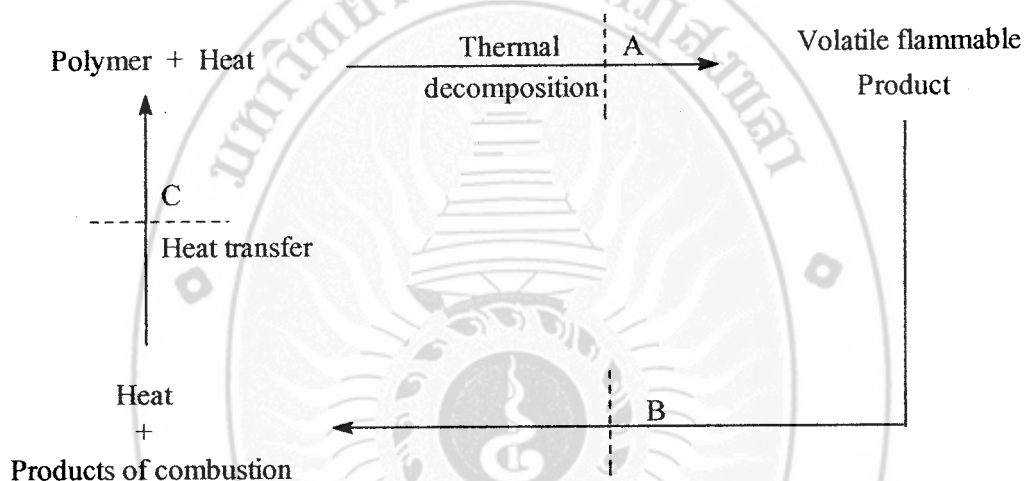


บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 วัฏจักรการเผาไหม้ (The burning cycle)

การเผาไหม้ของพอลิเมอร์หรือวัสดุของแข็งต่าง ๆ จะเกิดขึ้นได้ดังใดอะแกรมต่อไปนี้



รูปที่ 2.1 รูปแบบของกระบวนการเผาไหม้ (A model of the burning process) (พิบูลีนา, 2537)

การเผาไหม้จะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีความร้อนเพียงพอที่จะเผาไหม้วัสดุได้ นอกจากนี้ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทไปสู่พอลิเมอร์ จะต้องมียปริมาณมากพอที่จะรักษาวัฏจักรการเผาไหม้ไว้ได้ ดังนั้นเมื่อต้องการเผาพอลิเมอร์จะต้องมีการทำลายวัฏจักรนี้ที่จุด A, B และ C

การแก้ปัญหาคาร์เผาไหม้จะเกี่ยวข้องกับกระบวนการต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนวัฏจักรการสลายตัวด้วยความร้อนของพอลิเมอร์ (modification of the thermal degradation process)
2. ลดการให้ความร้อนจากเปลวไฟที่ทำให้พอลิเมอร์ถูกเผาไหม้ลง
3. การดับเปลวไฟ (quenching the flame)

2.3 หน้าทีของสารทนไฟ

สารทนไฟส่วนใหญ่จะเข้าไปเกี่ยวข้องกับกลไกต่าง ๆ อย่างน้อย 1 กลไก ดังต่อไปนี้

2.3.1 เป็นสารเคมีที่เข้าไปแทรกกับกลไกการแพร่ขยายของการติดไฟ (Name propagation)

2.3.2 ให้ก๊าซที่ไม่ช่วยในการติดไฟ กระจายปกคลุมผิวยางทำให้ยางเกิดการลุกไหม้ได้ช้าลง เนื่องจากไฟจะลุกไหม้ได้ต้องอาศัยก๊าซออกซิเจนเป็นตัวกลาง

2.3.3 โดยการเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน เกิดการสลายตัวหรือการเปลี่ยนสภาพไปโดยการดูดความร้อน

2.3.4 เคลือบผิวเพื่อป้องกันก๊าซออกซิเจนเข้าสู่พอลิเมอร์ (พัญลีนา, 2537)

ในขณะที่สารทนไฟมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการใช้งาน เพื่อให้มีคุณสมบัติในการทนไฟ (Fire – retarding properties) อย่างไรก็ตามพอลิเมอร์หลายตัวก่อให้เกิดก๊าซพิษขึ้นที่อุณหภูมิสูง โดยเฉพาะพวกฮาโลเจน และอนุพันธ์ของฮาโลเจน ดังนั้นจึงเติมสารทนไฟ ซึ่งเมื่อเกิดปัญหาดังกล่าวขึ้นขณะเผาไหม้ พอลิเมอร์จะให้สารออกมาในรูปของสารละลายแทนที่จะเป็นก๊าซพิษ เช่น การใช้อะลูมิเนียมไตรไฮดรต (Aluminium trihydrate) เป็นสารทนไฟในยาง เอทิลีนอคริลิก (ethylene – acrylic rubber) ซึ่งใช้ในการทำสายเคเบิล

