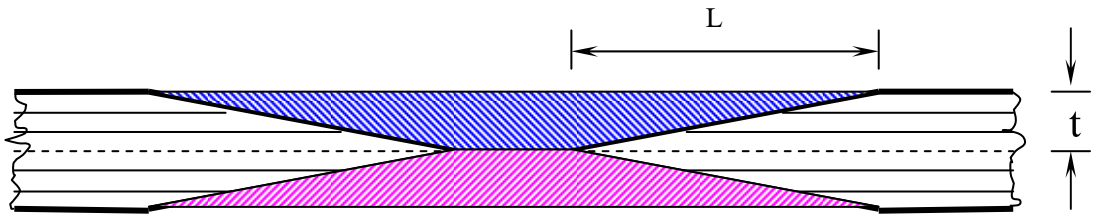
๕. LAMINATE ด้วย GLASS ชนิดเดียวกับชิ้นงานเดิมจำนวน ๖ ชั้น (WET BY WET) ปล่อยให้แข็ง

๖. LAMINATE ต่อจนจำนวนชั้น (LAYER) เท่ากับชิ้นงานเดิม (ครั้งละ ๖ ชั้น)

๗. ปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอา BACKING PLATE ออก

๘. ด้านตรงข้ามทำเช่นเดียวกัน (ขั้นตอนที่ ๒, ๓, ๕, ๖)

๙. ปล่อยให้แข็งขัดด้วยกระดาษทรายตามเบอร์ให้เรียบทั้งสองด้านให้เหมือนผิวงานเดิม



<u>สำหรับประเภท B</u>

ขั้นตอนที่ ๗. LAMINATE ด้วย MAT 450 จำนวน ๑ ชั้น

๘. ลง GELCOAT ที่ผสมด้วย MICROSPHERES

๙. ปล่อยให้แข็งแล้วขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๒๐ ออกไปด้านละ ๓๐ มม. จากแนวปาดขอบ

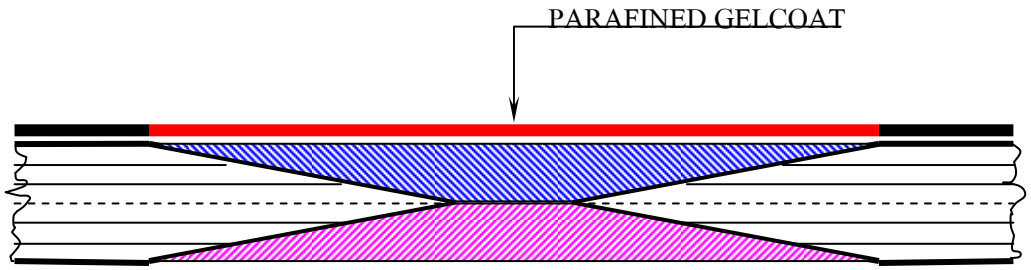
๑๐. ทำความสะอาดดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE

๑๑. ลง PARAFFINED GELCOAT

๑๒.เอา BACKING PLATE ออก

๑๓.ด้านตรงข้ามทำเช่นเดียวกันกับประเภท A (ขั้นตอนที่ ๒, ๓, ๕, ๖)

๑๔.ขัดด้วยกระดาษทรายตามเบอร์ให้เรียบเหมือนผิวงานเดิม



บทที่ ๕

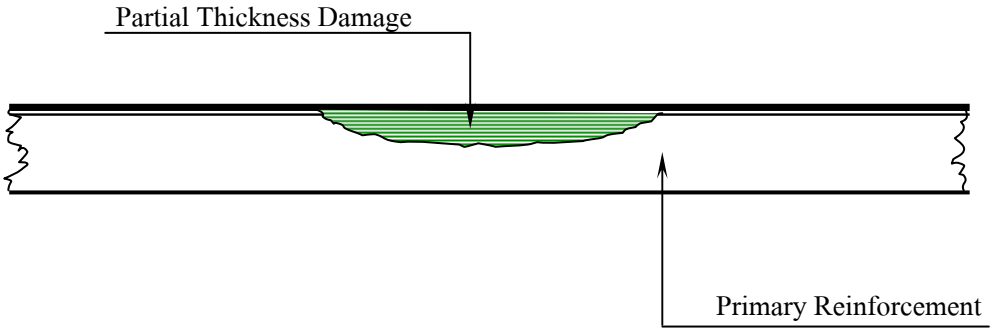
วิธีการซ่อมทำถัง GRP.

