บทที่ 5

การศึกษาทางด้านการผลิต

การศึกษาทางด้านการผลิต เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการเลือกที่ตั้งโรงงานผลิต ขั้นตอนและระยะเวลาต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการจัดตั้งโรงงาน การติดต่างประเทศทางด้านเทคโนโลยี่ ขบวนการผลิต, เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้, วัตถุดิบ, ปัจจัยต่าง ๆ ในการประกอบการผลิต เช่น กำลังคน สาธารณูปโภค รวมทั้งแหล่งของสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าว

ขบวนการผลิตสนใจจะมุ่งเฉพาะการผลิต ฟรีออน – 11, ฟรีออน – 12 และฟรีออน–22

<u>การพิจารณาเลือกที่ตั้งโรงงาน</u>

อุตสาหกรรมผลิตกาซ โดยขบวนการเคมี (chemical processes) เป็นอุตสาหกรรมที่วัตถุสำเร็จรูป (finished product) มีน้ำหนักหน่วยปริมาตร เบากว่าน้ำหนักของวัตถุดิบ ดังนั้น การตั้งใกล้แหล่งวัตถุดิบจะทำให้ลดต้นทุนในการขนส่งลงได้มากทั้งในแง่การขนส่งวัตถุดิบและวัตถุสำเร็จรูปออกจำหน่าย สำหรับประเทศไทยแล้ว เมื่อพิจารณาแล้ว อาณาบริเวณที่เหมาะสมคือ บริเวณเขตชานกรุงเทพมหานคร หรือจังหวัดใกล้เคียง เพราะใกล้แหล่งที่จะจัดหาวัตถุดิบได้ง่าย และใกล้เคียงตลาดที่จะส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย ข้อควรพิจารณาในกรณีที่จะส่งออกสู่ต่างประเทศที่ตั้งโรงงานควรอยู่ใกล้แม่น้ำ เพื่อความสะดวกในการส่งออก บริเวณเขตดังกล่าวนี้มีนิคมอุตสาหกรรมหลายแห่งซึ่งน่าจะพิจารณา เช่น นิคมอุตสาหกรรมบางชัน, นิคมอุตสาหกรรมสมุทรปราการ, นวนคร เมืองอุตสาหกรรม เป็นต้น

<u>การติดต่อต่างประเทศด้านเทคโนโลยี่</u>

เนื่องจากโรงงานผลิตฟรีออนนี้ ยังไม่เคยมีการตั้งขึ้นมาก่อนในประเทศไทย ดังนั้นคาดว่าจะมีอุปสรรคในด้านการผลิตและการติดตั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ เพื่อความสะดวกการติดต่อต่างประเทศ ที่ได้มีการตั้งโรงงานผลิตฟรีออน อยู่แล้ว จะช่วยขจัดปัญหาต่าง ๆ ได้มาก บริษัท

ที่สามารถติดต่อขอรายละเอียดต่าง ๆ ได้แก่

(1) บริษัท ดูปองท์ จำกัด สหรัฐอเมริกา

(2) บริษัท ไอโซทรอน จำกัด สหรัฐอเมริกา

(3) บริษัท ไกเซอร์เคมิคอล จำกัด สหรัฐอเมริกา

(4) บริษัท อาซาฮีฟรอน จำกัด ประเทศญี่ปุ่น

(5) บริษัท โคเรียฟลูโอไร เคมิคอลอินดัสตรี้ จำกัด ประเทศเกาหลี

เมื่อพิจารณาจากความสะดวก, ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ, ระยะทางและระยะเวลาในการติดต่อแล้ว บริษัทในประเทศเกาหลีเป็นบริษัทที่ควรติดต่อมากที่สุด ประกอบกับเหตุผลที่สำคัญ คือ โรงงานผลิตในประเทศอื่น ๆ มีขนาดใหญ่มากเป็นหมื่นตันขึ้นไป แต่โรงงานในประเทศเกาหลีมีขนาดเล็กประมาณ 2,000 เมตริกตัน ต่อปี ซึ่งมีกำลังการผลิตใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการฟรีออนในประเทศไทย จากการติดต่อกับบริษัทดังกล่าวทราบว่า บริษัทพร้อมที่จะส่งรายละเอียดค่าใช้จ่ายสำหรับโรงงานที่มีกำลังการผลิตเท่าที่ต้องการมาให้ พร้อมทั้งส่งผู้เชี่ยวชาญมาควบคุมจัดวางแผนระยะเวลาในการก่อสร้าง และทดลองดำเนินงาน อันเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินงานขั้นต่าง ๆ

จากการสำรวจข้อมูลในประเทศไทย และสอบถามบริษัทผู้ผลิตในประเทศเกาหลี สรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้ :-

การก่อสร้างอาคารโรงงาน แยกเป็นระยะเวลาสำหรับงานขั้นตอนต่าง ๆ คือ

(1) ระยะเวลาในการขออนุญาตตั้งโรงงานผลิตและขอส่งเสริมการลงทุน ประมาณ 3 เดือน

(2) ระยะเวลาในการจัดหาเงินทุนประมาณ 2 เดือน

(3) ระยะเวลาในการติดต่อต่างประเทศและสำรวจออกแบบขั้นต้น ประมาณ 4 เดือน

(4) ระยะเวลาในการวิเคราะห์รายละเอียดทางด้านวิศวกรรม ประมาณ 8 เดือน

(5) ระยะเวลาในการจัดซื้อวัสดุก่อสร้างประมาณ 4 เดือน

(6) ระยะเวลาในการก่อสร้างประมาณ 7 เดือน

อย่างไรก็ตามงานขั้นต่าง ๆ บางส่วน เช่น ขั้นที่ (5) และ (6) สามารถทำในเวลาเดียวกันได้ ดังนั้น ระยะเวลาทั้งหมดในการก่อสร้างอาคารประมาณ 18 เดือน

<u>การติดตั้งเครื่องจักร, การทดลองโรงงาน และฝึกหัดผู้ปฏิบัติงาน</u> แยกเป็นระยะเวลา – สำหรับงานขั้นต่าง ๆ คือ

(1) ระยะเวลาในการจัดซื้ออุปกรณ์เครื่องจักรกลประมาณ 5 เดือน

(2) ระยะเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร ประมาณ 3 เดือน

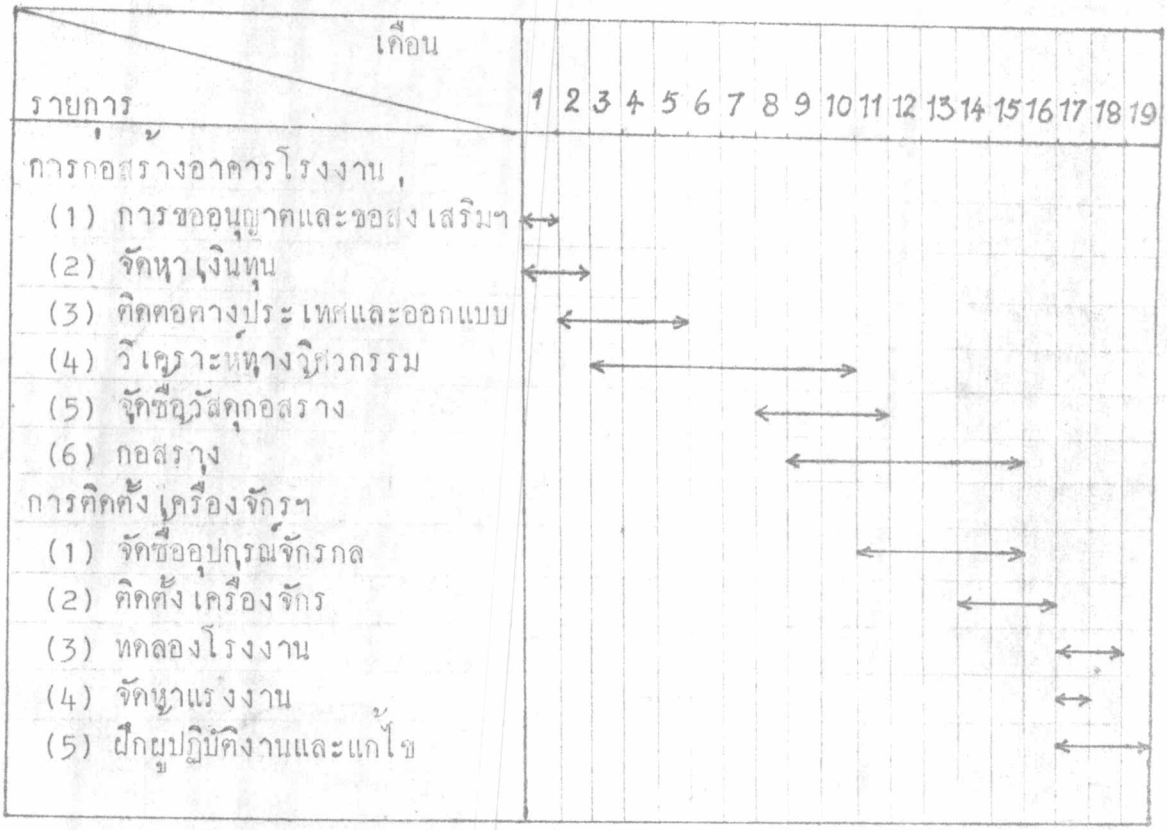
(3) ระยะเวลาในการทดลองโรงงาน ประมาณ 2 เดือน