2.4 หลักการเลือกใช้สารทนไฟ

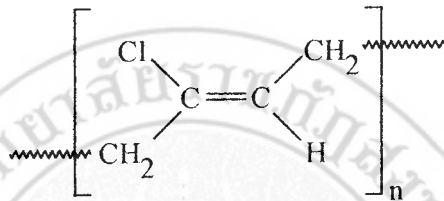
การเลือกใช้สารทนไฟนั้นจะขึ้นอยู่กับความเข้ากันได้กับพอลิเมอร์ โดยมีหลักการเลือกชนิดของสารในอุตสาหกรรมยางดังต่อไปนี้

2.4.1 จำพวกฟอสเฟต สารประกอบฟอสฟอรัสเคยใช้กับเส้นใยเป็นสารกันไฟและเหมาะสมกับยางที่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้าง เช่น โพลียูรีเทน เป็นต้น สารฟอสฟอรัสจะเป็นตัวไปดูดน้ำในขณะที่เกิดการลุกไหม้ของยางที่มีออกซิเจนทำให้ผิวยางเกรียม เป็นฉนวนความร้อนทำให้ยางสลายตัวได้ช้าลงและในขณะเดียวกันก็เกิดกรดฟอสฟอริกมาปกคลุมผิวของยาง และในยางที่ไม่มีออกซิเจนในโครงสร้างการดูดน้ำก็จะไม่เกิดขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ประสิทธิภาพของฟอสฟอรัสลดลง แต่ก็ยังเกิดการเกรียมของผิวยางที่มีฮาโลเจนอยู่ตัวอย่างที่นำมาใช้งาน เช่น ไตรโทลิลฟอสเฟต (tritoly l phosphate) เป็นต้น (พัญลีนา, 2537)

2.4.2 พวกที่มีสารประกอบฮาโลเจน (Halogen containing compound) เมื่อเกิดการลุกไหม้ สารประกอบฮาโลเจนจะให้ก๊าซฮาโลเจนหรือไฮโดรเจนเฮไลด์มาปกคลุมผิวยาง ทำให้การลุกไหม้ช้า ซึ่งสารประกอบฮาโลเจนก็ได้แก่ Chlorinated aliphatic, Chlorinated paraffins เป็นต้น โดยปกติจะใช้ในยางที่มีขั้วเป็นส่วนใหญ่ (พรพรรณ , 2528)

2.2 ยางคลอโรพรีน

ยางคลอโรพรีน โดยทั่วไปยางคลอโรพรีนเป็นที่รู้จักกันและใช้กันมานานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1932 เป็นยางสังเคราะห์ตัวแรกที่ผลิตขึ้นมามากและยังคงมีการใช้กันจนถึงปัจจุบันนี้ ยางคลอโรพรีนได้ใช้กันอย่างกว้างขวางสำหรับยางที่ทนน้ำมันและยางที่ทนทานต่อการเสียด การใช้ยางคลอโรพรีนมักจะเลือกในกรณีที่ต้องการสมบัติที่รวม ๆ มากกว่าสมบัติที่เด่นอย่างหนึ่งอย่างใด โดยเฉพาะ ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 2.2 โครงสร้างยางคลอโรพรีน (พรพรรณ , 2535)

ส่วนใหญ่การจัดเรียงตัวของโพลิเมอร์จะจัดอยู่ในรูป trans-1,4 แต่ก็มีส่วนน้อยเป็น 1,2 และ 3,4 ด้วยและยังมี cis-1,4 ปนมาอีกเล็กน้อย

ผลของคลอรินอะตอมในโครงสร้างโมเลกุล

1. คลอรินอะตอมทำให้ยางมีขั้ว ซึ่งจะมีสมบัติด้านการทนน้ำมันแต่จะด้อยในด้านการเป็นฉนวนไฟฟ้า
2. คลอรินอะตอมจะเป็นตัวดึงเอาอิเล็กตรอนจากพันธะคู่ ทำให้พันธะคู่หมดประสิทธิภาพ ทำให้ยางคลอโรพรีนไม่สามารถวัลคาไนซ์ด้วยการใช้กำมะถันได้ แต่ทำให้ยางทนต่อการออกซิเดชันและทนทานต่อโอโซนได้ดี
3. คลอรินอะตอมทำให้ยางทนไฟ
4. คลอรินอะตอมทำให้ยางหนัก มีความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 1.23

จากผลของคลอรินอะตอมดังกล่าวทำให้ได้ชื่อว่าเป็น “ยางพิเศษ” ซึ่งมีคุณสมบัติด้านทานการลุกไหม้ได้ดี โดยจะเข้าไปทำหน้าที่เปลี่ยนกลไกของปฏิกิริยาการเผาไหม้ จะปล่อยไฮโดรคลอไรด์ออกมาในเปลวไฟ ทำให้เกิดเป็นแรดคิคอลลออกมา คลอรินแรดคิคอลจะไม่เกิดปฏิกิริยา ทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นในอัตราที่ช้า และจะมีประสิทธิภาพดีมากหากใช้ร่วมกับโลหะออกไซด์ (พรพรรณ , 2540)