REPAIR PROCEDURE FOR GRP. TANKS

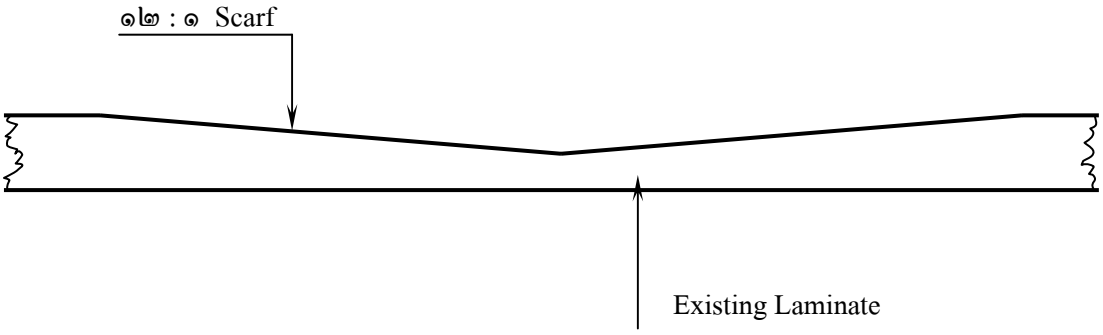
๑. การซ่อมทำผิวถังบริเวณที่เสียหาย

(PARTIALLY THROUGH THICKNESS DAMAGE)

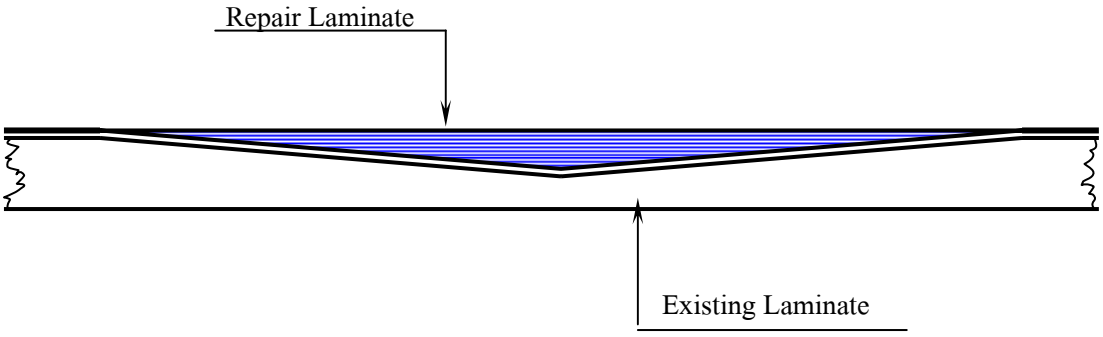
๑.๑ ผิวของถังบริเวณที่ได้รับความเสียหายลึกลงไปถึงใยแก้วเสริมความแข็งแรงชั้นแรก (Primary reinforcement) จะต้องได้รับการซ่อมทำแบบ Single Scarfing ดังรูป



รูป A LAMINATE DAMAGE



รูป B DAMAGE REMOVED, SURFACE PREPARESD



รูป C COMPLETED REPAIR

๑.๒ ขั้นตอนการซ่อมทำ

๑.๒.๑ ตัด, เจียร, ปาด ชั้น GRP. ที่เสียหายออก, ขัดสีออกด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๖๐ ดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE ตรวจสอบบริเวณที่เสียหายโดยใช้ฆ้อนเคาะฟังเสียง (Hammer Sounding) ทำการหมายบริเวณที่เสียหาย

๑.๒.๒ ขัดชั้น Laminate ที่เสียหายออกโดยใช้กระดาษทรายเบอร์ ๑๖–๔๐ ตามลำดับในขณะขัดตรวจสอบโดยการฟังเสียงเป็นระยะๆ ถ้าสามารถตรวจสอบความลึกของชั้น Laminate ที่เสียหายได้ ให้ใช้เครื่องมือในการตัด (Circular Saw หรือ Grinding Wheel) ทำการตัดชั้นที่เสียหายออกให้มากที่สุดหลังจากนั้น ให้ใช้เครื่องขัด, ฆ้อน, สิ่ว, ตัด, ขัด ชั้น Laminate เสียหายที่เหลือออกให้หมด

๑.๒.๓ ถ้าบริเวณที่เสียหายสกปรก, โสโครก (ถ้าเป็นถังน้ำจืด หรือถังที่บรรจุของเหลว)ทำความสะอาด และปล่อยให้ GRP. แห้ง

๑.๒.๔ หลังจากตัดชั้น Laminate ที่เสียหายออกหมดแล้วทำการหมายเส้นรอบวงบริเวณที่จะปาดขอบเป็นลาดเอียง (Scarf zone)

๑.๒.๕ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๖–๔๐ ตามลำดับ โดยเริ่มจากบริเวณที่เสียหายขยายออกไปยังเส้นรอบวงที่หมายไว้การปาดขอบแนวลาดเอียง (Taper)จะต้องเรียบไม่มีปลายของใยแก้วหลงเหลือโผล่ออกมาในบริเวณขอบรอบๆ ภายในรัศมีอย่างน้อย ๒๕ มม. (๑ นิ้ว) ขอบมุมต่างๆ จะต้องกลมเรียบ ในระหว่างการปาดขอบให้ใช้ไม้แบบ ทาบวัด และขัดจนให้ได้แนวลาดเอียงตามต้องการ