(4) ระยะเวลาในการจัดหาแรงงานประมาณ 1 เดือน

(5) ระยะเวลาในการฝึกหัดผู้ปฏิบัติงาน และแก้ไขข้อบกพร่อง ประมาณ– 3 เดือน

จากการศึกษาพบว่า งานในทั้งสองส่วนนี้สามารถทำพร้อม ๆ กันได้ในหลายขั้นตอน ดังนั้น สรุประยะเวลาทั้งหมดในการดำเนินงานตั้งโรงงาน จะประมาณ 24 – เดือน หรือ 2 ปี

การดำเนินงานขั้นต่าง ๆ สามารถสรุปเป็น Chart ได้ดังนี้



ปัญหาที่คาดว่าจะเกิดขึ้น

สำหรับการจัดตั้งโรงงานผลิตก๊าซฟรีออนในประเทศไทย เท่าที่ศึกษาวิเคราะห์มาแล้วนั้น พบว่าปัญหาที่อาจเกิดขึ้นมีดังต่อไปนี้ :-

(1) ระยะเวลาในการดำเนินงานขั้นต่าง ๆ อาจล่าช้ากว่าที่กำหนดคาดการณ์ไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนในการขออนุญาตตั้งโรงงานและการขอส่งเสริมการลงทุน และขั้นตอนในการติดต่อต่างประเทศ เนื่องจากในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการติดต่อกับต่างประเทศเพื่อขอข้อมูล ในการศึกษาพบว่า ถ้าใช้จุดหมายติดต่อจะมีความล่าช้ามาก ในการตั้งโรงงานจริงควรใช้วิธีการอื่น ๆ เช่น เทเล็กซ์ (Telex) ซึ่งอาจทำให้ต้นทุนสูงขึ้นบ้าง แต่ประหยัดเวลาได้บ้าง

(2) การจัดหาแหล่งเงินทุน อาจมีปัญหาในเรื่องหลักประกันในกรณีกู้เงิน ถ้าผู้จัดตั้งโรงงานมีเงินทุนหรือสินทรัพย์อยู่บ้าง พอที่จะเป็นหลักประกันเงินกู้ ปัญหานี้อาจแก้ไขได้

ในกรณีจัดหาแหล่งเงินทุน โดยการออกหุ้นกู้ หรือหุ้นสามัญ อาจยากในกา[illegible] แต่ถ้าเลือกธนาคารที่จะเป็นผู้แนะนำหรือ Underwriter ที่มีชื่อเสียงดี ก็จะขจัดปัญหาได้

(3) การหาสถานที่ที่จะก่อสร้างโรงงาน อาจได้สถานที่ที่ไม่สอดคล้องตามปัจจัยต่าง ๆ ที่ต้องการ อย่างไรก็ตามในกรณีเช่นนี้ ผู้จัดตั้งโรงงานควรศึกษารายละเอียดปัจจัยต่าง ๆ และใช้วิธีประนีประนอมในการเลือกสถานที่เพื่อให้ต้นทุนต่าง ๆ ต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้

ระบบการผลิตโดยสรุป

ฟรีออนผลิตโดยขบวนการทางเคมี โดยการทำปฏิกิริยาของสารที่เป็นวัตถุดิบต่าง ๆ

สมการในการผลิตฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12 จะเป็นสมการเดียวกันคือ :-

$$3HF + 2CCl_4 \xrightarrow{SbCl_5} 3HCl + CCl_3F + CCl_2F_2$$

นั่นคือ ใช้ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ทำปฏิกิริยากับคาร์บอนเตตตะคลอไรด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ กรดเกลือ, ฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12

ส่วนสมการที่ใช้ในการผลิตฟรีออน – 12 คือ

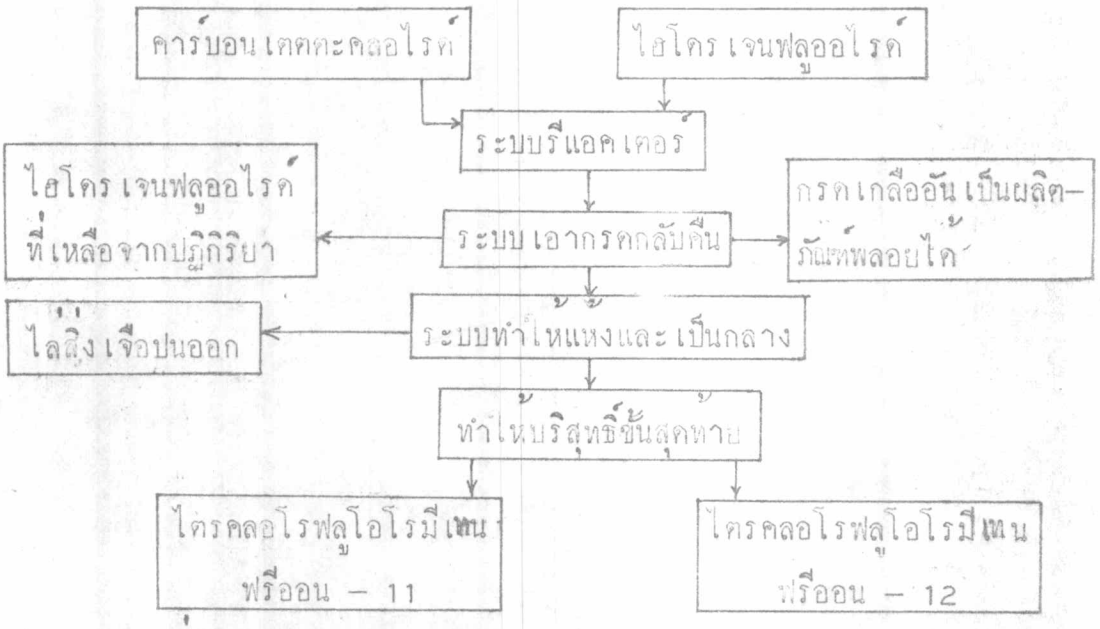
$$CHCl_3 + 2HF \longrightarrow CHClF_2 + 2HCl$$

นั่นคือ ใช้คลอโรฟอร์ม ทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนฟลูออไรด์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ฟรีออน – 22 และ กรดเกลือ

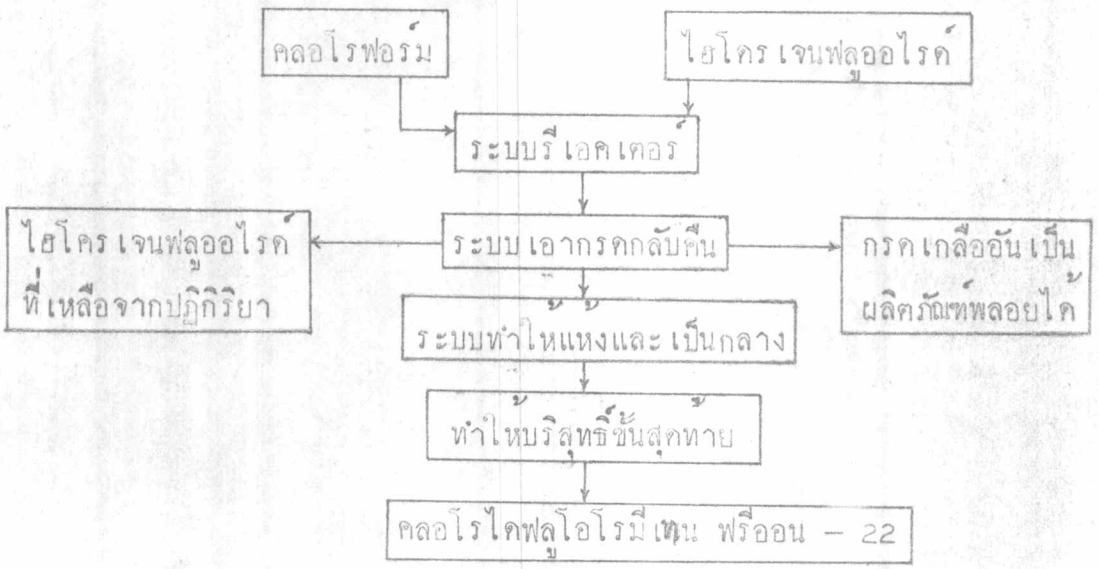
ขบวนการผลิต

ขบวนการผลิตซึ่งเป็นขบวนการเคมีนั้น สรุปเป็น ได้ดังนี้

รูปที่ 5.1 แผนผังขบวนการผลิต ฟรีออน – 11 และ ฟรีออน – 12



รูปที่ 5.2 แผนผังขบวนการผลิตฟรีออน – 22



---

(1) จาก Advanced in Fluorine Chemistry: Volume 3

เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิต

ในขบวนการทางเคมีสำหรับการผลิต ก๊าซฟรีออน – 11, ฟรีออน – 12 และฟรีออน – 22 มีเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักดังแสดงในรูปที่ 5.1

เครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้ เนื่องจากต้องออกแบบและจัดทำเฉพาะเพื่อใช้ในขบวนการนี้ ตามขนาดของความจุที่ต้องการ ดังนั้น อุปกรณ์ดังกล่าวจำเป็นต้องสั่งเข้ามาจากต่างประเทศ แหล่งที่จะสามารถสั่งซื้ออุปกรณ์เหล่านี้ได้คือ ประเทศที่มีการผลิตก๊าซฟรีออน ในปัจจุบัน ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น ออสเตรเลีย สาธารณรัฐประชาชนจีน อังกฤษ และเกาหลี ดังได้กล่าวแล้วในเรื่องเกี่ยวกับการติดต่อต่างประเทศว่า ประเทศเกาหลีมีโรงงานที่มีกำลังการผลิตใกล้เคียงกับปริมาณความต้องการของประเทศไทย ดังนั้น ควรติดต่อเกี่ยวกับการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ประเทศเกาหลีมากกว่าประเทศอื่น ๆ

ขบวนการผลิตโดยละเอียด

การศึกษาส่วนนี้ จะได้พิจารณาถึงขบวนการผลิตโดยศึกษาแผนผังขบวนการผลิต การแบ่งแยกหน่วยผลิต การวางผังโรงงาน อัตราการผลิต และการควบคุมขบวนการผลิตดังต่อไปนี้ :-

แผนผังขบวนการผลิต

(1) อัตราส่วนในการป้อนสารเข้าสู่ขบวนการ

อัตราส่วนระหว่างไฮโดรเจนฟลูออไรด์และคาร์บอนเตตตะคลอไรด์ แปรผันได้เป็นช่วงกว้าง ขึ้นกับผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้ายที่ต้องการ โดยทั่วไปควรใช้ไฮโดรเจนฟลูออไรด์อย่างน้อย 1 โมล ต่อคาร์บอนเตตตะคลอไรด์ 1 โมล ถ้าต้องการให้ได้ผลิตภัณฑ์ออกมามากที่สุดควรใช้ 3 โมล ของไฮโดรเจนฟลูออไรด์ต่อ 1 โมล ของคาร์บอนเตตตะคลอไรด์

(2) อุณหภูมิ

อุณหภูมิที่ทำปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่สารทั้งสองสัมผัสกัน และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ นั่นคือ อุณหภูมิจะแปรผันผกผันกับเวลาที่สารสัมผัสกัน และแปรผันตรงกับความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

โดยทั่วไปอุณหภูมิจะแปรผันอยู่ระหว่าง 302 – 932 ฟ อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิที่เหมาะสมยังขึ้นอยู่กับตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้ด้วย อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดจะได้จากการทดลองในขบวนการผลิต

(3) ความดัน

ใช้ทั้งความดันต่ำกว่า และสูงกว่าบรรยากาศที่ความดันสูง มักจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเข้มข้นมากกว่าความดันต่ำ

(4) ระยะเวลาทำปฏิกิริยา

ระยะเวลาทำปฏิกิริยาจะรวดเร็วมาก โดยปกติใช้เวลาที่สารทั้งสองสัมผัสกันเพียง 2-3 วินาที ช่วงเวลาไม่ควรใช้ระยะเวลาสัมผัสเกิน 5 วินาที ช่วงเวลาที่คนพบว่าให้ผลิตภัณฑ์ได้ดีที่สุดจะอยู่ระหว่าง 1-10 วินาที

(5) ตัวกลางในการทำปฏิกิริยา

คาร์บอนเตตะคลอไรด์ จะอยู่ในสภาพเป็นไอผ่านเข้าสู่หม้อทำปฏิกิริยาพร้อมกับไฮโดรเจนฟลูออกไรด์ในหม้อทำปฏิกิริยา จะมีตัวเร่งปฏิกิริยาบรรจุอยู่ ซึ่งมักนิยมใช้แอนติโมนีเพนตะคลอไรด์

จากการสังเกตพบว่า ขบวนการในการผลิตดำเนินไปได้ดี เมื่อการไหลของก๊าซในหม้อทำปฏิกิริยาคิดเป็นลูกบาศก์ฟุต ที่อุณหภูมิของการทำปฏิกิริยาหารด้วยพื้นที่หน้าตัดของหม้อทำปฏิกิริยา มีค่าระหว่าง 0.15-0.35 ฟุต ต่อวินาที ค่าที่ดีที่สุดคือ 0.25 ฟุตต่อวินาที ที่อุณหภูมิของการปฏิกิริยา

(6) คำอธิบายขบวนการผลิต

พิจารณารูปที่5.5 จะเห็นได้ว่าการเกิดปฏิกิริยาจะเกิดในหม้อทำปฏิกิริยา (1) ซึ่งมีตัวเร่งปฏิกิริยาในสภาวะของแข็ง (2)บรรจุอยู่ตัวหม้อทำปฏิกิริยาจะมีลิ้นเปิดสำหรับป้อนสารเข้า (3) และลิ้นสำหรับปล่อยสารออก (4)ส่วนบนของหม้อทำปฏิกิริยา (5) เป็นที่ว่างสำหรับใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งมีไธโคลน (6) ต่อกับท่อปล่อยก๊าซออก (7) เริ่มขบวนการโดยการป้อนไฮโดรเจนฟลูออกไรด์ ภายใต้แรงอัดผ่านลิ้นป้อน (8) สู่ตัวให้ความร้อน (9) เข้าสู่ลิ้นป้อน (3) ขณะเดียวกัน ป้อนคาร์บอนเตตะคลอไรด์จากลิ้นเปิด (10) เข้าสู่ตัวให้ความร้อนอีกตัวหนึ่ง (11) ผ่านลิ้นป้อน (3) อาจป้อนก๊าซไนโตรเจนอัดผ่านลิ้น (12) เพื่อช่วยในการรักษาสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา

ไฮโดรเจนฟลูออไรด์และคาร์บอนเตตะคลอไรด์จะทำปฏิกิริยากัน ในหม้อทำปฏิกิริยา ก๊าซที่ได้จะผ่านออกทางท่อออก (7) เข้าสู่หอกลั่น (13) ซึ่งจะมีน้ำพ่นออกจากกลั่น (14) เข้าสู่ส่วนบนของหม้อ เพื่อทำให้แก๊สเป็นบริสุทธิ์ขึ้น โดยน้ำจะพาเอากรดไฮโดรคลอริกที่เกิดขึ้นไปทางลิ้นปล่อย (15)

จากนั้นก๊าซจะออกทางท่อออก (16) เข้าสู่หอกลั่นลำดับส่วน (17) ในหอนี้น้ำที่เหลือและสารอินทรีย์ที่มีจุดเดือดสูงจะกลายเป็นของเหลวออกทางล้นเปิด (18) เข้าสู่ถังรองรับ (19) ซึ่งจะนำออกไปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไปภายหลัง ไอของสารที่เหลือจะผ่านออกทางท่อออก (20) เข้าสู่หอทำให้แห้ง (21) ที่มีแคลเซี่ยมคลอไรด์ หรือกรดซัลฟริกบรรจุอยู่ จากนั้นจะผ่านเข้าสู่หอกลั่นแบน (22) ซึ่งอุณหภูมิต่ำ ไอของสารจะกลั่นตัวออกสู่ล้นเปิด (23) เข้าสู่ถังรองรับ (24) แล้วเปิดออกเป็นระยะ ๆ ทางท่อออก (25) ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซอื่น ๆ ที่ไม่กลั่นตัวจะผ่านออกทางล้นเปิด (26) ซึ่งอาจนำกลับมาใช้ได้โดยป้อนกลับเข้าทางล้น (12)

ในทางปฏิบัติ หอกลั่นลำดับส่วนจะให้มีอุณหภูมิประมาณต่ำกว่า 212° ฟ เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัว ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 86 – 112° ฟ หอกลั่นแบนสุดท้าย (22) มักจะให้มีอุณหภูมิต่ำไว้ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้กลั่นตัวหมดบางครั้งอาจไม่ใช้หอกลั่นแบน แต่นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกมาในลักษณะก๊าซแทน (1)

(7) ตัวอย่างขบวนการผลิต ฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12 (2)

โดยการป้อนการ์บอนเตตระคลอไรด์และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ เข้าสู่หม้อทำปฏิกิริยาโดยใช้ความดัน 100 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 176° ฟ ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาคือ 60% โดยน้ำหนัก อุณหภูมิของหอกลั่นสุดท้าย 22° ฟ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะประกอบด้วยกรดไฮโดรคลอริก (กรดเกลือ) CCl_2F_2 และ CCl_3F (3)

ตัวอย่างความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำปฏิกิริยา และส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ที่ได้ (5)

พิจารณาตารางที่ 5.1 ดังต่อไปนี้

---

(1), (2) จาก เคมิคอล โนโมกราฟ หน้า 36

(3), (4) จาก แอดวานซ อินออลูออรีน เคมิสตรี้ หน้า 143

ตารางที่ 5.1

ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ, เวลาในการทำปฏิกิริยา และส่วนประกอบผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยา

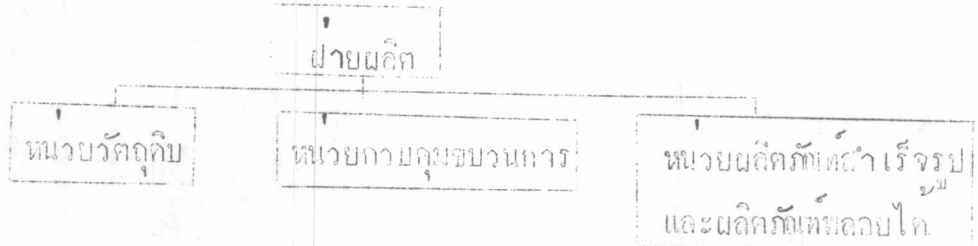
อุณหภูมิ	เวลาสัมผัส (วินาที)	ส่วนประกอบ (โมล %) CCl_4	CCl_3F	CCl_2F_2	$CClF_3$
482	3	12	47	37	4
482	1	64	32	5	0.2
932	6	8	19	58	15

ที่มา : Advanced in Fluorine chemistry P. 149

สำหรับขบวนการผลิตนี้ จะใช้ได้ทั้งผลิต ฟรีออน – 11, ฟรีออน – 12 และฟรีออน – 22 โดยในการผลิตฟรีออน – 22 นั้น เพียงแต่เปลี่ยนวัตถุดิบเป็นคลอโรฟอร์ม และไฮโดรเจนฟลูออไรด์เท่านั้น ปฏิกิริยาจะเป็นดังนี้คือ :–

$$CHCl_3 + 2HF \longrightarrow CHClF_2 + 2HCl$$

การแบ่งแผนกผลิต เนื่องจากขบวนการผลิตฟรีออนนี้ เป็นขบวนการผลิตทางเคมีที่ต่อเนื่อง (Continuous chemical Process) จึงไม่จำเป็นต้องแบ่งเป็นหน่วยผลิตต่าง ๆ มาก จากการพิจารณาขบวนการผลิตอาจแบ่งเป็นหน่วยย่อยได้ดังต่อไปนี้



สำหรับงานของแต่ละหน่วยมีดังนี้คือ :–

– หน่วยวัตถุดิบ มีหน้าที่ในการจัดหา และควบคุมวัตถุดิบให้มีเพียงพอกับการผลิตในแต่ละช่วงเวลา

– หน่วยควบคุมขบวนการ มีหน้าที่ในการจัดการผลิต และควบคุมขบวนการผลิต ให้ได้ผลิตภัณฑ์ในปริมาณที่ต้องการ ในระยะเวลาและคุณภาพที่ต้องการ

– หน่วยผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปและผลิตภัณฑ์พลอยได้ มีหน้าที่ในการจัดเก็บ ควบคุมผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป และผลิตภัณฑ์พลอยได้จากขบวนการผลิต

ทั้ง 3 หน่วยนี้ จะขึ้นตรงกับหัวหน้า หรือผู้จัดการฝ่ายผลิต

การวางผังโรงงาน (Layout) การวางผังโรงงานเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการผลิตผลิตภัณฑ์ทุกชนิด เพราะการวางผังโรงงานที่ดีจะทำให้ขบวนการผลิตเป็นไปได้โดยสะดวกรวดเร็วไม่เกิดการติดขัด หรือเกิดสภาพ "คอขวด" (Bottle - neck) ขึ้นที่จุดใดจุดหนึ่งในการผลิต นอกจากนั้น การวางผังโรงงานที่ดียังทำให้การซ่อมบำรุงเครื่องจักรอุปกรณ์เป็นไปได้โดยสะดวกรวดเร็วไม่เสียเวลาในการผลิตอีกด้วย ข้อดีของการวางผังโรงงานที่ดียังมีอีกหลายประการซึ่งไม่กล่าวถึงในที่นี้ (1)

การพิจารณาวางผังโรงงานนั้น สิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณามี 2 ประการ

(1) จะต้องทำให้สมดุลย์กับปริมาณความต้องการของผลิตภัณฑ์ (External Balance)

(2) จะต้องทำให้สมดุลย์ระหว่างปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ในระหว่างขบวนการแต่ละช่วง (Internal Balance) (2)

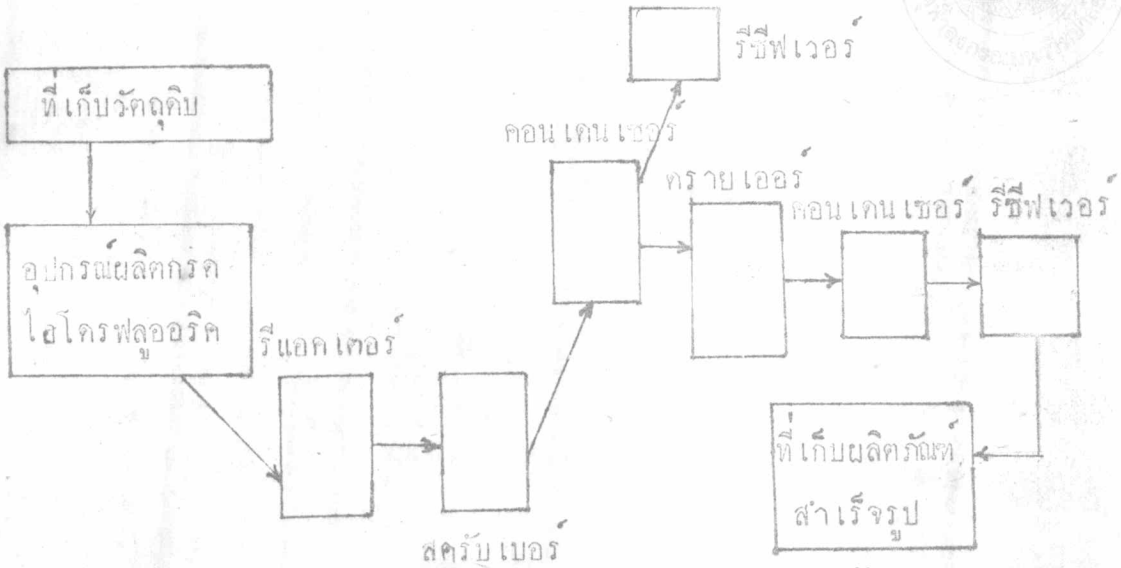
จากการศึกษา พิจารณาขบวนการผลิตฟรีออน เนื่องจากเป็นขบวนการทางเคมีและเป็นขบวนการต่อเนื่อง การวางผังโรงงานพิจารณาจากพื้นที่ของโรงงาน และจำนวนเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ต้องใช้ พบว่า อาจใช้วิธีการวางผังตามรูปแผนผังขบวนการผลิตได้ทันที ในกรณีผลิตฟรีออนโดยสั่งซื้อไฮโดรเจนฟลูออไรด์จากภายนอก เนื่องจากรูปแผนผังขบวนการผลิตนี้ทำขึ้นจากแผนผังโรงงานผลิตฟรีออนที่ดำเนินการผลิตอยู่แล้วในสหรัฐอเมริกา ในกรณีที่ผลิตไฮโดรเจนฟลูออไรด์ด้วยก็เพิ่มอุปกรณ์ในการผลิตเข้าไปที่ส่วนต้นของขบวนการผลิตฟรีออน หรืออาจแยกขบวนการผลิตไฮโดรเจน-ฟลูออไรด์ออกต่างหากก็ได้ แต่วิธีหลังจะสิ้นเปลืองเวลาในการขนย้ายไฮโดรเจนฟลูออไรด์ และเสียต้นทุนมากกว่า