2.4.3 แอนติโมนีไตรออกไซด์ (Antimony trioxide) เป็นสารทนไฟที่มีประสิทธิภาพน้อย จึงได้มีการใช้ฟอสเฟตและสารประกอบฮาโลเจนเข้าไปเสริม มีการเปลี่ยนหรือแทนที่บางส่วนด้วย ออกไซด์ของทิตเนียม (oxide of titanium) ซิงค์ (Zinc) และ โมลิบดีนัม (molybdenum) บางครั้ง จึงใช้ซิงค์โบเรต (Zinc borate) เข้าไปเคลือบผิวของพอลิเมอร์ช่วยป้องกันการเผาไหม้พอลิเมอร์ (พีภูลีนา, 2537)

2.4.4 ไฮเดรทอลูมินา เป็นสารเคมีที่ประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับนำไปใช้ในกระบวนการแปร รูปยางที่อุณหภูมิต่ำ เพราะจะไม่เกิดการสลายตัวของสารเคมีในการแปรรูป ไฮเดรทอลูมินาจะ กระจายตัวในยางได้ดีหากใช้ในปริมาณมาก แต่ข้อดีของไฮเดรทอลูมินา คือเมื่อถูกเผาไหม้จะ ให้น้ำออกมาซึ่งจะไม่เป็นพิษ (พรพรรณ, 2528)

2.5 ประเภทของสารทนไฟ

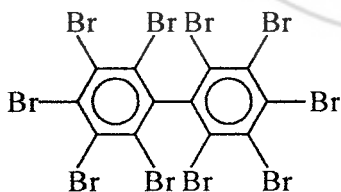
สารทนไฟที่ใช้ในพอลิเมอร์ จะมี 2 แบบคือ

1. การเติมในรูปสารเติม (additive)
2. การเติมในรูปมอนอเมอร์ (reactive monomer)

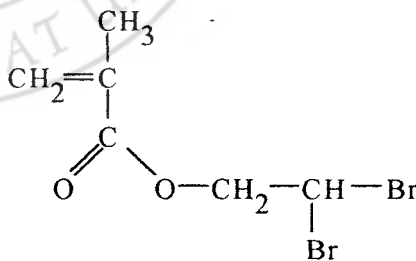
การเติมสารเคมีในรูปของสารเติม (additive) ในระหว่างกระบวนการผสม คือ ส่วนประกอบที่ผสมเข้าไปกับกลไกในการป้องกันพอลิเมอร์

การเติมสารในรูปมอนอเมอร์ (reactive monomer) จะตรงข้ามกับการเติมในรูปสารตัวเติม (additive) คือ เป็นวัสดุและสารเคมีจะเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งภายในโครงสร้างของพอลิเมอร์

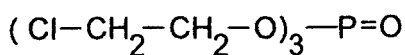
ดังตัวอย่างเช่น โบรมีน เป็นสารทนไฟชนิดหนึ่ง ที่อยู่ในรูปของสารตัวเติม (additive) เช่น เดคาโบรมไบฟีนิล (I) (decabromobiphenyl) หรืออยู่ในรูปของมอนอเมอร์ (reactive monomer) เช่น ไดโบรมเมทิลเมทาคริเลต (II) (2 - dibromoethyl methacrylate) เช่นเดียวกับฟอสฟอรัส



(I)



(II)



(III)

รูปที่ 2.3 โครงสร้างของสารทนไฟแต่ละชนิด (พีฏลีนา, 2537)

ที่ใช้เป็นสารทนไฟในโพลียูรีเทน ในรูปของสารตัวเติม เช่น 3-(2-Chloroethyl) phosphate (III) หรือในรูปของ phosphorus containing diol

ข้อดี ของสารทนไฟในรูปของมอนอเมอร์ (reactive monomer) จะได้เปรียบกว่ารูปของสารตัวเติม (additive) คือจะไม่ถูกชะล้างออกไปกับน้ำหรือสารละลายระหว่างการใช้งานพอลิเมอร์

ข้อเสีย ของสารทนไฟในรูปมอนอเมอร์ สารจะเข้าไปอยู่ในโครงสร้างพอลิเมอร์ ซึ่งมีผลต่อความเสถียรของพอลิเมอร์ ข้อสำคัญของ additive และ reactive monomer คือ จะต้องมีความเสถียรต่ออุณหภูมิในระหว่างที่ทำการแปรรูปถ้าไม่เสถียรในขณะที่แปรรูปก็จะทำให้สารเกิดการระเหยได้ง่ายทำให้ประสิทธิภาพของสารลดน้อยลงได้

สมบัติทางฟิสิกส์ที่ต้องการของพอลิเมอร์ เพื่อนำไปแปรรูปเป็นสมบัติเฉพาะ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมี ดังนั้น สารทนไฟ (flame retardants) จะต้องไม่มีผลต่อความแข็งแรงทางกล (mechanical strength), ทางไฟฟ้า (electrical) หรือมีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน หรือไวต่อการแตกสลายด้วยแสงและความร้อน

2.6 ธาตุในสารทนไฟที่ใช้ในพอลิเมอร์ (Fire-retarding elements)

- โบรอน (Boron)
- อลูมิเนียม (Aluminium)
- ฟอสฟอรัส (Phosphorus)
- คลอรีน (Chlorine)
- แอนติโมนี (Antimony)
- โบรมีน (Bromine)

