คุณลักษณะเด่นเฉพาะ [SPECIFIC FEATURES]

ปัจจัยหลักเกิดจากการออกแบบใบพัดเพื่อการกวนผสมประสิทธิภาพสูง ชนิด RTF4 HYDROFOIL (CHEMPLANT™ HIGH EFFIENCY RTF 4 HYDROFOIL)

- **ใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil** ถูกออกแบบ ค้นคว้าและวิจัยจาก **CHEMPLANT™** ให้มีค่า Power Number ที่ต่ำถึง 0.15 (ปัจจุบันถือได้ว่าต่ำที่สุด* ในบรรดาผู้ผลิตเครื่องกวนผสมด้วยกัน) มีผลทำให้ใช้พลังงานในการกวนน้อย (Reduce Power Consumption) แต่สามารถให้อัตราการกวนผสมที่สูง (Maximizing Flow) และเกิดสภาวะการไหลปั่นป่วนและแรงเฉือนต่ำ (Minimizing Turbulence and Shear) ซึ่งสภาวะการไหลปั่นป่วนที่เกิดจากการหมุนของใบพัดไม่ได้ก่อให้เกิดการกวนผสมที่ดีแต่เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานที่สูญเปล่า(Turbulence at the impeller gives no flow but does consume power)
- ด้วยหลักการในการกวนผสมของเหลว 2 ชนิด เข้าด้วยกัน (Liquid – Liquid Blending) และคงสภาวะสารแขวนลอยไว้ (Solids Suspension Applications) จึงต้องการให้เกิดการไหลของของเหลวในสภาวะทั่วทั้งถังกวนผสม (Require a Controlled Uniform flow pattern throughout the entire tank) ใบพัดแบบ RTF 4 Hydrofoil สามารถทำให้การไหลของของเหลวในแนวแกน (Axial Flow) เป็นไปอย่างรุนแรงทั่วทั้งถัง
- ประหยัดค่าใช้จ่ายทั้งค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้น เนื่องจากมีค่า Power Number ต่ำส่งผลทำให้ใช้ขนาดของมอเตอร์ขับเคลื่อนเล็กลงและแรงบิดมีค่าต่ำลง เมื่อเปรียบเทียบการใช้งานเครื่องกวนผสมในสภาวะเดียวกันโดยเปลี่ยนใบพัดจากชนิด 45° Pitch Turbine เป็นแบบ **RTF 4 Hydrofoil** พบว่ามีการสิ้นเปลืองพลังงานเพียง 50% - 70% ของปริมาณที่เคยใช้

* *ดูหน้า 13 ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัดกวนผสมชนิดต่างๆ*

- หากเปรียบเทียบเครื่องกวนผสม 2 เครื่องที่มีกำลังของมอเตอร์และมีความเร็วรอบเท่ากัน พบว่าเครื่องกวนผสมที่ใช้ **ใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil** จะมีอัตราการกวนผสมเป็น 2.5 เท่าของเครื่องกวนผสมที่ใช้ใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine แต่ก็ไม่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไปมากกว่า
- หากเปรียบเทียบเครื่องกวนผสม 2 เครื่องที่มีกำลังของมอเตอร์และมีความเร็วรอบเท่ากัน พบว่าเครื่องกวนผสมที่ใช้ **ใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil** จะมีประสิทธิภาพของใบพัดเพิ่มขึ้น (เสมือนว่ามีขนาดใหญ่ขึ้น) 60% เมื่อเทียบกับเครื่องกวนผสมที่ใช้ใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine เมื่อแรงบิดมีค่าลดลงจนทำให้ชุดเกียร์มีขนาดเล็กลง 50% จะส่งผลให้อายุการใช้งานของลูกปืนยาวนานขึ้นถึง 800%
- ด้วย**ใบพัดแบบ RTF 4 Hydrofoil** ที่ออกแบบให้เรียวบาง (Slim) บริเวณปลายใบพัด (tip) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่มีความเร็วสูงสุด และออกแบบให้กว้าง (Width) ที่บริเวณฐาน (Base) ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ความเร็วต่ำ ก่อให้เกิดการไหลของน้ำเป็นไปแบบ Uniform ทั่วตลอดทั้งแนวเส้นผ่าศูนย์กลางใบพัด
- **ใบพัดแบบ RTF4 Hydrofoil** ออกแบบให้มีการบิดมุม (Twist) มากบริเวณฐาน (Inner Hub) และบิดเป็นสัดส่วนน้อยลงจนถึงบริเวณปลายใบพัด (Tip) ในสัดส่วนที่หลีกเลี่ยงการเกิดสภาวะการไหลปั่นป่วน (Turbulence) ทุกบริเวณของใบ ก่อให้เกิดการใช้พลังงานในการกวนได้เต็มประสิทธิภาพอย่างไม่สูญเปล่า
- **ใบพัดแบบ RTF4 Hydrofoil** ออกแบบให้สันด้านหน้าซึ่งเฉือนน้ำมีมุมโค้งที่น้อย (Low Angle) ในขณะที่ออกแบบให้มีมุมโค้งเป็นหลังเต่าบริเวณสันด้านท้ายเพื่อกดคลื่นน้ำให้ดิ่งลงด้วยกำลังที่สูง (Sharply Cambered Trailing Edge to Direct Powerful Currents Downward).