---

(1) Production Management H.N. Broom P. 267

(2) Production Management Analysis 2nd ed. Garret & Silver P. 489 - 495

รูปแบบแผนผังโรงงานแสดงดังนี้

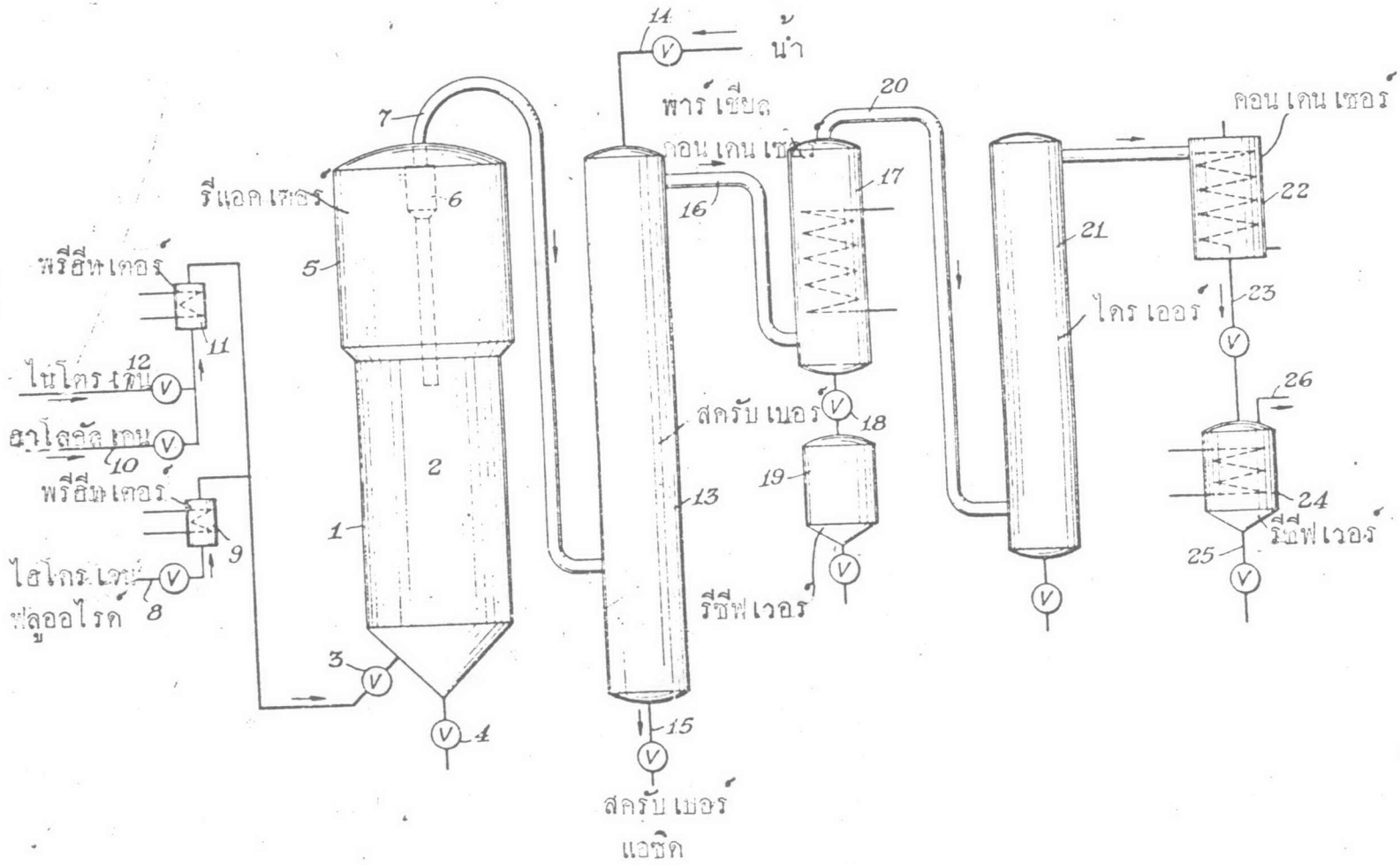


อัตราการผลิต สำหรับโรงงานผลิตฟรีออนที่สนใจศึกษานี้ จะมีอัตราการผลิตฟรีออนจำนวน 1,200 เมตริกตัน ต่อปีโดยอัตราส่วนระหว่าง ฟรีออน–11, ฟรีออน–12 และฟรีออน–22 ขึ้นกับการใส่วัตถุดิบ เข้าสู่ขบวนการผลิต อัตราส่วนที่เหมาะสมจะพิจารณาจากความต้องการฟรีออนแต่ละชนิดในประเทศไทย จากการสำรวจในเรื่องการตลาดพบว่าฟรีออน–22 ประมาณ 20% ของตลาดฟรีออนทั้งหมด อีก 5% เป็นฟรีออนชนิดอื่น ๆ ดังนั้น ปริมาณ 20% ฟรีออน–12 ประมาณ 55% และฟรีออน ประมาณ 20% ของตลาดฟรีออนทั้งหมด อีก 5% เป็นฟรีออนชนิดอื่น ๆ ดังนั้น ปริมาณการผลิตของฟรีออนในโรงงานที่ศึกษาควรเป็นดังนี้ คือ

– ผลิตฟรีออน – 11 ประมาณ	250	เมตริกตันต่อปี
– ผลิตฟรีออน – 12 ประมาณ	700	เมตริกตันต่อปี
– ผลิตฟรีออน – 22 ประมาณ	250	เมตริกตันต่อปี
รวมผลิตฟรีออนทั้งหมด	1,200	เมตริกตันต่อปี

การควบคุมขบวนการผลิต

การควบคุมการผลิตของฟรีออนนี้ มีอุปกรณ์ในการควบคุมคือลิ้นปิดเปิดสำหรับล้อนวัตถุดิบ 3 ตัว และลิ้นปิดเปิดเอาของเสีย, ผลิตภัณฑ์และผลิตภัณฑ์พลอยได้ออก 9 ตัว



ที่มา–ลิขสิทธิ์สหรัฐอเมริกา หมายเลข 2,744,147

รูปที่ 5–3 แผนผังอุปกรณ์และขบวนการผลิต ฟรีออน–11, 12 และ 22

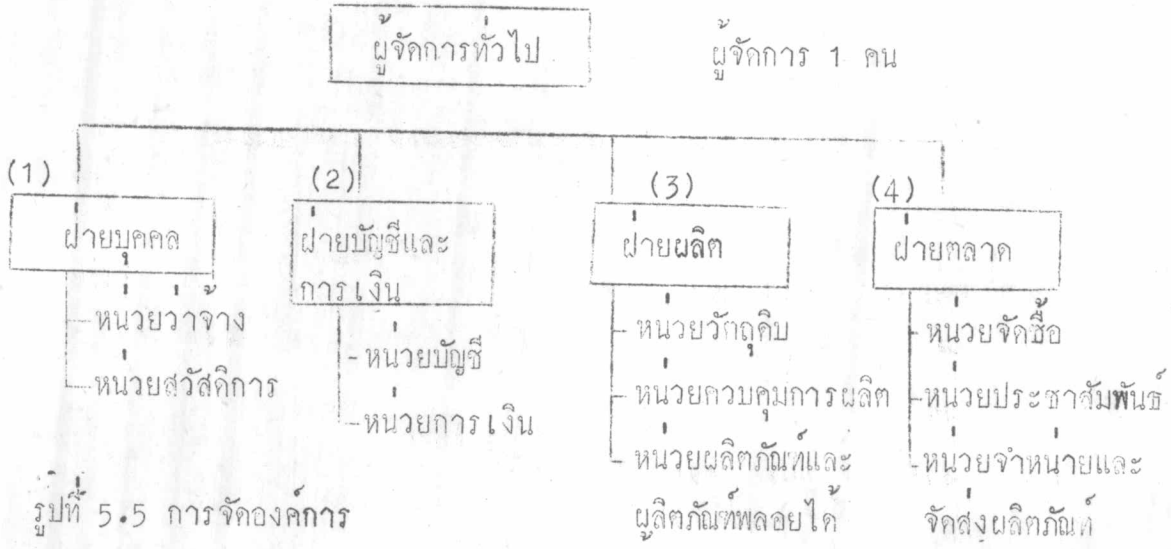
จุดที่ต้องควบคุมมากคือ ลิ้นสำหรับป้อนวักลับเข้าสู่ขบวนการผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12 ซึ่งทั้ง 2 ชนิดจะออกมาเป็นสัดส่วนกับการป้อนวัตถุดิบ ดังนั้น ก่อนเริ่มขบวนการผลิตจะต้องพิจารณาอน่าต้องการฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12 อย่างละเท่าใด จากนั้นตั้งลิ้นปิดเปิดให้เาะสม

จุดอื่น ๆ ที่จะต้องควบคุมมากในขบวนกคือ ความดันและอุณหภูมิ สำหรับความดันนั้น มีลิ้นปิดเปิดสำหรับควบคุมความดัน และควรมีมาตรวัดความดันติดไว้ที่อุปกรณ์ที่สำคัญคือ รีแอคเตอร์ และคอนเดนเซอร์ ความดันจะมีผลให้ผลิตภัณฑ์ออกมามากหรือน้อย การควบคุมอุณหภูมิจะทำได้โดยการจัดอุณหภูมิของ preheater ทั้ง 2 ตัวในขบวนการให้เหมาะสม ซึ่งได้แสดงอุณหภูมิและความดันที่เหมาะสมที่จะได้ฟรีออน – 11 และฟรีออน – 12 ในอัตราส่วนต่าง ๆ กันไว้แล้ว ในส่วนของขบวนการผลิต

รายละเอียดเกี่ยวกับกำลังคน

การศึกษาส่วนนี้จะพิจารณาถึงกำลังคนที่จะต้องใช้ในการดำเนินงานขงานผลิตก๊าซฟรีออน โดยพิจารณาถึงการแบ่งฝ่ายต่าง ๆ ของโรงงานผลิต และกำลังคนในแต่ละแผนก อย่างไรก็ตาม จำนวนกำลังคนนี้เป็นการคาดประมาณเท่านั้น ตัวเลขที่แท้จริงเมื่อจะตั้งโรงงานผลิตจะต้องพิจารณาโดยละเอียดอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้ได้กำลังคนที่เหมาะสม

– การแบ่งแผนกและการจัดองค์การ สำหรับโรงงานผลิตก๊าซฟรีออนที่ศึกษานี้สามารถจัดแบ่งแผนกต่าง ๆ และจัดรูปองค์การดังนี้ :-