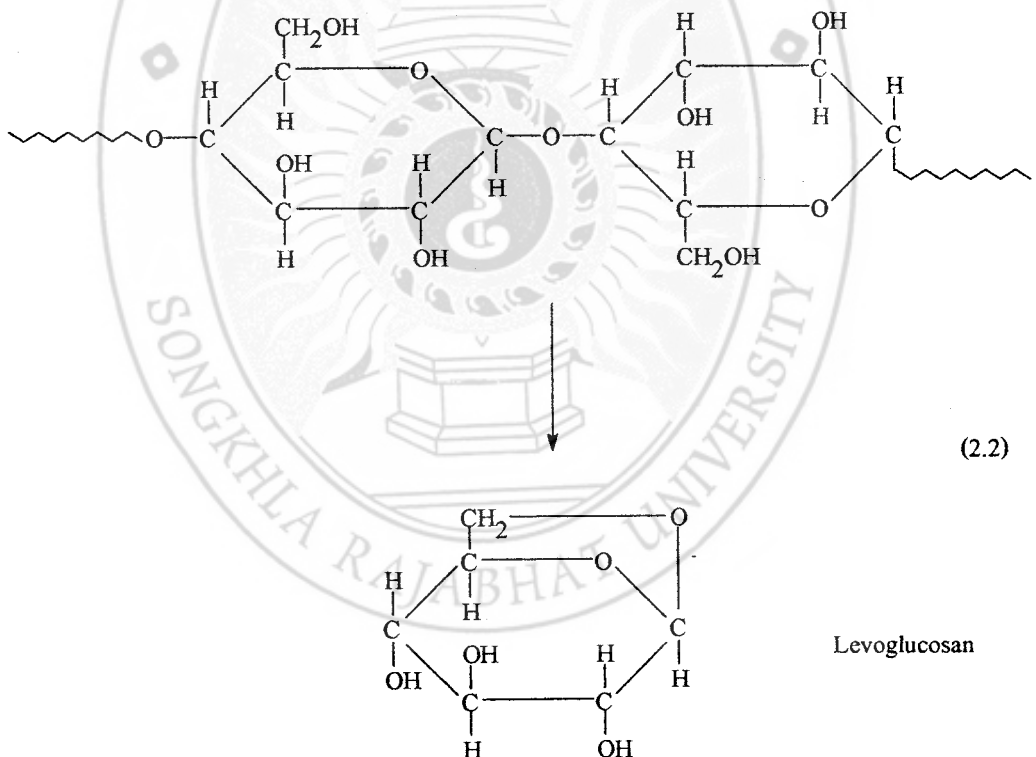
ธาตุในสารทนไฟดังกล่าวสามารถแทรกในวัฏจักรการเผาไหม้ ซึ่งจะมีรายละเอียดของธาตุแต่ละชนิดดังต่อไปนี้

3. ไซด์้า (involatile ash) ของ Al_2O_3 ที่เหลืออยู่ที่ผิวจะทำหน้าที่ป้องกันพอลิเมอร์ โดยไม่ให้ผิวด้านล่างของพอลิเมอร์โดนทำลาย

แม้ว่าอลูมิเนียมจะมีสมบัติด้านการสารทนไฟ ต้องมีการทำปฏิกิริยาเป็นสารประกอบคลอรีน (Chlorine containing) ก่อนที่จะนำมาใช้งาน แต่ก็ยังมีการนำมาใช้งานน้อยกว่าสารแอนติโมนี เพราะจะมีการอิมตัวของอลูมิเนียมคลอไรด์ในระหว่างการเผาไหม้ ซึ่งในส่วนของแอนติโมนีไครคลอไรด์ที่เกิดขึ้นจะอยู่ในสภาพควบแน่นมากกว่าในสภาพก๊าซ (ฟูลีนา, 2537)

2.6.3 สารประกอบฟอสฟอรัส (phosphorus compound) สารอินทรีย์ฟอสเฟต เช่น อลูมิเนียมฟอสเฟต ใช้เป็นสารทนไฟในเซลลูโลส จำพวกไม้ กระดาษและผ้า และได้มีการนำสารพวกอินทรีย์ฟอสเฟตมาใช้เป็นสารทนไฟ เช่น triethyl phosphate และ 3-(2-chloroethyl) phosphate และสารเหล่านี้จะมีผลต่อการป้องกันการเผาไหม้ในพอลิเมอร์หลายชนิด

เมื่อให้ความร้อนเซลลูโลส ที่อุณหภูมิสูงกว่า 250 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้สารระเหยที่ประกอบด้วยน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์, และอะซิติลดีไฮด์ ส่วนที่เหลือจะได้สาร Levoglucosan ดังปฏิกิริยา



รูปที่ 2.5 ปฏิกิริยาการสลายตัวของสารอินทรีย์ฟอสเฟต (organic phosphate) (ฟูลีนา, 2537)

เมื่อมีสารทนไฟฟอสเฟต กรดฟอสฟอริก ก็จะไปรวมกับไฮดรอกซิลกรุปของเซลลูโลส ที่สลายเป็นพันธะคู่ในโครงสร้าง ทำให้เกิดการไหม้เกรียมขึ้น