CHEMPLANT™ AGITATORS

CHEMICAL PLANT & ENGINEERING PYT LTD.เป็นผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบและผลิตเครื่องกวนผสม (Agitation Equipment) โดยได้มีการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีควบคู่กันไปอย่างต่อเนื่องส่งผลให้สามารถจัดสร้างอุปกรณ์ให้ได้ตรงกับความต้องการของงาน แก้ไขปัญหางานกวนผสมต่างๆ และให้ประสิทธิผลของงานสูงสุด

เครื่องกวนผสมแต่ละเครื่องถูกออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภทเพื่อให้ได้ประโยชน์อย่างคุ้มค่าที่สุด ไม่ว่าจะนำไปใช้ให้เกิดการผสมผสานอย่างสมดุลย์ (Blending) หรือให้เกิดสภาวะของแข็งแขวนลอย (Solid Suspension) ให้มีการแพร่กระจายของก๊าซ (Gas Dispersion) หรือสภาวะร่วมกันของส่วนที่กล่าวถึง โดยมีขนาดครอบคลุมตั้งแต่ขนาดมอเตอร์ 0.18 – 150 กิโลวัตต์ และความเร็วรอบสูงถึง 3,000 รอบต่อนาที ขึ้นอยู่กับลักษณะของการใช้งาน ซึ่งมีส่วนประกอบหลักๆ ของเครื่องกวนผสมดังนี้คือ

ชุดขับเคลื่อน (Drives) - มีให้เลือกหลายรูปแบบคือ เครื่องกวนผสมขนาดใหญ่จะใช้เป็นชนิด Helical Bevel Gearbox (แบบ BHD) ส่วนเครื่องกวนผสมขนาดกลางและขนาดเล็กจะใช้ชนิด Helical Gear (แบบ VLBT) และยังมีชนิดที่ใช้สายพาน (Belt) และชนิดชุดขับเคลื่อนเป็นแบบปรับความเร็วรอบได้ (Variable Speed Drive) ไว้ให้เป็นทางเลือกด้วยหากลูกค้าต้องการ

