



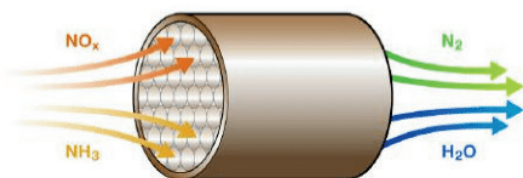
# การทดสอบธาตุปนเปื้อนของสารละลาย AUS 32 ในการบำบัดมลพิษในไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล

## APPLICATION NOTE

### บทนำ

กระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงไฟฟ้า, โรงงานปิโตรเคมี, บอยเลอร์ (Boiler) ตลอดจนกระบวนการเผาไหม้ที่ใช้ความร้อนสูง และเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ สิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดไอเสียที่ประกอบไปด้วย คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), คาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>), ไฮโดรคาร์บอน (HC), ออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) และเขม่าคาร์บอนเกิดขึ้น ซึ่ง NOx เป็นก๊าซเรือนกระจกที่เป็นพิษสูงมีส่วนสำคัญต่อมลพิษในชั้นบรรยากาศ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีที่ชื่อ Selective Catalytic Reduction (SCR) ถูกนำมาใช้ในการบำบัดมลพิษในไอเสียที่เกิดขึ้น โดยการนำก๊าซแอมโมเนีย แอมโมเนียมไน้ หรือแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ หรือสารละลายยูเรียในน้ำที่มีความบริสุทธิ์สูง ประมาณ 32.5% หรือในชื่อที่เรารู้จักกัน คือ AUS 32 ฉีดเข้าไปที่ท่อไอเสีย เพื่อทำให้เกิดปฏิกิริยากับก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NOx) ในไอเสีย ให้กลายเป็นก๊าซไนโตรเจน และไอน้ำ ก่อนปล่อยออกสู่ชั้นบรรยากาศ วิธีการดังกล่าวจะสามารถลดปริมาณก๊าซ NOx ได้มากถึง 90% ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ



รูปที่ 1 แสดงการทำงานของเทคโนโลยี SCR

การลดการปล่อยมลพิษออกสู่สิ่งแวดล้อมเป็นเป้าหมายสำคัญ สำหรับการออกแบบเครื่องยนต์ทุกชนิด โดยในปัจจุบันเทคโนโลยี SCR ได้ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมยานยนต์ประเภทเครื่องยนต์ดีเซลมาตรฐาน Euro 5 ขึ้นไป วิธีการนี้จะมีการใช้สารละลายยูเรีย 32.5% (AUS 32) เป็นตัวรีดิวซ์ โดยเหตุผลที่เลือกใช้สารละลายดังกล่าวว่าเป็นตัวรีดิวซ์นั้น เนื่องจากสารละลายยูเรียของรถยนต์มีจุดตกผลึกต่ำที่สุดที่ความเข้มข้น 32.5% ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียในรถยนต์สามารถส่งผลโดยตรงต่ออัตราการลดลงของ NOx และจุดตกผลึกของสารละลายยูเรีย ทำให้ความเข้มข้นที่สูงหรือต่ำเกินไปไม่เพียงแต่จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพการเปลี่ยนรูปของ NOx แต่ยังทำให้เกิดมลพิษของก๊าซแอมโมเนียที่หลงเหลืออยู่ได้

นอกจากนี้สารละลาย AUS 32 ที่เลือกใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูง ผ่านกรรมวิธีการผลิตที่ได้มาตรฐาน มีคุณสมบัติใส ไม่มีสี ไม่เป็นพิษต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อม การตรวจคุณภาพของสารละลาย AUS 32 จะยึดตามข้อกำหนด ISO-22241-1 ซึ่งระบุคุณสมบัติทางเคมีของสารละลาย และ ISO-22241-2 ระบุวิธีการทดสอบด้วยเทคนิค ICPOES ตามตารางที่ 1

Specifications	Maximum Concentration (mg/kg)
Phosphate (PO <sub>4</sub> )	0.5
Calcium	0.5
Iron	0.5
Copper	0.2
Zinc	0.2
Chromium	0.2
Nickel	0.2
Aluminum	0.5
Magnesium	0.5
Sodium	0.5
Potassium	0.5