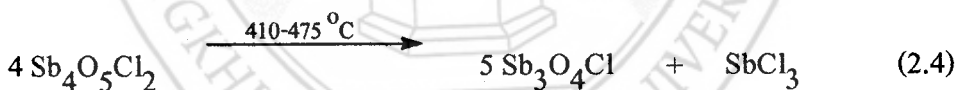
หน้าที่ของฟอสฟอรัสในการดับไฟมี 2 อย่างคือ

1. เกิดส่วนที่ติดไฟมีปริมาณน้อย
2. ฟอสฟอรัสจะเป็นตัวไปลดน้ำในขณะที่ยกโพลิเมอร์เกิดการลุกไหม้ทำให้ผิวยางเกรียมทำให้เป็นฉนวนความร้อน โดยความร้อนที่เกิดขึ้นจะไม่สามารถทำลายได้ทำให้โพลิเมอร์สลายตัวช้าลงไปมาก และไฟจะดับโดยน้ำที่ได้สลายออกมา

ส่วนประกอบฟอสฟอรัสจะใช้ทั้งในรูป additive หรือ reactive monomer โดย ในส่วนของ reactive monomer จะเข้าไปเกาะแน่นในโมเลกุลของพอลิเมอร์

2.6.4 แอนติโมนีไตรออกไซด์ (Antimony trioxide) แอนติโมนีไตรออกไซด์ (Sb_2O_3) มีการนำมาใช้กันอย่างกว้างขวางในพอลิเมอร์เพื่อให้เป็นสารทนไฟ โดยเฉพาะกับโพลีโอเลฟิน (polyolefine) ซึ่งไม่ทนไฟเลยโดยปกติจะใช้ Sb_2O_3 ร่วมกับสารที่ประกอบด้วยคลอรีนและสารประกอบโบรมีน (bromine-containing compound) ซึ่งจะช่วยให้เสริมในการทนไฟมากยิ่งขึ้น เนื่องจากต้องใช้อะตอมของแอนติโมนีไตรออกไซด์ สารประกอบ antimony – halogen หรือเรียกว่า ออกซีเฮไลด์ (oxyhalide, SbOX) เป็นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาระหว่างแอนติโมนีไตรออกไซด์ (Sb_2O_3) และไฮโดรเจนเฮไลด์ (HX)

แอนติโมนีออกซีคลอไรด์จะสลายตัวให้แอนติโมนีไตรออกไซด์และแอนติโมนีไตรคลอไรด์ (SbCl_3) ที่อิมตัว จะเกิดปฏิกิริยา 3 ขั้น ตอนดังนี้

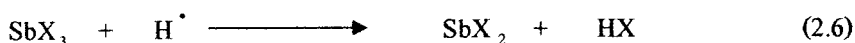


รูปที่ 2.6 ปฏิกิริยาการสลายตัวของแอนติโมนีออกซีคลอไรด์ (ฟูลีนา, 2537)

ทั้งส่วนประกอบคลอรีนและโบรมีนอัตราส่วนของอะตอมของคลอรีน / แอนติโมนีไตรออกไซด์ ที่ใช้เป็นสารทนไฟ ที่เหมาะสมควรใช้ในอัตราส่วนที่ใกล้เคียง 3 : 1 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่แอนติโมนีไตรคลอไรด์มีประสิทธิภาพในการใช้งานดี แต่แอนติโมนีไตรคลอไรด์ (SbCl_3) ไม่

สามารถใช้งานในรูปของสารตัวเติมได้โดยตรง เนื่องจากเป็นสารที่ละลายได้ง่ายเมื่อโดนน้ำและจะระเหยง่ายด้วย

การทำปฏิกิริยากันระหว่างแอนติโมนีไตรออกไซด์ / ฮาโลเจน ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นโดยตรงกับกลไกออกซิเดชัน ทำให้เกิดไฮโดรเจนเฮไลด์ (hydrogen halide) ปฏิกิริยาเป็นดังนี้



รูปที่ 2.7 ปฏิกิริยาของการเกิดไฮโดรเจนเฮไลด์ (ฟุฏิตินา, 2537)

การเกิดปฏิกิริยาของแอนติโมนีในเปลวไฟเป็นผลให้เกิดมอนอกไซด์ (monoxide) ที่ไม่เสถียร โดยจะเป็นตัวเร่งทำให้เกิดการรวมตัวของไฮโดรเจน, ออกซิเจน และไฮดรอกซิลแรดคัล (hydroxyl radicals) ทั้งนี้ ปฏิกิริยาการรวมตัวของแอนติโมนีไตรออกไซด์/ฮาโลเจน จะเป็นการทำลายแรดคัลในสถานะก๊าซ

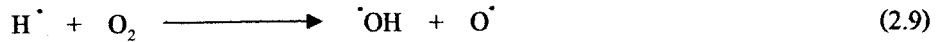
อย่างไรก็ตามสารทนไฟ โดยการรวมตัวกับ แอนติโมนีแอนติโมนีไตรออกไซด์/ฮาโลเจน จะช่วยในการดับไฟ 2 ทางด้วยกัน

1. ปฏิกิริยาที่ (2.3) – (2.5) เป็นปฏิกิริยาที่มีการคายความร้อนทำให้ไฟที่มีการลุกไหม้อยู่เกิดการเย็นตัวลง