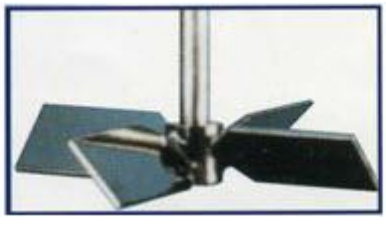
แหวนกันรั่วซึม (Sealing) - เครื่องกวนผสมของ **CHEMPLANT™** t สามารถออกแบบใช้ซีลป้องกันการรั่วซึมให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยเป็นได้ทั้งแบบ Packed Glands มีทั้งแบบ 3 วงหรือ 6 วงขึ้นอยู่กับความดันภายในถัง หรือเป็นชนิด Mechanical seal ที่เป็นแบบซีลเดี่ยว, แบบซีลคู่หรือแบบทำงานแห้ง (Dry Running) ขึ้นกับความสะดวกของลูกค้า โดยมีปัจจัยจากการสามารถหาซื้อได้ตามผู้จัดจำหน่ายทั่วไป เพื่อให้เกิดความสะดวกในการเก็บอะไหล่และบำรุงรักษา ส่วนซีลชนิดอื่นๆ เช่น ซีลกันรั่วตามขอบ (Lip Seal) และซีลที่ใช้กับระบบไฮดรอลิกหากต้องการก็สามารถผลิตให้เป็นพิเศษได้

ทางเลือกในการประกอบยึด (Mounting Option) - เครื่องกวนผสมของ **CHEMPLANT™** มีรูปแบบมีการยึดติดหลากหลายรูปแบบให้เลือก มาตรฐานในการออกแบบสำหรับถังแบบปิดมีทั้งแบบใช้ขายึด (mounting feet) หรือแบบวางบนแท่น (mounting plate) อีกทั้งสามารถจัดรูปแบบให้ตรงกับความต้องการหากเครื่องกวนผสมต้องการให้มีซีลกันรั่วระหว่างหน้าแปลนของ mounting flange กับหน้าแปลนของถังได้อีกด้วย

ใบพัด (Impellers) - มีใบพัดหลากหลายรูปแบบให้เลือกขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในการใช้งาน ใบพัดแบบ **RTF4 Hydrofoil** เหมาะสำหรับใช้เพื่อการกวนผสมให้เกิดการผสมผสนเป็นอณูเดียวกันของเหลว และให้ที่มีของแข็งเกิดการแขวนลอยที่ความหนืดต่ำ (Low Viscosity) ซึ่งเป็นตัวอย่างว่าทำไมเครื่องกวนผสม **CHEMPLANT™** จึงประหยัดค่าใช้จ่าย และเป็นผู้นำในการผลิตเครื่องกวนผสมของโลก

ใบพัดแบบ Turbine หลากหลายรูปแบบ ทั้งรูป Disk Turbine ซึ่งเป็นแบบมาตรฐานในงานอุตสาหกรรมเพื่อการแพร่กระจายของก๊าซจนถึงรูปแบบ Pitched Blade Turbine เพื่อการกวนผสมทั่วไป ส่วนแบบอื่นๆ ทั่วที่ใช้กันอยู่เช่นแบบ Helix, Anchor, Food Quality Turbine และแบบ **Hydrofoil** ก็อยู่ในไลน์การผลิตเช่นกัน

วัสดุ (Material of Construction) - ส่วนที่สัมผัสกับน้ำสามารถเลือกใช้วัสดุที่ทำจากโลหะอัลลอยด์ได้ตามความเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีวัสดุอื่นที่เป็นอโลหะ เช่น ยางและ Teflon เป็นต้นก็อยู่ในวิสัยที่จัดหาให้ได้เช่นกัน



RTF4 HYDROFOIL IMPELLER [ใบพัดอัจฉริยะ]

ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil ของ **CHEMPLANT™** เป็นเทคโนโลยีชั้นนำของโลก ไม่ว่างานที่คุณนำมาใช้จะเป็นการกวนผสมแบบธรรมดา, แบบให้เกิดสารแขวนลอย หรือแบบที่มีปฏิกิริยาซับซ้อน **ใบพัด RTF-4 Hydrofoil** สามารถที่จะช่วยคุณประหยัดพลังงาน ให้แรงบิดต่ำทำให้ช่วยคุณลดต้นทุนในการใช้จ่ายเรื่องเครื่องกวนผสมได้