รูปที่ 5.5 การจัดองค์การ

(1) หัวหน้าฝ่าย 1 คน
หัวหน้าหน่วย 2 คน
พนักงานธุรการ 3 คน

(2) หัวหน้าฝ่าย 1 คน
หัวหน้าหน่วย 2 คน
พนักงานธุรการ 3 คน

(3) หัวหน้าฝ่าย 1 คน
หัวหน้าหน่วย 3 คน (วิศวกร)
พนักงานเทคนิค 5 คน
คนงาน 30 คน

(4) หัวหน้าฝ่าย 1 คน
หัวหน้าหน่วย 3 คน
พนักงานธุรการ 4 คน
คนงาน 10 คน

– กำลังคนในแต่ละฝ่าย

กำลังคนทั้งหมดที่จะเป็นมีดังนี้ :–

(1)	ผู้จัดการทั่วไป	1 คน
(2)	หัวหน้าฝ่าย	4 คน
(3)	หัวหน้าหน่วย	10 คน
(4)	พนักงานธุรการ	10 คน
(5)	พนักงานเทคนิค	5 คน
(6)	คนงาน	40 คน

งานหลักของโรงงานคือการผลิต ดังนั้น ฝ่ายที่ใหญ่ที่สุดคือฝ่ายผลิต จะใช้คนงานประมาณ 30 คน คนงานนอกจากนั้นจะอยู่ในฝ่ายตลาดในหน่วยจำหน่ายและจัดส่ง พนักงานเทคนิคทั้งหมดจะอยู่ในฝ่ายผลิต

รายละเอียดเกี่ยวกับวัตถุดิบ

การผลิตกาซฟรีออนนี้ อาจใช้วิธีการผลิตโดยสั่งซื้อกรดไฮโดรฟลูออริก หรือไฮโดรเจนฟลูออไรด์ หรืออาจใช้วิธีตั้งโรงงานผลิตกรดนั้นเองเพื่อป้อนการผลิตกาซฟรีออน ซึ่งจะพิจารณาแยกวัตถุดิบที่ต้องใช้ทั้ง 2 วิธี ดังนี้

กรณีสั่งซื้อกรดไฮโดรฟลูออริก

จากการศึกษาขบวนการผลิตดังกล่าวข้างต้นพบว่า การผลิตก๊าซฟรีออนจำนวน 1,200 เมตริกตันต่อปี หรือ 100 เมตริกตันต่อเดือนนั้น ในเดือนหนึ่ง ๆ จะต้องใช้วัตถุดิบที่สำคัญดังต่อไปนี้

(1) คาร์บอนเตตตะคลอไรด์ (1,925 Pts.) จำนวน 142.8 ตัน
(2) กรดไฮโดรฟลูออกริก (500 Pts.) จำนวน 36.8 ตัน
(3) แอนติโมนิเพนตะคลอไรด์ (600 Pts.) จำนวน 40.2 ตัน
(4) คลอโรฟอร์ม (1,000 Pts.) จำนวน 134 ตัน
(5) วัตถุประกอบอื่น ๆ ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดซัลฟูริก ประมาณอย่างละ 44.6 ตัน

รวมวัตถุเข้าสู่ขบวนการ 398.5 ตัน ผลที่ได้คือ ฟรีออนจำนวน 100 ผลิตภัณฑ์พลอยได้และของเสียประมาณ 298.5 ตัน

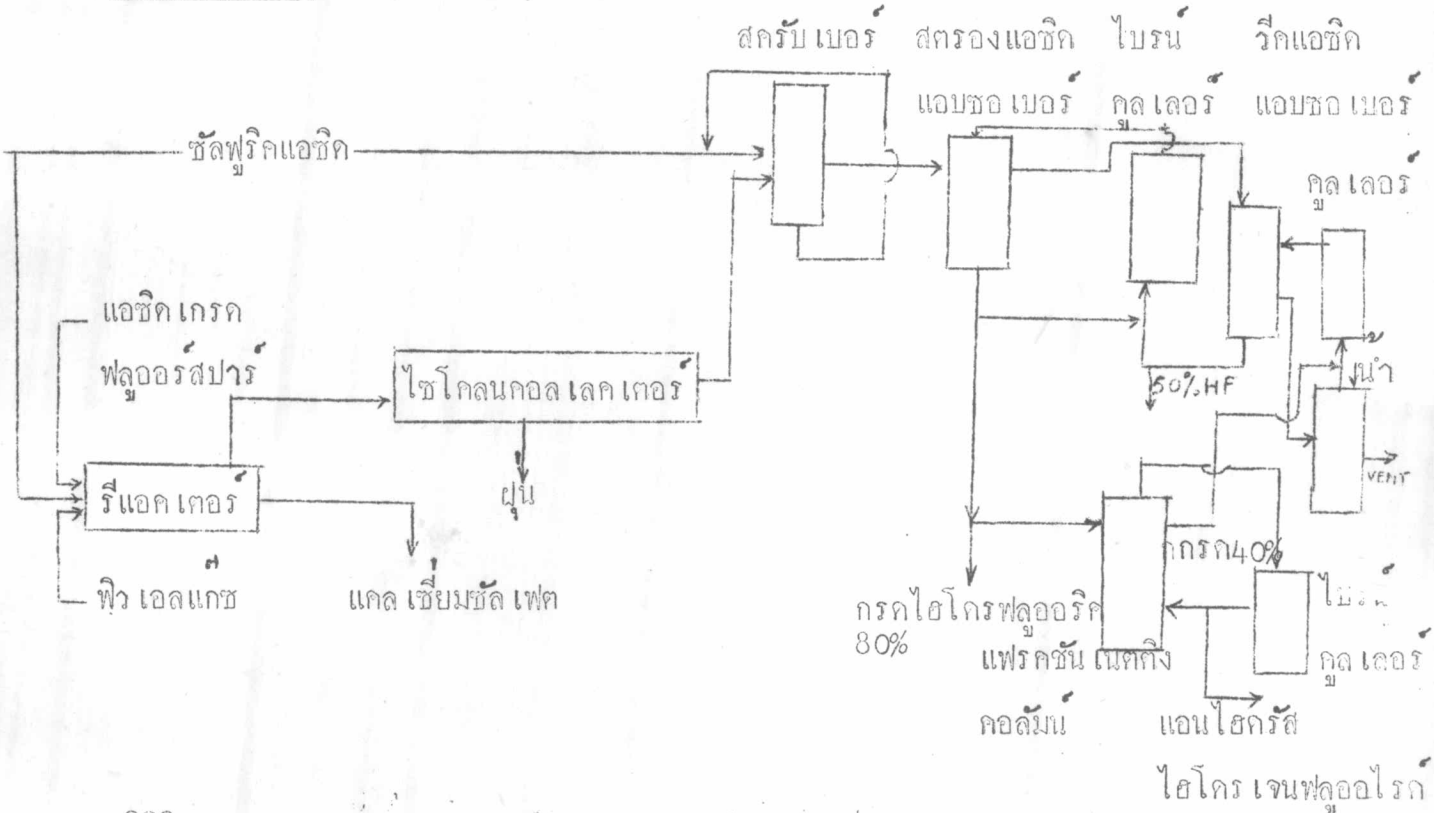
กรณีผลิตกรดไฮโดรฟลูออริกเอง

กรณีนี้จะยังคงใช้คาร์บอนเตตตะคลอไรด์ แอนติโมนีเพนตะคลอไรด์ คลอโรฟอร์ม และวัตถุประกอบคงเดิม แต่เพิ่มวัตถุดิบดังนี้

(1) สินแร่ฟลูออร์สปาร์ (98% CaF_2) จำนวน 58 ตัน
(2) กรดซัลฟูริก (96%) จำนวน 105 ตัน

ขบวนการผลิตไฮโดรเจนฟลูออไรด์

แผนผังขบวนการ



ปฏิกิริยา $CaF_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2HF + CaSO_4$

85 - 90% Yield

วัตถุดิบที่ใช้

ผลิต ไฮโดรเจนฟลูออไรด์แอนไฮดรัส 1 ตัน

ใช้			
สินแร่ฟลูออร์สปาร์	(98% CaF_2)	1,568.5	ก.ก.
กรดซัลฟูริก	(96%)	2,857	ก.ก.
เชื้อเพลิง		7,000,000	บี.ที.ยู.
ไฟฟ้า		7000	ยูนิต

คุณสมบัติ ไม่มีสี เป็นกรดไก่ง่าย กัดกร่อน ทำให้ผิวหนังไหม้ ไอจะทำให้ตาระคายเคือง
น้ำหนักโมเลกุล 20.01 จุดเยือกแข็ง -83° ซ
ความถ่วงจำเพาะ 0.988 ที่ 13.6° ซ จุดเดือด 19.4° ซ
ความเข้มข้นสูงสุด 3 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาณ
ละลายได้ในน้ำ ละลายในกรดซัลฟูริกได้หมด ในเบนซีน โทลูอีน
แอนทราซีน ไซลีน และเทตราลีนละลายได้บ้าง

ลักษณะการใช้งาน ไฮโดรเจนฟลูออไรด์ใช้ในงานต่าง ๆ ต่อไปนี้

	ประมาณ (%)
เป็นวัตถุดิบในการผลิตสารประกอบฟลูออรีน	44
ในการผลิตไครโอไลท์สังเคราะห์	40
Steel pickling	6
Alkylation	6
ใช้งานอื่น ๆ เช่น ทำความสะอาดแก้ว	4
	100