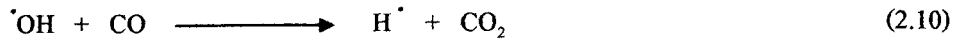
2. โพลีเมอร์บางชนิด เช่น โพลีเอสเตอร์และโพลียูรีเทน ปฏิกิริยาเกิดในสภาวะของการควบแน่น ซึ่งทำให้มีประสิทธิภาพการเกิดการไหม้เกรียม ดีกว่าเมื่อไม่มีแอนติโมนี

2.6.5 สารประกอบคลอรีนและโบรมีน (Chlorine and bromine compound) สารทนไฟพวกคลอรีนมีการใช้มากในโพลีเมอร์ และการใส่คลอรีนเข้าไปในโครงสร้างโพลีเมอร์ จะเข้าไปทำหน้าที่เปลี่ยนกลไกของปฏิกิริยา และการสลายตัวของผลิตภัณฑ์ ทั้ง reactive monomer และ additive และจะมีการปล่อยไฮโดรคลอไรด์ออกมา

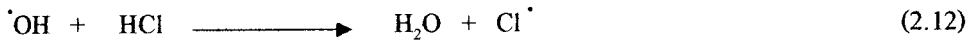
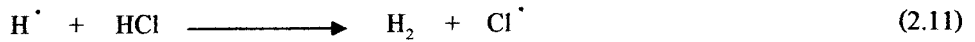
ปฏิกิริยารูปโซ่ที่เกิดขึ้นจะมีความซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาขั้นต้นจำนวนมาก ขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนในกระบวนการเริ่มต้นในการเกิดสายโซ่ของกระบวนการเผาไหม้ ดังปฏิกิริยา



และจะคายความร้อนออกมาจำนวนมาก ดังปฏิกิริยา



หน้าที่ป้องกันของไฮโดรเจนคลอไรด์ เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาซึ่งจะให้แรดดิคัลออกมา



รูปที่ 2.8 ปฏิกิริยารูปโซ่ในกระบวนการเผาไหม้ของสารประกอบคลอรีน (ฟูลีนา, 2537)

สารประกอบคลอรีนจะมีประสิทธิภาพมากเมื่อใช้งานร่วมกับโลหะออกไซด์โดยเฉพาะ แอนติโมนีออกไซด์

ส่วนสารประกอบโบรมีนจะมีประสิทธิภาพมากกว่าคลอรีน และสามารถเป็นได้ทั้ง additive และ reactive monomer

2.7 หลักการทดสอบการทนไฟ

การศึกษาทฤษฎีทดสอบการทนไฟ มีความจำเป็นมากเพราะจะได้ทราบถึงการป้องกันการติดไฟของวัสดุ ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถทำนายผลของการติดไฟในสถานการณ์จริงได้ว่าเป็นอย่างไร เพราะเป็นสิ่งที่อันตราย

วิธีการทดสอบที่สำคัญมี 2 ประเภท คือ

2.7.1 การทดสอบขนาดใหญ่ (large scale test) เป็นการศึกษาลักษณะของวัสดุหรือผลิตภัณฑ์ในสถานการณ์ติดไฟจริง ๆ ยกตัวอย่างเช่น ไม้

2.7.2 การทดสอบขนาดเล็ก (small scale test) เป็นการหาค่าความยากง่ายของการจุดติดของวัสดุขนาดเล็ก โดยใช้ไฟขนาดเล็กรวมทั้งหาค่าอัตราการเผาไหม้ และการสร้างควันในกรณีของยางจะใช้การทดสอบแบบการทดสอบขนาดเล็ก โดยใช้มาตรฐานของ ISO 3582 – 1978 (E)

2.8 วิธีการทดสอบการทนไฟตามมาตรฐาน ISO 3582 – 1978 (E)

2.8.1 ขอบเขตและลักษณะการใช้งาน

เป็นการทดสอบขนาดเล็ก ซึ่งจะเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของการเผาตามขวางของชิ้นทดสอบขนาดเล็ก ๆ ซึ่งมีจุดประสงค์ที่จะศึกษาการเผาตามขวางของชิ้นทดสอบเล็ก ๆ ได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย ในการทดสอบนี้มีข้อกำหนดที่ว่าชิ้นทดสอบต้องมีความหนามากกว่า 5 มิลลิเมตร

และถ้าชิ้นทดสอบมีความหนาไม่เท่ากัน จะไม่สามารถเปรียบเทียบผลการทดสอบได้ และการทดสอบชนิดนี้ไม่สามารถใช้ได้กับวัสดุที่ติดไฟแล้วเกิดอันตราย

2.8.2 เครื่องมือทดสอบการทนไฟ ประกอบด้วย

2.8.2.1 ห้องทดสอบ (test chamber) เป็นกรอบเหล็กข้างในบรรจุแร่ใยหิน ซึ่งเป็นวัสดุที่ไม่ติดไฟ มีเนื้อที่ภายในกว้าง 300 ± 5 มิลลิเมตร ยาว 600 ± 5 มิลลิเมตร สูง 760 ± 5 มิลลิเมตร