ทำอย่างไรและทำไมถึงใช้งานได้ดี *[HOW....AND WHY.....IT WORKS BETTER]*

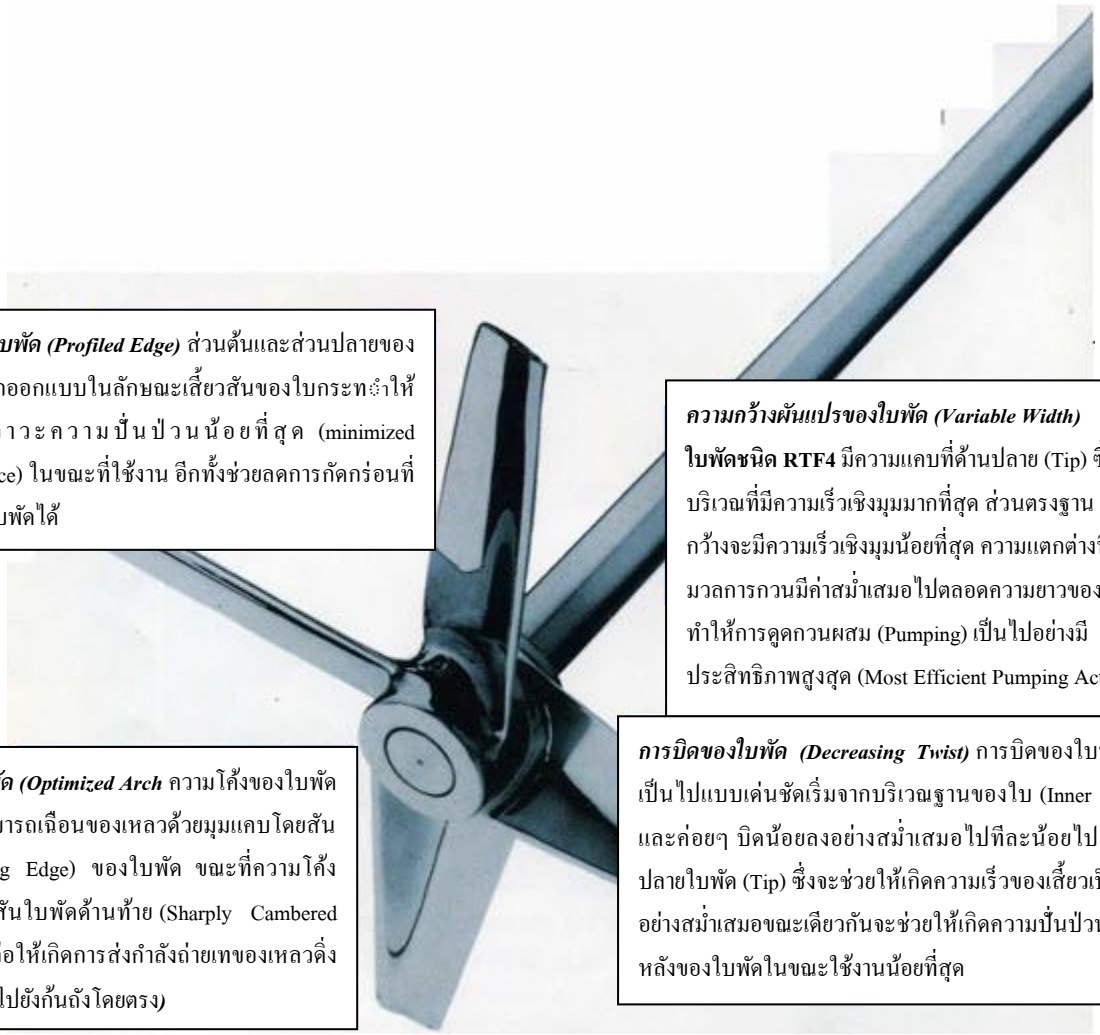
ด้วยหลักการกวนผสมของเหลวโดยทั่วไป ซึ่งต้องการควบคุมรูปแบบของการเคลื่อนตัวของของเหลวให้อยู่ในสภาวะสม่ำเสมอให้คงที่ ทำให้ทุกอณูของของเหลวมีการเคลื่อนตัวทั่วถึงทั้งถัง หนทางที่ดีที่สุดที่จะทำให้เกิดพฤติกรรมการหมุนวนของของเหลวดังกล่าว ก็คือใช้ใบพัดชนิดหมุนรอบแกน (Axial Flow Impeller) ซึ่งส่งกำลังนำพาของเหลวส่งตรงไปยังบริเวณก้นถัง