ตารางที่ 1 ข้อกำหนดปริมาณโลหะปนเปื้อนเป็นอนตามมาตรฐาน ISO-22241-1

## KEYWORDS

- Urea
- SCR
- AUS 32
- ICP-OES

## การทดสอบ

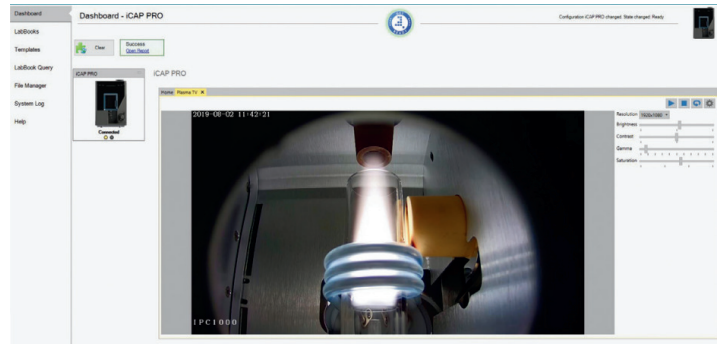
ในงานนี้จะทดสอบหาปริมาณธาตุในตัวอย่าง AUS 32 ด้วยเครื่อง Thermo Scientific iCAP PRO XP Radial ICP-OES ซึ่งเครื่องมือนี้เป็นเครื่องที่สามารถวิเคราะห์หาปริมาณธาตุได้ครั้งละหลายๆธาตุในครั้งเดียว (Simultaneous) อีกทั้งยังสามารถวิเคราะห์ธาตุในระดับปริมาณที่ต่ำได้ดี ตั้งแต่ในช่วงความเข้มข้นระดับ ug/L (ppb), mg/L (ppm) จนถึง % โดยน้ำหนักหรือปริมาตร หลักการทำงานของเครื่องนี้เป็นการอาศัยการวัดการคายแสงของธาตุหลังจากการได้รับพลังงานความร้อนจากพลาสมา สามารถตรวจวัดธาตุได้ตั้งแต่ในช่วงความยาวคลื่น 167-842 nm และด้วยตัวตรวจวัดชนิด CID ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ถูกต้องแม่นยำ และให้สภาพไวสูง (High sensitivity)

## เครื่องมือและอุปกรณ์

มุมมองพลาสมาหรือการเก็บสัญญาณ แบบ Radial จะเหมาะกับตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูง สามารถรองรับช่วงการวิเคราะห์ที่กว้าง และสามารถปรับตำแหน่งความสูงในการมองพลาสมาเพื่อให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดได้ด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการหาสภาวะที่เหมาะสมของพลาสมาสามารถดูลักษณะของพลาสมาได้จากกล้อง (Plasma TV) ที่อยู่ในซอฟต์แวร์เพิ่มความสะดวกสบายต่อผู้ใช้งาน โดยสภาวะเครื่องมือแสดงดังตารางที่ 2

Parameter	Setting
Pump speed	45 rpm
Nebulizer	Glass concentric
Spray chamber	Cyclonic
Nebulizer gas flow	0.55 L/min
Auxiliary gas flow	0.5 L/min
Coolant gas flow	12.5 L/min
Center tube	1.5 mm
RF power	1400 W
Viewing mode	Radial
Exposure time	iFR 10 S

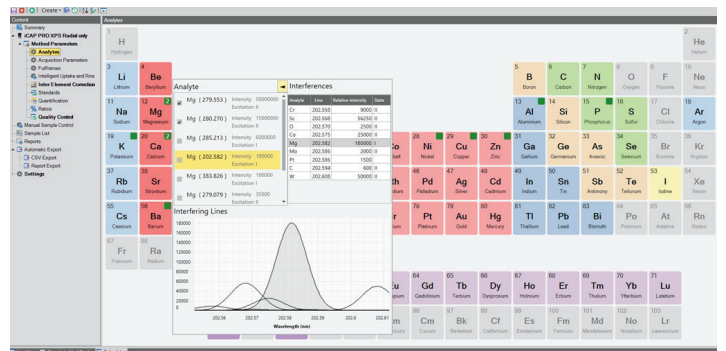
ตารางที่ 2 แสดงสภาวะของเครื่อง iCAP PRO XP Radial ICP-OES



รูปที่ 2 แสดงการทำงานของ Plasma TV

## การเตรียมตัวอย่างและสารมาตรฐาน

- เตรียมกราฟมาตรฐานผสมรูปแบบ Matrix matching ของสารละลายผสม Al Ca Cr Cu Fe K Mg Na Ni P และ Zn ช่วงความเข้มข้น 0.1-5.0 mg/kg ในสารละลาย 32.5% aqueous urea : 5% HNO<sub>3</sub> ในอัตราส่วน 1:1
- ชั่งตัวอย่าง 50 g ลงใน volumetric flask เติมน้ำ DI และ กรด HNO<sub>3</sub> 5 mL ปรับปริมาตรด้วยน้ำจนได้ 100 mL
- Spike sample ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/kg
- เติม Y สารมาตรฐานภายใน (Internal standard) ความเข้มข้น 10 ppm ลงในทั้งารละลายแบบลค์ สารมาตรฐาน และ ตัวอย่าง