2.8.2.2 ตะเกียง (burner) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง $9.5 \pm$ มิลลิเมตร ใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซไฮโดรเจน อุณหภูมิของเชื้อเพลิงเท่ากับ 1000 ± 100 องศาเซลเซียส ไฟสูงเหนือตะเกียง 13 ± 1 มิลลิเมตร

2.8.2.3 ฝาครอบตะเกียง (wing top) กว้าง 3.0 ± 0.2 มิลลิเมตร ยาว 48 ± 1 มิลลิเมตร

2.8.2.4 ตะแกรง (gauze) ทำจากลวดสแตนเลสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร เป็นตะแกรงชนิดถึงขนาด 6.4 mesh กว้าง 75 มิลลิเมตร ยาว 215 มิลลิเมตร และยกขอบจากด้านล่างขึ้นมา 13 มิลลิเมตร เพื่อวางชิ้นทดสอบ

2.8.2.5 ตัวยึดตะแกรง (support gauze holder) สร้างจากเหล็กอ่อน เพื่อให้ตะแกรงอยู่เหนือฐานของห้องทดสอบ 175 ± 25 มิลลิเมตร โดยตะแกรงห่างจากด้านบน, หลังและด้านล่างข้างของห้องทดสอบเท่ากัน (พีฏิตินา, 2537)

2.8.3 ความแม่นยำ

2.8.3.1 ความแม่นยำของเวลาที่จับเป็น ± 1 วินาที

2.8.3.2 ความแม่นยำของระยะทางเป็น ± 1 มิลลิเมตร

2.8.3.3 ความแม่นยำของน้ำหนักเป็น ± 1 กรัม

2.8.4 จำนวน,ขนาด การทำเครื่องหมายและการชั่งน้ำหนักของชิ้นทดสอบ

2.8.4.1 จำนวนชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น ทำความสะอาดผิวของชิ้นทดสอบไม่ให้มีฝุ่นติด

2.8.4.2 ขนาดชิ้นทดสอบ กว้าง 50 ± 1 มิลลิเมตร ยาว 150 ± 1 มิลลิเมตร หนา 1 ± 1 มิลลิเมตร ถ้าหากความหนาแตกต่างกัน จะนำมาเปรียบเทียบผลการทดสอบไม่ได้

2.8.4.3 การชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบ จะต้องชั่งชิ้นทดสอบในกรณีที่เป็น และทำเครื่องหมายด้านกว้าง โดยห่างจากด้านล่างด้านหน้า 25 มิลลิเมตร โดยทำเครื่องหมายที่ผิวของชิ้นทดสอบ

2.8.5 การปรับสภาพชิ้นทดสอบ

ทำการปรับสภาพ ตามมาตรฐาน ISO 471-1983 (E) ซึ่งจะบอกถึงอุณหภูมิ,ความชื้นและเวลาสำหรับการปรับสภาพชิ้นทดสอบ

นิยาม

การปรับสภาพ คือ การนำยางไปวางในอุณหภูมิและความชื้นมาตรฐาน เป็นเวลาตามที่ ได้กำหนดไว้ ก่อนที่จะทำการทดสอบเพื่อความน่าเชื่อถือของผลการทดสอบ

อุณหภูมิและความชื้นที่ใช้ในการปรับสภาพ

1. อุณหภูมิมาตรฐาน ในประเทศเมืองหนาวจะใช้ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ส่วน ประเทศบริเวณเส้นศูนย์สูตร หรือใต้เส้นศูนย์สูตร ใช้อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส
2. ความชื้นมาตรฐาน ถ้าจำเป็นต้องควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้น จะเป็นดังนี้
 - ที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส ความชื้น 50%
 - ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส ความชื้น 65%

การปรับสภาพ

ในกรณีที่ 1 และ 2 เวลาของการปรับสภาพไม่น้อยกว่า 16 ชั่วโมง

2.8.6 ขั้นตอนการทดสอบการทนไฟ มีดังต่อไปนี้

2.8.6.1 การปรับขนาดไฟ โดย

- (1) ปิดประตูห้องทดสอบและปิดตู้ควัน
- (2) ปรับตะเกียงและความดันแก๊สจนได้เปลวไฟสีน้ำเงิน ขนาดความสูงของ เปลวไฟเท่ากับ 38 ± 1 มิลลิเมตร
- (3) ปิดแก๊ส

2.8.6.2 การปรับที่วางชิ้นทดสอบ วางตะแกรงที่สะอาดบนตัวยึดตะแกรง เพื่อให้ผิว ของชิ้นทดสอบอยู่เหนือฟากรอบตะเกียง ระยะ 13 ± 1 มิลลิเมตร วางชิ้นทดสอบให้ขอบด้าน หนึ่งของชิ้นทดสอบอยู่ที่ไฟและให้เกิดการขยายตัวได้

2.8.6.3 การวางชิ้นทดสอบ เปิดประตูห้องทดสอบและวางชิ้นทดสอบลงบนตะแกรง โดย

- (1) ทำเครื่องหมายที่ผิวส่วนบนสุดของชิ้นทดสอบ
- (2) ส่วนปลายที่ไกลสุดจากรอยเครื่องหมายของชิ้นทดสอบ สัมผัสกับด้านยก ขอบที่สูงของตะแกรง
- (3) ด้านยาวของชิ้นทดสอบวางขนานกับตะแกรง