ภาชนะบรรจุ แบบไม่มีน้ำ บรรจุในถังเหล็กแบบท่อ
แบบมีน้ำ 60% บรรจุในถังไหม้
30 - 52% บรรจุในถังบุยางและขวดพลาสติก
30% บรรจุในถังบุยาง ถังไม้และขวดพลาสติก

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

ความต้องการใช้ไฮโดรเจนฟลูออไรด์สูงขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่ความต้องการใช้อุปกรณ์ทำความเย็นเพิ่มขึ้น เนื่องจากเป็นวัตถุดิบในการผลิตฟรีออน ราคาของไฮโดรเจน-ฟลูออไรด์มีโอกาสที่จะสูงขึ้นในอนาคต

โรงงานทั่วไปมีขนาดกำลังผลิตตั้งแต่ 100 - 700 ตันต่อปี ต้นทุนของโรงงานจะแปรผันระหว่าง 2,000 - 2,800 บาทต่อตันต่อปี

บริษัทผู้ผลิตที่สำคัญ

บริษัท Aluminuim Ore Co. อิลลินอยส์

บริษัท E.I. Dupont De Nemour Co. สหรัฐอเมริกา

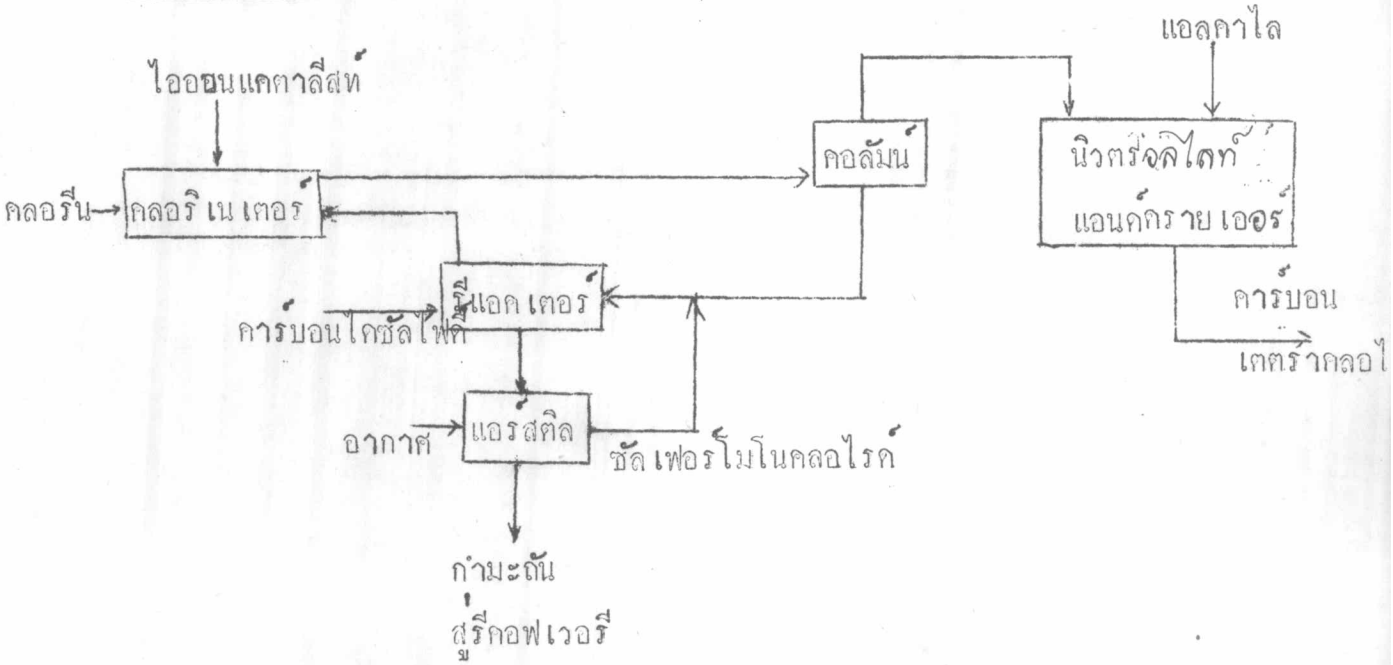
บริษัทผู้แทนจำหน่ายในประเทศไทย

บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด ขนาดความเข้มข้น 70% ราคาประมาณ 55 บาท/ก.ก.

บริษัท ซีแอนด์ที จำกัด ความเข้มข้น 60% ราคาประมาณ 52 บาท/ก.ก.

ขบวนการผลิตคาร์บอนเตตระคลอไรด์

แผนผังขบวนการ



ปฏิกิริยา

$$CS_2 + 3Cl_2 \xrightarrow[\text{Catalyst}]{Fe} S_2Cl_2 + CCl_4$$

$$CS_2 + 2S_2Cl_2 \longrightarrow 6S + CCl_4$$

$$6S + 3O_2 \longrightarrow 3SO_2$$

90% Yield

วัตถุดิบที่ใช้

ผลิต คาร์บอนเตตระคลอไรด์ 1 ตัน

ใช้ คาร์บอนไดซัลไฟด์ 491 ก.ก.

คลอรีน 1,027 ก.ก.

สัดส่วนการใช้งาน คาร์บอนเตตระคลอไรด์ ใช้ในงานต่าง ๆ ต่อไปนี้

	ประมาณ (%)
ผลิต คลอโรฟลูโอโรไฮโดรคาร์บอน	65
ทำความสะอาดทางอุตสาหกรรม	15
Grain furnigation	10
น้ำยาดับเพลิง	8
อัดแห้ง และอื่น ๆ	2
	100

คุณสมบัติ เป็นของเหลวไม่มีสี ไม่ไวไฟ มีกลิ่น

น้ำหนักโมเลกุล 153.84 จุดหลอมเหลว -22.6 ซ

ความถ่วงจำเพาะ 1.595 ที่ 20 ซ จุดเดือด 76.8 ซ

ความหนาแน่นไอ 5.32

ความเข้มข้นสูงที่สุด 25 ส่วนในล้านส่วนโดยปริมาตร

ละลายได้ในแอลกอฮอล์, อีเธอร์, คลอโรโฟร์ม, เบนซีน และปิโตรเลียมอีเธอร์

ละลายได้เล็กน้อยในน้ำ (0.097% ที่ 0 ซ และ 0.08% ที่ 20 ซ)

ขนาดบรรจุ รถบรรทุกถัง, ถังท่อ, กระป๋องขนาดเล็ก และขวด

ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์

คาร์บอนเตตระคลอไรด์เป็นสารคลอริเนตเต็ดมีเธนที่สำคัญที่สุด เป็นสารอินทรีย์ที่ใช้ในงานต่าง ๆ แพร่หลายมากว่า 50 ปีแล้ว แม้จะเริ่มมีสารตัวอื่น ๆ มาใช้แทนในการรมควันหรือทำ grain furnigant แต่คาร์บอนเตตระคลอไรด์เริ่มถูกนำไปใช้งานใหม่ ๆ ทางด้านดับเพลิง และเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตคลอโรฟลูโอโรไฮโดรคาร์บอน ปริมาณความต้องการของคาร์บอนเตตระคลอไรด์จึงสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

ขบวนการผลิตโดยใช้คาร์บอนไดซัลไฟด์ เป็นที่นิยมใช้มาก สถานที่ตั้งโรงงานเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดที่จะต้องพิจารณา โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกี่ยวข้องกับค่าขนส่งและค่าวัตถุดิบในสถานที่ต่าง ๆ กัน

ขนาดของโรงงานที่ตั้งกันอยู่ในโลกปัจจุบัน มีกำลังผลิตตั้งแต่ 900 ตัน 22,500 ตันต่อปี ขนาดต่ำสุดที่คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์คือ 9,000 ตันต่อปี ต้นทุนค่าใช้จ่ายของโรงงานขนาดดังกล่าวประมาณ 5,500 บาทต่อตันต่อปี

บริษัทผู้ผลิตที่สำคัญ

บริษัท Diamond Alkali Co. โอไฮโอ

บริษัท Dow Chemical Co. เทกซัส

บริษัทตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทย

บริษัท สยามไฟน์ เคมี จำกัด

ผลิตภัณฑ์พลอยได้

จากขบวนการผลิตตามที่ได้ศึกษามานั้น จะมีผลิตภัณฑ์พลอยได้ที่ออกมาจากขบวนการ คือ กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric acid - HCl) ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะจำหน่ายได้ ราคาของกรดนี้ที่จำหน่ายในปัจจุบันประมาณ 0.80 – 1.25 บาท ต่อกิโลกรัม สำหรับปริมาณนั้น จะได้ศึกษาพิจารณารายละเอียดในส่วนของขบวนการผลิตโดยละเอียด

ปัญหาเกี่ยวกับวัตถุดิบ

ปริมาณที่จะใช้งาน สำหรับปริมาณของวัตถุดิบที่จะใช้งานจะมีเพียงพอหรือไม่นั้น จากการศึกษาและสำรวจ ตลาดของวัตถุดิบทุกชนิดพบว่า มีตัวแทนหรือผู้ผลิตจำหน่ายในประเทศไทย อย่างเพียงพอ และในชนิดที่ต้องการโดยคาดว่า จะไม่มีการขาดแคลนในช่วงระยะเวล[illegible] ปี ข้างหน้า