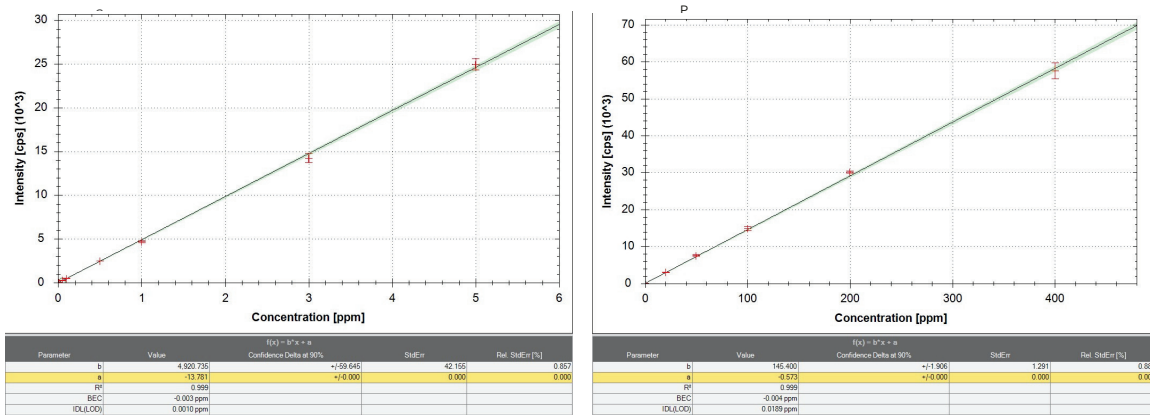


รูปที่ 3 แสดงโปรแกรม Qtegra

โปรแกรม Qtegra คือ โปรแกรมที่ใช้ควบคุมและแสดงผลการวิเคราะห์ โดยในขั้นตอนที่ทำการเลือกความยาวคลื่นของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ โปรแกรมจะทำการแสดงค่า Relative Intensity ของแต่ละความยาวคลื่น ซึ่งโปรแกรมจะมีการแนะนำความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ของแต่ละธาตุให้เบื้องต้น ส่วนในกรณีที่ต้องการเลือกความยาวคลื่นนอกเหนือจากที่โปรแกรมแนะนำ หรือการเลือกความยาวคลื่นอื่นๆ เพื่อช่วยเพิ่ม Linearity range ในการวิเคราะห์ โปรแกรมจะแสดงความเป็นไปได้ของความยาวคลื่นอื่นที่อาจจะรบกวนความยาวคลื่นที่สนใจ ช่วยให้การเลือกความยาวคลื่นของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์ทำได้ อย่างถูกต้อง

## ผลการทดสอบ

จากการทดสอบสร้างกราฟมาตรฐานของธาตุทั้ง 10 ธาตุ ให้ Correlation coefficient > 0.995 แสดงดังรูปที่ 4 และ ให้ % Recovery จากการ Spike sample ที่ความเข้มข้น 0.5 mg/kg อยู่ในช่วง 96-103% ดังตารางที่ 3 ซึ่งใช้เวลาในการวิเคราะห์ทั้ง 10 ธาตุ เพียง 75 วินาทีต่อตัวอย่าง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการเตรียมตัวอย่างและการทำงานของเครื่อง iCAP PRO Series ICP-OES



รูปที่ 4 แสดงตัวอย่างกราฟมาตรฐานของธาตุ Cu และ P ตามลำดับ

Element	Wavelength (nm)	Correlation coefficient	Spike Conc. (mg/kg)	Measured Spiked Conc. (mg/kg)	Recovery (%)
Al	396.152	1.000	0.500	0.495	99
Ca	393.366	0.996	0.500	0.515	103
Cr	267.716	1.000	0.500	0.485	97
Cu	327.396	0.999	0.500	0.494	98
Fe	259.940	0.999	0.500	0.490	98
K	766.490	0.996	0.500	0.510	102
Mg	279.553	0.997	0.500	0.483	97
Na	589.592	1.000	0.500	0.480	96
Ni	231.604	1.000	0.500	0.497	99
P	213.618	1.000	0.500	0.506	101
Zn	213.856	0.999	0.500	0.491	98

ตารางที่ 3 แสดงผลค่า R<sup>2</sup> และ % Recovery ของธาตุทั้ง 10 ธาตุ

Find out more at [thermofisher.com/ICP-MS](http://thermofisher.com/ICP-MS)  
ind out more at <https://www.scispec.co.th/ICPSQ.html>