2.8.6.4 การทดสอบการติดไฟ มีวิธีการดังต่อไปนี้

- (1) เปิดและจุดก๊าซพร้อมๆกับเริ่มจับเวลา
- (2) ปิดประตูของห้องทดสอบและปิดประตูของตู้ควัน

(3) บันทึกและสังเกตความรุนแรงของลักษณะการเผาไหม้ของชิ้นทดสอบ เช่น บิดเบี้ยว (waring) , ไหม้เกรียม (charing) , หลอม (melting) , มีน้ำมันและน้ำที่หยด (dripping) , เกิดการหยดจนถึงพื้นของห้องทดสอบหรือไม่

(4) หลัง 60 วินาที ปิดก๊าซหรือย้ายตะเกียงออก

(5) จับเวลาเมื่อไฟจากชิ้นทดสอบถึงรอยเครื่องหมายเวลาในหน่วยวินาที (tb)

(6) ถ้าไม่เกิดการเผาไหม้ที่ผิวส่วนบนของชิ้นทดสอบให้หยุดจับเวลาเมื่อไฟของชิ้นทดสอบดับ เช่น เวลาที่เปลวไฟสัมผัสกับผิวของชิ้นทดสอบหายไป บันทึกเวลาไว้ (ta) ในบางกรณีไฟของชิ้นทดสอบอาจทำให้ไฟของก๊าซดับ ในกรณีนี้เวลาที่ไฟดับเป็นเวลาที่ยังคงเปลวไฟหายไป ในกรณีที่เกิดไฟเผาตรงผิวส่วนบนของชิ้นทดสอบ ต้องวัดน้ำหนักของชิ้นทดสอบที่หายไปด้วย ในกรณีที่น้ำมันหยดลงบนตะเกียงแล้วเปลวไฟเปลี่ยน จะไม่เอาผลการทดสอบนั้น และหลังจากทำความสะอาดตะเกียงและฝาครอบตะเกียง แล้วใส่ชิ้นทดสอบอันใหม่ลงไป

2.8.6.5 การวัดระยะที่เผาไหม้ (extent burnt)

(1) เปิดประตูห้องทดสอบและเปิดประตูวันเอาชิ้นทดสอบและตะแกรงออก

(2) วัดและบันทึกระยะที่เผาไหม้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 150 ลบกับระยะทางที่ไหม้ไปยังรอยไหม้ที่ใกล้ที่สุด คิระยะจากผิวบนสุดของชิ้นทดสอบ

2.8.6.6 การชั่งน้ำหนักที่สูญเสียไป ชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบอีกภายหลังการเผาไหม้แล้ว น้ำหนักที่ชั่งได้ไม่รวมน้ำหนักใด ๆ ที่ตกจากชิ้นทดสอบ ในระหว่างการเผาไหม้

2.8.6.7 การเตรียมการทดสอบครั้งต่อไป

(1) ทำความสะอาดเอาเศษที่เหลือของชิ้นทดสอบออกให้หมดให้ทดสอบอย่างน้อย 4 ชิ้น ปลอ่ยให้อุณหภูมิของห้องทดสอบเท่ากับอุณหภูมิห้อง ก่อนกลับมาใช้อีก

(2) ตรวจสอบตะแกรงและฝาครอบตะแกรง ประตูกระจกตู้ควัน ทำความสะอาดถ้าจำเป็น

(3) การตรวจสอบขนาดของไฟ อย่างน้อยที่สุดทุก ๆ 5 ครั้ง ๆ ของการทดสอบแต่ละครั้ง

(4) ปิดประตูห้องทดสอบและปิดพัดลมตู้ควันแล้วเริ่มขบวนการทดสอบครั้งต่อไป

2.8.6.8 การคำนวณผลการทดลอง

(1) กรณีไม่ผ่านรอยเครื่องหมาย จะคำนวณอัตราการเผาไหม้ (burning rate) ในหน่วยมิลลิเมตรต่อวินาที

$$\text{burning rate} = 125 / \text{tb}$$

(2) กรณีไฟไม่ผ่านรอยเครื่องหมาย คำนวณหาค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาไหม้, เวลาที่ไฟดับ, ระยะที่เผาไหม้และน้ำหนักที่สูญเสียไป

2.8.6.9 การรายงานผลการทดลอง

(1) ในการทดลองจะต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัยให้มาก เนื่องจากอาจเกิดอันตรายได้ และต้องรายงานเรื่องต่อไปนี้

- ความหนา (มิลลิเมตร)
- สภาพภายนอกของผิวชั้นทดสอบ
- การจัดการชั้นทดสอบก่อนการทดลอง

(2) อธิบายถึงลักษณะการเผาไหม้ เช่น การบิดเบี้ยว, การไหม้เกรียม, การหลอม, และเกิดการหยด ดูว่าเกิดการหยดบนพื้นทดสอบหรือไม่

- (3) ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่เผาไหม้
- (4) ค่าเฉลี่ยของระยะทางเมื่อไฟดับ
- (5) ค่าเฉลี่ยของอัตราการเผาไหม้
- (6) ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักที่สูญเสียไป (พิกตินา, 2537)