๑.๒.๖ ขัด, เจียรสีออกอย่างน้อย ๕๐ มม. (2 นิ้ว) จากขอบของแนวปาดขอบ (SCARF)โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ ๖๐ ถ้าต้องมีการเสริมความแข็งแรงด้านบนของผิวถังด้วยไม้อัด (Plies) ให้ขัดสีออกไปอีกโดยเผื่อระยะให้พอดีกับระยะเกยซ้อนทับของไม้อัด

๑.๒.๗ ดูดฝุ่น, ทำความสะอาด และเช็ดด้วย ACETONE

๑.๒.๘ ตรวจสอบบริเวณที่จะ Laminate เป็นครั้งสุดท้าย, แนวปาดขอบจะต้องลาดเอียง, เรียบ

๑.๒.๙ ลง RELEASE AGENT (P.V.A.), บริเวณขอบรอบๆ และติดกระดาษเทปเพื่อป้องกันไม่ให้ RESIN สัมผัสกับสีเดิมของถังที่เสียหาย

๑.๒.๑๐ ประมาณการวัสดุ, FIBERGLASS และ RESIN ที่ต้องให้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ต้องซ่อม

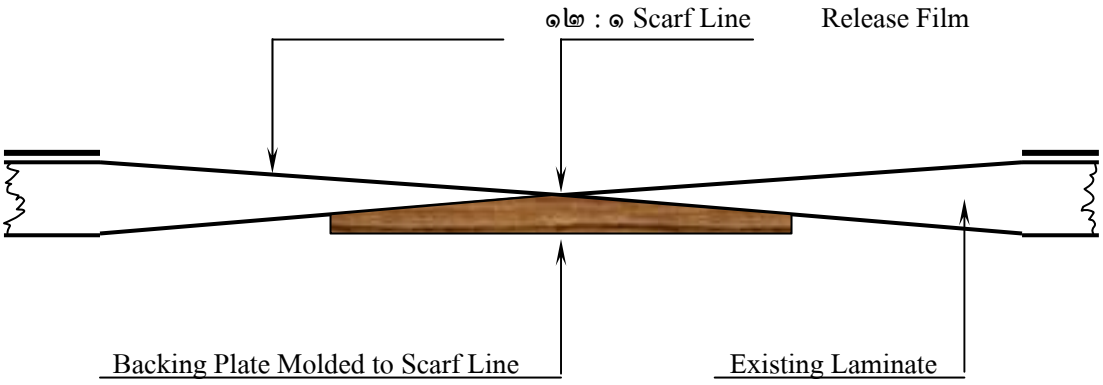
๑.๒.๑๑ ตัด GLASS ให้ได้ตามขนาด โดยใช้ไม้แบบ ระวังอย่าให้ GLASS โดนความชื้น และน้ำมัน

๑.๒.๑๒ คำนวณปริมาณ RESIN ที่ต้องใช้ และเริ่มทำการ LAMINATE

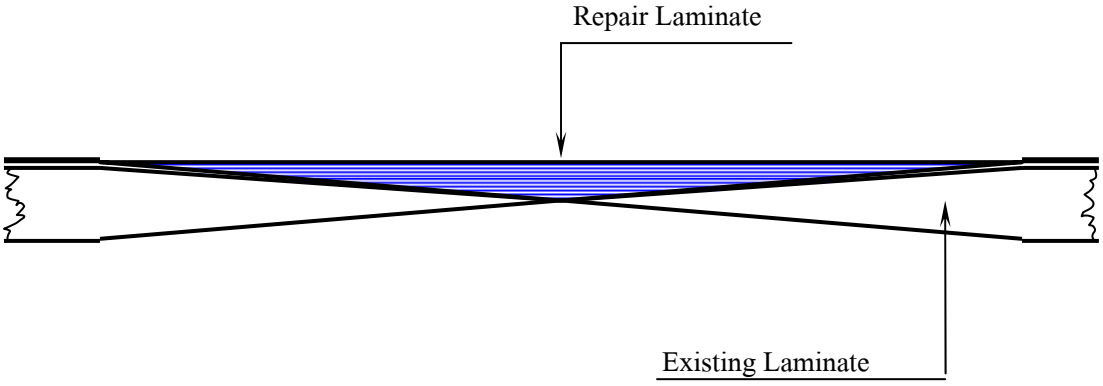
๒. การซ่อมทำถังที่ทะลุ

(THROUGH THICKNESS DAMAGE)

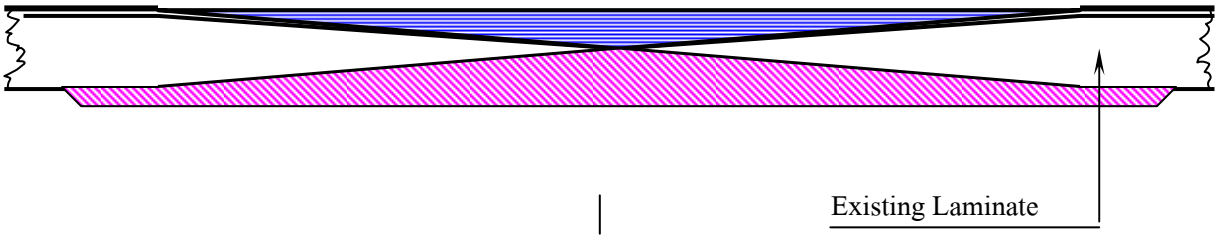
๒.๑ ถังที่ได้รับความเสียหายจนทะลุ จะต้องทำการซ่อมทำแบบ DOUBLE SCARFING ดังรูป