ใบพัดแบบ Pitched Blade Turbine เป็นชนิดที่นิยมใช้กันทั่วๆ ไปในการกวนผสม อย่างไรก็ตามการแพร่กระจายของการกวนนั้นอาจทำมุม 45° ทำให้พื้นที่บางส่วนใต้เพลามีความเร็วต่ำ การกวนผสมจึงเป็นไปอย่างไม่ทั่วถึงและของแข็งสามารถตกตะกอนได้ ใบพัด **CHEMPLANT™** RTF4 Hydrofoil ถูกออกแบบให้มีการกวนในรูปแบบ Axial Flow แต่มีความเร็วโปรไฟล์เป็นไปอย่างสม่ำเสมอทั่วถึงตลอดความยาวใบพัด พฤติกรรมดังกล่าวจะช่วยหลีกเลี่ยงการเกิดพื้นที่ที่มีความเร็วในการกวนต่ำให้มีน้อยที่สุด แต่การกวนผสมเป็นไปอย่างรวดเร็วและทั่วถึงตลอดทั้งถัง ในเวลาเดียวกัน **RTF4** ถูกออกแบบให้สิ้นเปลืองพลังงานในการกวนผสมน้อยที่สุด ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ถึงมาก 60%

ประโยชน์สูงสุดของ**ใบพัดแบบ RTF4 Hydrofoil** คือต้องการค่าแรงบิดต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณการเคลื่อนตัวของของเหลวเท่ากัน ทำให้ชุดขับเคลื่อน / ขนาดของเพลามีขนาดลดลงและให้ค่า service factor ที่สูงขึ้น เหตุผลเหล่านี้ทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของเครื่องกวนรวมถึงความต้องการในการเปลี่ยนอะไหล่ของอุปกรณ์ก็จะลดลง ด้วยการที่**ใบพัดชนิด RTF4** ต้องการค่าแรงบิดต่ำที่สุดทำให้ช่วยให้เกิดการลงทุนที่คุ้มค่าและช่วยลดต้นทุนในการใช้งานได้อย่างมาก

การออกแบบ 4 ประการหลักที่ทำให้ใบพัดกวนผสม RTF 4 HYDROFOIL มีคุณภาพดีกว่า

[FOUR EXCELLENT BETTER WAYS .....BY DESIGN]



สันของใบพัด (Profiled Edge) ส่วนต้นและส่วนปลายของใบพัดถูกออกแบบในลักษณะเสี้ยวสันของใบกระทำให้เกิดสภาวะความปั่นป่วนน้อยที่สุด (minimized turbulence) ในขณะที่ใช้งาน อีกทั้งช่วยลดการกัดกร่อนที่เกิดต่อใบพัดได้

ความกว้างผันแปรของใบพัด (Variable Width)
ใบพัดชนิด RTF4 มีความแคบที่ด้านปลาย (Tip) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเร็วเชิงมุมมากที่สุด ส่วนตรงฐาน (Base) ที่กว้างจะมีความเร็วเชิงมุมน้อยที่สุด ความแตกต่างนี้ส่งผลให้มวลการกวนมีค่าสม่ำเสมอไปตลอดความยาวของใบพัด ซึ่งทำให้การดูดกวนผสม (Pumping) เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (Most Efficient Pumping Action)

ความโค้งของใบพัด (Optimized Arch ความโค้งของใบพัดถูกคำนวณให้สามารถเฉือนของเหลวด้วยมุมแคบโดยสันด้านหน้า (Leading Edge) ของใบพัด ขณะที่ความโค้งเป็นหลังเต่าของสันใบพัดด้านท้าย (Sharply Cambered Trailing Edge) ก่อให้เกิดการส่งกำลังถ่ายเทของเหลวดิ่งลง (downwards) ไปยังก้นถังโดยตรง***)***