ของเสียจากขบวนการ ของเสียจากขบวนการผลิตจะออกมาในรูปของของเหลว ซึ่งมีสภาวะเป็นทั้งกรด (H_2SO_4) และด่าง (NaOH) ซึ่งอยู่ในสภาพสารละลาย ซึ่งมีความ เข้มข้นไม่มากนัก เนื่องจากใช้เป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์บริสุทธิ์ การกำจัดทำได้โดยเจือจางโดยการ เติมน้ำจำนวนมาก แล้วใช้วิธีการกำจัดของเสีย (Waste treatment) แบบสารอนินทรีย์ Inorganic โดยการทำ Neutralization แล้วทำให้ตกตะกอนโดยใช้สารส้ม หรือ เฟอร์ริคคลอไรด์ (Ferric chloride)

องค์ประกอบการผลิตอื่น ๆ

ในการผลิตฟรีออนนี้ นอกจากอุปกรณ์ในการผลิตดังได้ศึกษาพิจารณาไปแล้วนั้น ยังมีองค์ประกอบการผลิตอื่น ๆ ดังต่อไปนี้

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

(1) อุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุ

ในการขนถ่ายวัตถุดิบนั้น สำหรับการ์บอนเตตระคลอไรด์และไฮโดรเจนฟลูออไรด์อยู่ในสภาวะของเหลว อุปกรณ์ที่ใช้ขนถ่ายคือ เครื่องสูบและท่อลำเลียง (Pump and piping) ซึ่งจะต้องทำด้วยวัสดุซึ่งทานทานการกัดกร่อน สำหรับแอนติโมนีเพนตะคลอไรด์ เป็นของแข็งลักษณะเป็นก้อนเล็ก ๆ สามารถใช้สายพาน (Conveyor) ลำเลียงได้ในกรณีที่ผลิตไฮโดรเจน-ฟลูออไรด์เอง จำเป็นต้องมีเครื่องสูบและท่อลำเลียงกรดซัลฟูริก และสายพานลำเลียงสินแร่ฟลูออร์สปาร์ด้วย

ในการขนถ่ายผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปในโรงงาน อาจใช้สายพานลำเลียง ประกอบกับ และรถเข็น สำหรับการขนส่งผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปออกสู่ท้องตลาด ภาชนะ (Container) ที่นิยมใช้กันคือ ถัง และท่อ ขนโดยรถบรรทุก (Truck) หรือใช้รถติดถังบรรจุในกร[illegible] จำนวนมาก

(2) ระบบกำจัดของเสีย

ของเสียที่ได้จากขบวนการผลิตนี้ ประกอบด้วยกรดที่เหลือออกจากขบวนการ ได้แก่ HF และ H_2SO_4 และยังมีด่าง NaOH วิธีการกำจัด ควรใช้ระบบกำจัดของเสียแบบอนินทรีย์โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ควบคุม Ph ให้ได้ระหว่าง 4 – 9.1 โดยการเติมกรด หรือด่างตามแต่กรณีเป็นการ Neutralization
2. เติมน้ำให้เกิดการเจือจาง หรือ Diclution
3. ทำให้ตกตะกอน หรือ Sedimentation โดยการทิ้งไว้ในถังตกตะกอน น้ำที่เหลือปล่อยทิ้งสู่ภายนอกโรงงาน หรือนำกลับมาใช้งานใหม่
4. นำตะกอนไปตาก แล้วนำไปทิ้ง

กำลังไฟฟ้า ควรพิจารณาจากอุปกรณ์ในการผลิตเพื่อความแน่นอน นอกจากนี้ต้องคำนึงถึงไฟฟ้าที่ใช้เป็นแสงสว่างด้วย

เชื้อเพลิง อุปกรณ์ preheater ในขบวนการจำเป็นต้องใช้ไอน้ำในการให้ความร้อน และควบคุมอุณหภูมิ ดังนั้น ก่อนตั้งโรงงานผลิตควรพิจารณาเลือกเชื้อเพลิงที่จะใช้ ปัจจุบันก๊าซธรรมชาติยังไม่สามารถนำมาใช้งานได้ จึงควรใช้น้ำมันโซลาร์ หรือน้ำมันเตา ซึ่งมีราคาค่อนข้างถูกกว่าเชื้อเพลิงชนิดอื่น ๆ จากการศึกษาพิจารณาไม่สามารถทราบขนาดของเชื้อเพลิงที่ต้องใช้ในการผลิตฟรีออนได้แน่นอน อย่างไรก็ดี ผู้ที่จะตั้งโรงงานผลิตสามารถสอบถามได้จาก บริษัทในต่างประเทศ ซึ่งพร้อมที่จะถ่ายทอดและจำหน่ายเทคโนโลยี่ให้แก่ประเทศที่สนใจ

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม

หลังจากที่ได้พิจารณาข้อมูลต่าง ๆ ทางด้านการผลิตแล้ว ขั้นต่อไปที่จะศึกษาคือ การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรม โดยพิจารณาปัญหาต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ :-

(ก) ปัญหาทางด้านเทคโนโลยี่

เนื่องจากโรงงานผลิตก๊าซฟรีออนเป็นโรงงานที่ไม่เคยมีการตั้งขึ้นมาก่อนในประเทศไทย เทคโนโลยี่ในการติดตั้งเครื่องจักรในการผลิตบางประการ เท่าที่ศึกษาและสอบถามจากผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตสารเคมีในประเทศไทย และบริษัทตัวแทนจำหน่ายก๊าซฟรีออน ซึ่งมีผู้เคยเดินทางไปดูโรงงานผลิต ณ ต่างประเทศ ได้ผลสรุปว่า จะมีปัญหาอยู่บ้างจำเป็นต้องว่าจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันในหลายประเทศที่ทำการผลิตก๊าซฟรีออน เช่น สหรัฐอเมริกา ประเทศในยุโรป และโดยเฉพาะแถบเอเชีย ได้แก่ ญี่ปุ่น และเกาหลี พร้อมที่จะส่งผู้เชี่ยวชาญและเทคโนโลยี่ให้แก่ประเทศที่สนใจ โดยเสียค่าใช้จ่ายสูงพอสมควร ดังนั้น ถ้าการวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์พบว่าคุ้มทุน การสั่งเทคโนโลยี่และผู้เชี่ยวชาญเข้ามาในประเทศโดยขอการสนับสนุนจากรัฐบาลไทย จะไม่มีปัญหาแน่นอน

(ข) ปัญหาทางด้านการผลิต

สามารถแยกออกได้เป็นปัญหาทางด้านแรงงาน ปัญหาทางด้านวัสดุ และปัญหาทางด้านเครื่องจักร

ปัญหาทางด้านแรงงาน

ปัจจุบันในประเทศไทย แรงงานที่มีความรู้ระดับนักบริหาร วิศวกร ช่างเทคนิค ยังมีเป็นจำนวนมากและอัตราค่าจ้างแรงงานยังค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับแรงงานในประเทศอื่น ๆ ที่ทำการผลิตก๊าซฟรีออน นอกจากนั้น แรงงานระดับคนงานก็ยังมีพอที่จะว่าจ้างได้อีกมาก และในค่าแรงที่ถูก ดังนั้น สำหรับปัญหาทางด้านแรงงานนี้ กล่าวได้ว่าไม่เป็นปัญหาที่สำคัญ

ปัญหาทางด้านวัสดุ

สำหรับปัญหาทางด้านวัสดุ ได้ศึกษาพิจารณาไว้แล้วในส่วนของการศึกษาเรื่องวัสดุ ดังนั้น จึงไม่พิจารณาซ้ำในที่นี้

ปัญหาทางด้านเครื่องจักร

ปัญหาด้านนี้ เช่นเดียวกับปัญหาทางด้านเทคโนโลยี่ กล่าวคือ เครื่องจักร อุปกรณ์หลายชนิดต้องสั่งทำเป็นพิเศษใช้เฉพาะกับขบวนการนี้ โดยสามารถสั่งซื้อได้จากประเทศที่ผลิตฟรีออนต่าง ๆ ดังกล่าวแล้ว

(ค) ปัญหาอื่น ๆ

ปัญหาทางด้านอื่น ๆ เมื่อพิจารณาในแง่วิศวกรรม ได้แก่ปัญหาเกี่ยวกับของเสียและสภาพแวดล้อม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากของเสียที่ออกจากขบวนการผลิตก๊าซฟรีออนนี้ ออกมาในสภาพกรดและด่าง การทำให้บริสุทธิ์อาจใช้ระบบการกำจัดแบบอินทรีย์ ดังได้ศึกษาพิจารณาไว้แล้วในการศึกษาเกี่ยวกับของเสียจากขบวนการ

ดังนั้น เมื่อศึกษาพิจารณาความเป็นไปได้ทางด้านวิศวกรรมแล้ว พบว่า การตั้งโรงงานผลิตก๊าซฟรีออนในประเทศไทยสามารถเป็นไปได้อย่างแน่นอน เนื่องจากสามารถติดต่อผู้เชี่ยวชาญและเทคโนโลยี่จากต่างประเทศ และปัญหาอื่น ๆ ก็สามารถแก้ได้โดยไม่ยุ่งยาก