รูป A BACKING PLATE INSTALLED



รูป B (BACKING PLATE REMOVED)



รูป C (COMPLETED REPAIR)

๒.๒ ขั้นตอนการซ่อมทำ

๒.๒.๑ ตัด, เจียร, ปาด ชั้น GRP. ที่เสียหายออก, ขัดสีออกด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๖๐ ดูดฝุ่น และล้างด้วย ACETONE ตรวจสอบบริเวณที่เสียหายโดยใช้ฆ้อนเคาะฟังเสียง (Hammer Sounding) ทำการหมายบริเวณที่เสียหาย

๒.๒.๒ ใช้เครื่องมือในการตัด (CIRCULAR SAW หรือ DIE GRINDER) ตัดชั้น GRP. บริเวณที่เสียหายออกให้หมด โดยเตรียมการสำหรับการซ่อมแบบ DOUBLE SCARFING

๒.๒.๓ ถ้าบริเวณที่เสียหายสกปรก, โสโครก (ถ้าเป็นถังน้ำจืด หรือถังที่บรรจุของเหลว)ทำความสะอาด และปล่อยให้ GRP. แห้ง

๒.๒.๔ หลังจากตัดชั้น Laminate ที่เสียหายออกหมดแล้วทำการหมายเส้นรอบวงบริเวณที่จะปาดขอบเป็นแนวลาดเอียง (Scarf zone)

๒.๒.๕ ขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๑๖–๔๐ ตามลำดับ โดยเริ่มจากบริเวณที่เสียหายขยายออกไปยังเส้นรอบวงที่หมายไว้การปาดขอบแนวลาดเอียง (Taper) จะต้องเรียบไม่มีปลายของใยแก้วหลงเหลือโผล่ออกมาในบริเวณขอบรอบๆ ภายในรัศมีอย่างน้อย ๒๕ มม. (๑ นิ้ว) ขอบมุมต่างๆ จะต้องกลมเรียบ ในระหว่างการปาดขอบให้ใช้ไม้แบบ ทาบวัด และขัดจนให้ได้แนวลาดเอียงตามต้องการ และขัดด้วยกระดาษทราย

๒.๒.๖ ขัด, เจียรสีออกอย่างน้อย ๕๐ มม. (2 นิ้ว) จากขอบของแนวปาดขอบ (SCARF)โดยใช้กระดาษทรายเบอร์ ๖๐ ถ้าต้องมีการเสริมความแข็งแรงด้านบนของผิวถังด้วยไม้อัด (Plies) ให้ขัดสีออกไปอีกโดยเผื่อระยะให้พอดีกับระยะเกยซ้อนทับของไม้อัด

๒.๒.๗ ดูดฝุ่น, ทำความสะอาด และเช็ดด้วย ACETONE

๒.๒.๘ ตรวจสอบบริเวณที่จะLaminate เป็นครั้งสุดท้าย, แนวปาดขอบจะต้องลาดเอียง , เรียบ

๒.๒.๙ ลง RELEASE AGENT (P.V.A.), บริเวณขอบรอบๆ และติดกระดาษเทปเพื่อ

ป้องกันไม่ให้ RESIN และ GELCOAT สัมผัสกับสีเดิมของถังที่เสียหาย

๒.๒.๑๐ ติดแผ่นกั้นหลัง (BACKING PLATE) ตรงกลาง วัสดุที่ใช้อาจเป็นกระดาษแข็ง, POLYURETHANE FOAM, แผ่น FIBERGLASS, แผ่น ALUMINIUM หรือ โลหะบางๆ, ไม้อัด หรือ FORMICA ฯลฯ การติดจะต้องให้แนบสนิทแน่น, ลง RELEASE WAX และ ALUMINIUM FOIL, P.V.A. อย่างน้อย ๓ ครั้ง แล้วทิ้งไว้ให้ P.V.A. แห้งสนิทก่อนที่จะดำเนินการขั้นต่อไป

๒.๒.๑๑ เพื่อให้แน่ใจว่าแผ่นกั้นหลังติดสนิทแน่นกับขอบที่ SCARF และป้องกันไม่ให้ RESIN ไหลซึมให้ใช้กาว (ADHESIVE), RESIN PUTTY, ตัวยึด (CHAMPS OR SELF TAPPING SCREWS)

๒.๒.๑๒ ประมาณการวัสดุ, FIBERGLASS และ RESIN ที่ต้องใช้ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่ต้องซ่อม