การบิดของใบพัด (Decreasing Twist) การบิดของใบพัดจะเป็นไปแบบเด่นชัดเริ่มจากบริเวณฐานของใบ (Inner Hub) และค่อยๆ บิดน้อยลงอย่างสม่ำเสมอไปทีละน้อยไปจนถึงปลายใบพัด (Tip) ซึ่งจะช่วยให้เกิดความเร็วของเสี้ยวเป็นไปอย่างสม่ำเสมอขณะเดียวกันจะช่วยให้เกิดความปั่นป่วนส่วนหลังของใบพัดในขณะใช้งานน้อยที่สุด

--*-*-*- *สามารถจำแนกเครื่องกวนผสม* **CHEMPLANT™** *ออกเป็น 4 ประเภทหลักได้ดังนี้* *-*-*-*-*-

◙ เครื่องกวนผสมรุ่น BHD [BHD SERIES AGITATORS]

เครื่องกวนผสม **CHEMPLANT™ รุ่น BHD** เพื่อการใช้ในงานกวนผสมขนาดใหญ่ (Larger Application) ที่ต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนสูง หรือต้องการชุดขับเคลื่อนชนิดสมบุกสมบัน ซึ่งเกียร์ทดรอบแบบธรรมดาซึ่งวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปมีความไม่เหมาะสมต่อการใช้งานต่อกรณีที่มีสภาวะโมเมนต์บิดสูงและในสภาวะมีแรงแขวน (Thrust Load) สำหรับการออกแบบซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงการเกิดการรั่วไหลของสารหล่อลื่นเข้าไปในอุปกรณ์เครื่องกวนผสมรุ่น BHD เหมาะอย่างยิ่งต่อการใช้งาน

เครื่องกวนผสมรุ่น BHD ถูกออกแบบมาโดยเฉพาะให้เป็นเครื่องกวนผสมที่ทำงานภายใต้สภาวะที่มีโมเมนต์บิดสูง โดยมีลักษณะพิเศษ ดังนี้คือ

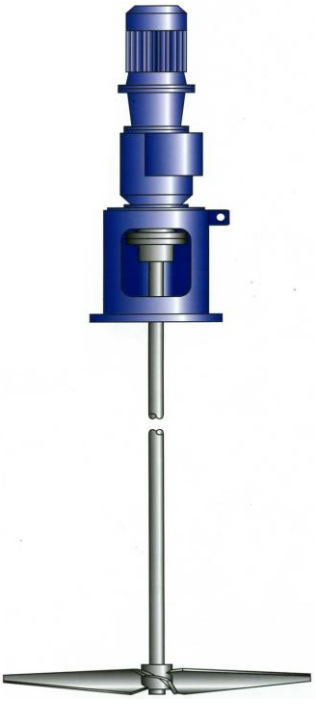
- เพลาหมุนมีขนาดใหญ่ กำลังที่ปลายเพลามีค่าสูง เพื่อให้เหมาะกับค่าโมเมนต์บิดที่สูง
- ยืดอายุการใช้งานของลูกปืนที่ยาวนานขึ้น ออกแบบอย่างน้อย 30,000 ชั่วโมงตามมาตรฐาน L-10 ที่ค่า Service Factor = 1.5 ในขณะที่โหลดใช้งานมีแรงแขวนสูงและมีโมเมนต์สูง
- ออกแบบไม่ให้มีการรั่วซึม ฐานอ่างของชุดขับเป็นลักษณะชามอ่างแห้ง (Dry – Well Design) [อุปกรณ์เผื่อเลือก] โดยการแยกบ่อเก็บน้ำมันจากปลายเพลา เพื่อที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำมันเกียร์
- วัสดุที่ใช้หุ้มถูกออกแบบให้สามารถต้านทานความเค้นของเครื่องกวนผสมในขณะที่รักษาศูนย์ของเกียร์ (Alignment) ไม่ให้เขยื้อนได้
- ใช้เกียร์ลูกผสมระหว่างแบบ Helical และแบบ Spiral – Bevel สามารถใช้งานได้โดยปราศจากเสียงรบกวนและมีประสิทธิภาพสูง