๒.๒.๑๓ ตัด GLASS ให้ได้ตามขนาด โดยใช้ไม้แบบระวังอย่าให้ GLASS โดนความชื้น และน้ำมัน

๒.๒.๑๔ คำนวณปริมาณ RESIN ที่ต้องใช้ และเริ่มทำการ LAMINATE

๒.๒.๑๕ ภายหลังจาก LAMINATE เสร็จปล่อยให้แข็งแล้วจึงเอาแผ่นกั้นหลังออกและขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ ๖๐

๒.๒.๑๖ ทำความสะอาด, ดูดฝุ่น และเช็ดด้วย ACETONE

๒.๒.๑๗ เริ่มทำตามขั้นตอนที่ ๑.๒.๑๒ ถึง ๑.๒.๑๔ สำหรับอีกด้าน

๓. วัสดุที่ใช้ในการซ่อม

(REPAIR MATERIALS)

๓.๑ วัสดุเสริมความแข็งแรง (REINFORCEMENTS)

ให้ใช้ชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในการสร้างในครั้งแรก ถ้าในกรณีหาไม่ได้ให้ใช้วัสดุชนิดเดียวกับที่ใช้ในการ LAMINATE ด้วยมือ (HAND LAY-UP) โดยจำนวนและความหนาให้ได้ตามความหนาของถังเดิม

๓.๒ RESIN

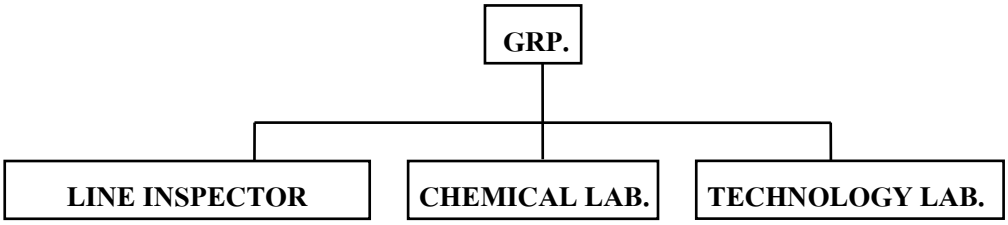
RESIN สำหรับการซ่อม จะต้องเป็นชนิดเดียวกันกับที่ใช้ในการสร้าง หรือมีคุณสมบัติเท่าเทียมกัน

บทที่ ๖

การควบคุมการผลิตและควบคุมคุณภาพ

PRODUCTION AND QUALITY ASSURANCE

การจัดแบ่งสายงาน



๑. LINE INSPECTOR เจ้าหน้าที่ควบคุมคุณภาพ
มีหน้าที่ในการตรวจสอบดังต่อไปนี้

๑.๑ VISUAL CHECKED (การตรวจสอบด้วยตาเปล่า)

๑.๒ VOIDS CHECKED (การตรวจสอบรูพรุน, โพรงอากาศ)

๑.๓ BARCOL HARDNESS CHECKED (การตรวจสอบความแข็ง)

๒. CHEMICAL LAB. เป็นการตรวจสอบทางเคมี
มีหน้าที่ในการตรวจสอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

๒.๑ การหา GEL TIME ของ RESIN

๒.๒ การหา EXOTHERMIC PEAK

๒.๓ การหาอัตราส่วนของ RESIN ต่อ GLASS (RATIO R : G)

๒.๔ การตรวจสอบ IMPREGNATION RATIO

๓. TECHNOLOGY LAB. เป็นการตรวจสอบคุณสมบัติทางกล (MECHANICAL PROPERTIES)
มีหน้าที่ในการทดสอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

๓.๑ FLEXURAL TEST

๓.๒ TENSILE TEST

๓.๓ INTERLAMINAR SHEAR TEST

LINE INSPECTOR

๑.VISUAL CHECKED (การตรวจสอบด้วยตาเปล่า)

เป็นการตรวจสอบการทำงานของช่างให้เป็นไปตามขั้นตอน และถูกต้องตามแบบ (DRAWINGS) เริ่มตั้งแต่การประกอบและการเตรียมMOLD,การLAMINATE,การวางตำแหน่ง (PLACEMENT) ,การประกอบ(ASSEMBLY) และการตรวจสอบขนาดต่างๆ (DIMENSIONS)

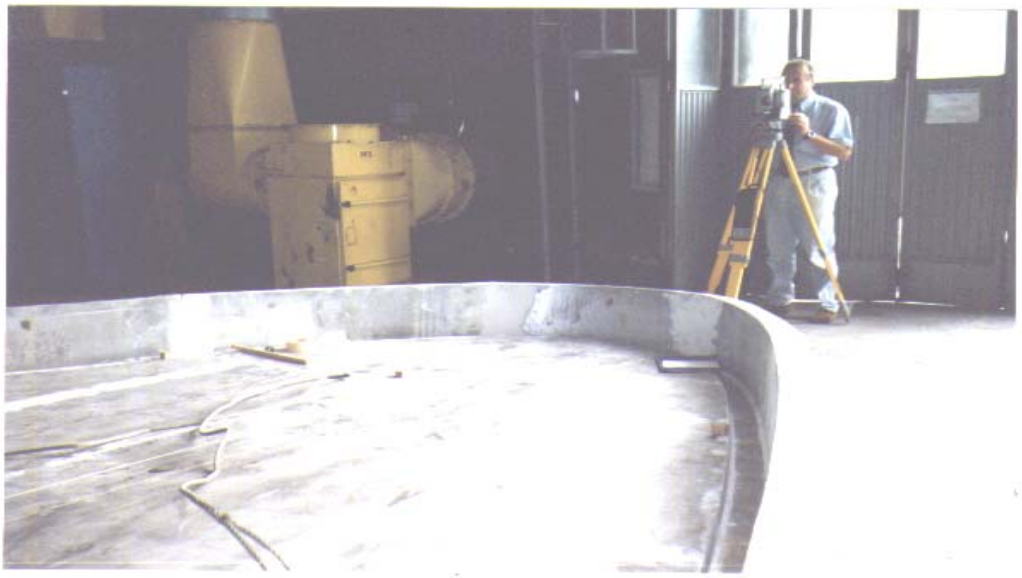
การประกอบ MOLD

การเตรียม MOLD

การ LAMINATE

การวางตำแหน่ง (PLACEMENT)

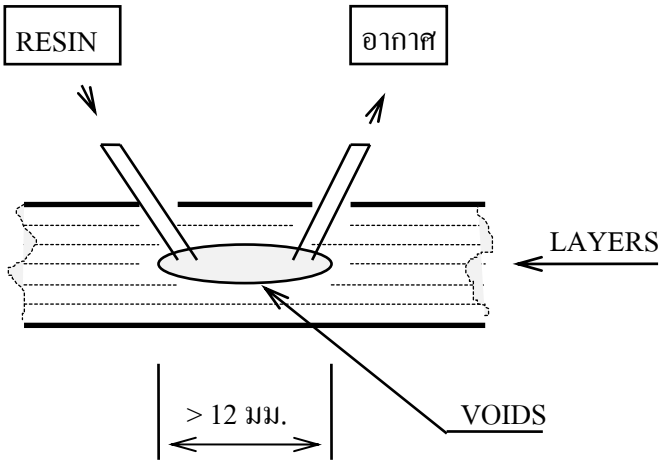
การประกอบ (ASSEMBLY)



การตรวจสอบ DIMENSIONS

๒. VOIDS CHECKED (การตรวจสอบรูพรุน ,โพรงอากาศ)

การตรวจสอบรูพรุน ,โพรงอากาศ (VOIDS) บนผิวงานที่ LAMINATE ถ้าพบว่า VOIDS มีขนาดรูโตเกินกว่า ๑๒ มม. จะต้องได้รับการแก้ไขโดยการเติม RESIN เข้าไปด้วยการฉีดด้วยอุปกรณ์คล้ายเข็มฉีดยา และจะต้องเจาะรูระบายอากาศในขณะฉีด



การแก้ไขรูพรุน, โพรงอากาศ

๓. BARCOL HARDNESS CHECKED (การตรวจสอบความแข็ง)

การตรวจสอบความแข็ง (HARDNESS) ผิวหน้าของชั้นการ LAMINATE (LAYER SURFACE) โดยใช้เครื่องมือวัดความแข็ง ให้ได้ตามมาตรฐาน ASTM. ดังรูป

เครื่องมือวัดค่าความแข็ง

BARCOL HARDNESS CHECKED

CHEMICAL LAB.

๑. GEL TIME

การหา GEL TIME ของ RESIN SYSTEM (RESIN + CATALYST + PROMOTER) มีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

๑. นำ RESIN (นำมาจาก SELF SERVICE MACHINE) ใส่หลอดทดลอง

๒. นำหลอดทดลองไปจุ่มในน้ำมันที่กำลังร้อน (๑๐๐°C)