◙ เครื่องกวนผสมรุ่น VLBT [VLBT SERIES AGITATORS]

เครื่องกวนผสม **CHEMPLANT™ รุ่น VLBT** เหมาะสำหรับการใช้ในงานขนาดกลาง (Medium Sized Application) เกียร์ทดรอบซึ่งวางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปจะถูกนำมาใช้ร่วมกับฐานเพื่อรองรับชนิดเพื่อการใช้งานหนัก (Heavy Duty Pedestal) และเสริมด้วยลูกปืนรองรับ (Bearing) เพื่อป้องกันโมเมนต์บิดส่วนเกินที่ทำให้ฟันของเกียร์เกิดการชำรุดได้ สำหรับการใช้งานของการกวนผสมระดับกลางซึ่งความยืดหยุ่นของเครื่องกวนผสม และชุดขับเคลื่อนเป็นเรื่องที่สำคัญ เครื่องกวนผสมรุ่น VLBT เหมาะสมที่สุดต่อการเลือกใช้

วิธีการออกแบบชุดเกียร์ / เพลาและลูกปืนนั้นได้รับการออกแบบให้มีอายุการใช้งานนานที่สุด สึกหรอน้อยที่สุด ชนิดของเกียร์สามารถเลือกใช้ได้หลากหลายรูปแบบตามความเหมาะสมกับการใช้งาน

รุ่น VLBT มีความหลากหลายและมีลักษณะเฉพาะที่เชื่อถือได้ โดยมีลักษณะพิเศษดังนี้



- ฐานรองรับชนิดทนทานงานหนักและลูกปืนรองรับ (Heavy Duty Support Pedestal and Bearing) ออกแบบเพื่อการรองรับโมเมนต์บิดที่มีค่าสูง
- ซีลป้องกันการรั่ว (Lip Seal) ถูกออกแบบให้ป้องกันอุปกรณ์จากการปนเปื้อนหรือสเปรย์มาจากด้านนอกได้
- เลือกใช้ชุดเกียร์ทดรอบซึ่งมีค่า Service Factors สูง (High Gearbox Service Factor) อย่างน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 1.5 ในทางปฏิบัติหากนำมาใช้ร่วมกับใบพัดชนิด **RTF4 Hydrofoil** ซึ่งมีประสิทธิภาพของแรงบิดจะให้ค่าปลอดภัย Service Factor มีค่าสูงขึ้น
- ออกแบบฐานรองรับตามความเหมาะสมของงาน (Custom Pedestal Designs) สำหรับกรณีเฉพาะ เช่น เพื่อการจัดวางบนแท่นฐานเดิม หรือเป็นชนิดประเภททนทานต่อการกัดกร่อนได้ดี
- สามารถเลือกใช้เกียร์ทดรอบชนิดที่วางจำหน่ายในท้องตลาดทั่วไปตามความต้องการได้ (Commercial Available Gear Reducers) ซึ่งทำให้ง่ายต่อการยืดหยุ่นในการออกแบบ เลือกความเร็วรอบใช้งานและการจัดหาอะไหล่ในอนาคต
- ใช้เกียร์ทดรอบแบบเฟืองเฉียง (Helical Gearing) ซึ่งปราศจากเสียงรบกวนและมีประสิทธิภาพสูง

◙ เครื่องกวนผสมแบบพกพา รุ่น PA และ PG [PORTABLE AGITATOR SERIES]