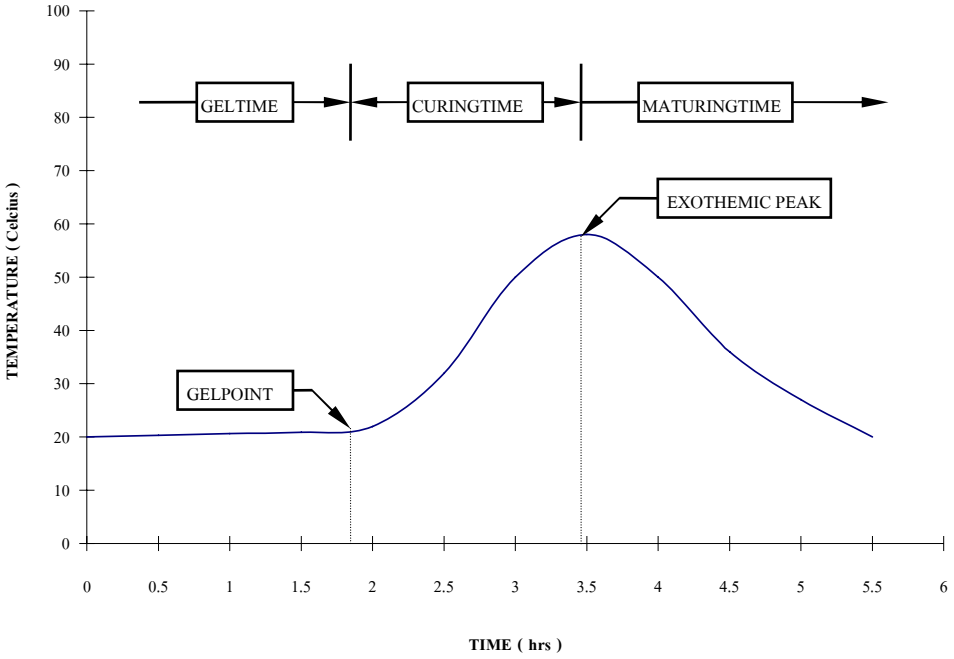
๓. จับเวลา และกวนตลอดเวลา

๔. หยุดกวนเมื่อ RESIN เริ่มกลายเป็น SOFT GEL

๕. อ่านเวลาที่ได้คือ GEL POINT

GEL TIME จะขึ้นอยู่กับชนิดของ RESIN ปริมาณCATALYST และปริมาณPROMOTER

การหา GEL TIME



๒. **<u>EXOTHERMIC PEAK</u>**

การตรวจสอบคุณสมบัติของ RESIN SYSTEM หาจุด EXOTHERMIC PEAK มีขั้นตอน ดังนี้

๑. ผสม RESIN SYSTEM ตามอัตราส่วนที่กำหนด (ในที่นี้ใช้ RESIN ๑๐๐ กรัม CATALYST ๒ กรัม และ PROMOTER ๑.๖ กรัม) ใส่ในหลอดทดลอง กวนให้เข้ากัน

๒. นำไปแช่ในน้ำอุ่น (อุณหภูมิ ๒๕°C) ซึ่งต่อเข้ากับเครื่องมือวัดซึ่งจะ PLOT กราฟออกมาซึ่งสามารถอ่านค่า GEL POINT และ EXOTHERMIC PEAK ได้

๓. **<u>อัตราส่วน (RATIO)</u>**

การหาอัตราส่วนของ RESIN : GLASS (R : G) ในแบบ (LAMINATE DRAWING) จะกำหนดอัตราส่วนมาให้ แผนกควบคุมคุณภาพจะเป็นผู้ควบคุมอัตราส่วนนี้ให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้
มีขั้นตอนดังนี้

๑. ตัด GRP. จากชิ้นงานที่ LAMINATE นำไปใส่ถ้วยนิกเกิล และชั่งน้ำหนัก

๒. เผาในเตาอบที่อุณหภูมิ ๖๕๐°C (ไม่เกิน ๑๒๐๐°C) จนไม่มีควัน

๓. พลิกชิ้น GRP. อีกด้าน นำเข้าเตาเผาอีกครั้งจนไม่มีควัน

๔.นำไปชั่งน้ำหนักซึ่งน้ำหนักที่ได้เมื่อหักน้ำหนักถ้วยนิกเกิลก็คือน้ำหนักของใยแก้ว (GLASS)

๕. สามารถหาอัตราส่วน R : G ได้ตามตัวอย่าง

ตัวอย่างการหาอัตราส่วน R : G

๑. ชั่งน้ำหนักชิ้น GRP. ที่ตัดมาจากชิ้นงาน (น้ำหนัก R + G)
ได้ ๓๒.๘๕๐ กรัม
(ไม่รวมน้ำหนักถ้วยนิกเกิล) = น้ำหนักก่อนเผา (น้ำหนัก R + G)

๒. ชั่งน้ำหนักหลังเผาได้ ๑๕.๕๑๔ กรัม = น้ำหนักใยแก้ว
(ไม่รวมน้ำหนักถ้วย)

๓. น้ำหนัก RESIN = น้ำหนักก่อนเผา - น้ำหนักหลังเผา
= ๓๒.๘๕๐ กรัม - ๑๕.๕๑๔ กรัม
= ๑๗.๓๓๖ กรัม

๔. อัตราส่วน R : G = น้ำหนัก RESIN / น้ำหนัก GLASS
= ๑๗.๓๓๖ / ๑๕.๕๑๕
= ๑.๑๑๗

๔. IMPREGNATION RATIO

การตรวจสอบการทำงานของเครื่อง IMPREGNATOR ก่อนที่จะเริ่มการ LAMINATE ในแต่ละครั้ง

เริ่มงาน	→	พักเครื่อง	→	เริ่มงาน	→	เลิกงาน
๐๖๓๐		๐๙๓๐		๑๐๐๐		๑๔๐๐
ตรวจสอบครั้งที่ ๑		ทำความสะอาด		ตรวจสอบครั้งที่ ๒		ทำความสะอาด

มีขั้นตอนการตรวจสอบดังนี้

๑. ตัดใยแก้วที่เปียกชุ่มด้วย RESIN จากเครื่อง IMPREGNATOR ขนาด ๑ ตารางเมตร

๒. นำไปชั่งน้ำหนัก (น้ำหนัก R + G)

๓. นำน้ำหนักในข้อ ๔.๒ (น้ำหนัก R + G) หักด้วยน้ำหนักของใยแก้ว (น้ำหนักของใยแก้วทราบได้จากชนิดของใยแก้วนั้น ๆ (เช่น DF 1400 น้ำหนักใยแก้ว = ๑,๔๐๐ กรัมต่อ ๑ ตารางเมตร) จะได้น้ำหนักของ RESIN

๔. จะได้อัตราส่วน G : R นำไปเปรียบเทียบกับอัตราส่วนที่กำหนดไว้ในแบบ โดยปกติอัตราส่วนที่เครื่องจะต้องต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ในแบบ
เช่น ในแบบกำหนดอัตราส่วน G : R = ๑ : ๑.๑๕ ที่เครื่อง PREGNATOR ควรจะมีอัตราส่วน G : R ประมาณ ๑ : (๐.๙ – ๑) เพราะจะต้องเผื่อปริมาณ RESIN ที่ตกค้าง (EXTRA RESIN) อยู่ในเครื่องในขณะ LAMINATE

<u>ตัวอย่างการทดสอบ</u>

ในแบบ (DRAWING) กำหนดอัตราส่วน G : R = ๑ : ๑.๕, GLASS TYPE = DF 1400

๑. ตัดใยแก้วที่เปียกชุ่มด้วย RESIN จากเครื่อง IMPREGNATOR (WETTED GLASS) ขนาด ๑ ตารางเมตร นำไปชั่งน้ำหนัก (น้ำหนัก G + R) ได้ ๒,๘๐๐ กรัม

๒. น้ำหนัก RESIN	=	น้ำหนัก (G + R) – น้ำหนักใยแก้ว
	=	๒,๘๐๐ - ๑,๔๐๐ กรัม
	=	๑,๔๐๐ กรัม
๓. ฉะนั้นอัตราส่วน G : R	=	น้ำหนักใยแก้ว / น้ำหนัก RESIN
	=	๑,๔๐๐ / ๑,๔๐๐
	=	๑ : ๑

<u>TECHNOLOGY LAB.</u>

(การทดสอบคุณสมบัติทางกล)

ตัด GRP. ของชิ้นงานที่ต้องการทดสอบขนาด ๑ ตารางเมตร (ได้จากการ LAMINATE เกินออกไปจากขนาดของชิ้นงานจริง) นำไปตัดเป็นชิ้นทดสอบ (SPECIMEN) รูปร่าง และขนาดต่าง ๆ ตามมาตรฐานของ ASTM. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกล (MECHANICAL PROPERTIES) ต่าง ๆ ดังนี้

๑. FLEXURAL TEST

๒.TENSILE TEST

๓. INTERLAMINAR SHEAR TEST

ก่อนการทดสอบต่าง ๆ จะต้องนำชิ้นทดสอบไปอบที่อุณหภูมิ ๘๐°C เป็นเวลา ๓ ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงกรณีที่ชิ้นทดสอบจะอยู่ในสภาวะก่อนการจับตัว (POST CURING) โดยรายละเอียดการทดสอบต่าง ๆ เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM.

บทที่ ๗

ข้อควรระมัดระวังเกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

ช่างในแผนก GRP. ทั้งหมดจะต้องปฏิบัติตามกฎระเบียบเกี่ยวกับความปลอดภัย (SAFETY REGULATIONS) โดยเคร่งครัด ซึ่งจะเน้นเกี่ยวกับ การใช้เครื่องมือ และเครื่องใช้ (INSTRUMENTS AND TOOLS) ที่จะช่วยปกป้องผู้ปฏิบัติงาน

๑. ระบบสำหรับการดูดสารระเหย (ORGANIC VAPORS EXTRACTION) จะต้องนำมาใช้ในระหว่างการ LAMINATE ในกรณีที่ไม่มีระบบดังกล่าวช่าง GRP. จะต้องสวมหน้ากากป้องกันสารพิษ (ANTI - ORGANIC VAPORS MASKS)

๒. ในระหว่างกรรมวิธี TRIMMING, การขัด (SANDING OR EMERY FILLING) ช่าง GRP. ทุกนายจะต้องใช้แว่นตา (GLASSES) และหน้ากากกระดาษ (PAPER MASKS)

๓. ในระหว่าง LAMINATE ช่าง GRP. จะต้องสวมถุงมือยาง (RUBBER GLOVES)

๔. ช่าง GRP. ทุกคนจะต้องสวมหมวกนิรภัย ในระหว่างการปฏิบัติงานที่ต้องการความปลอดภัยจากการตกกระแทก

๕. ต้องสวมรองเท้า SAFETY ตลอดเวลา