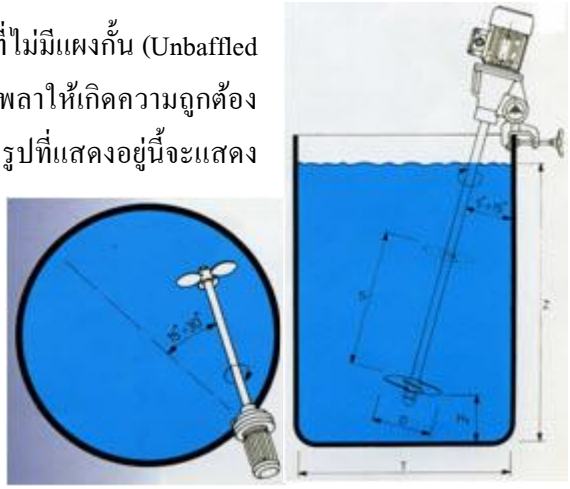
เครื่องกวนผสมของ **CHEMPLANT™ รุ่น PA และ PG** เป็นเครื่องกวนผสมสำหรับหน่วยผสมขนาดเล็ก (Small Application) ที่มีอุปกรณ์เสริมเพื่อช่วยในการจับยึดกับขอบถัง รุ่น PA มีขนาดมอเตอร์ตั้งแต่ 0.25 – 2.2 กิโลวัตต์เป็นชนิดใช้มอเตอร์แบบต่อตรง 4 ขั้ว ให้ความเร็วประมาณ 1,500 รอบต่อนาที ส่วนรุ่น PG มีขนาดใหญ่ขึ้นและใช้ร่วมกับชุดเกียร์แบบเฟืองเฉียง (Helical Gearbox) มีขนาดของมอเตอร์ตั้งแต่ 0.37 – 1.5 กิโลวัตต์ ที่ความเร็วประมาณ 400 รอบต่อนาที

ทั้ง 2 รุ่นจะมีเสื้อหุ้ม (Extended Housing) ยื่นต่อจากชุดขับเคลื่อน โดยประกอบภายในด้วยลูกปืนซึ่งมีหน้าที่ป้องกันโมเมนต์บิด (Bending Moment) ไม่ให้ย้อนกลับมาที่ชุดเกียร์ทดรอบหรือมอเตอร์ เสื้อหุ้มยังหุ้มไปถึงซีลของเพลา (Shaft Seal) เพื่อป้องกันไม่ให้มีสิ่งแปลกปลอมปนเปื้อนเข้าไป และยังมีแคล้มรัด (Integral Clamp) และตลับลูกบอล (Ball Socket System) เพื่อให้สะดวกในการยึดติดเครื่องกวนผสมเข้ากับถังกวน

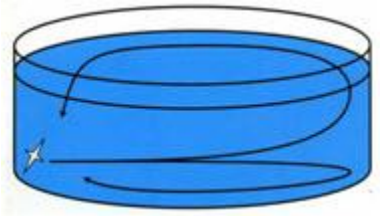
ทั้งรุ่น PA และ PG สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้สำหรับงานที่ต้องการเครื่องกวนผสมขนาดเล็ก (Small Application) ซึ่งมีอุปกรณ์มาตรฐานดังนี้

- เสื้อหุ้มต่อยื่น (Extended Housing) ผลิตจากอลูมิเนียมหล่อกับลูกปืนแบบเดี่ยวหรือแบบคู่
- ซีลที่ปลายเสื้อหุ้ม (Lip Seal) สำหรับป้องกันฝุ่นและสิ่งแปลกปลอมปนเปื้อน
- แคล้มรัด (Integral Clamp) ช่วยในการติดตั้งเครื่องกวนผสมเข้ากับถังกวนให้ง่ายและรวดเร็ว
- ตลับลูกบอล (Ball Socket) ช่วยในการปรับมุมของแกนเพลาให้เหมาะสมตามต้องการ

<u>รูปแบบการจับยึดเพื่อการติดตั้งสำหรับรุ่น PA และ PG</u>

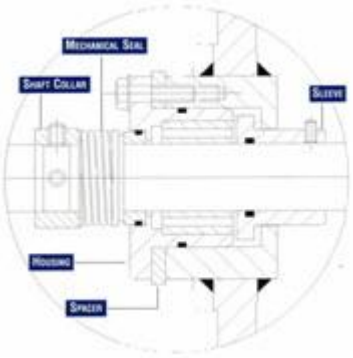


เมื่อทำการติดตั้งเครื่องกวนผสมรุ่น PA และ PG ในถังที่ไม่มีแผงกั้น (Unbaffled Tank) ควรให้ความระมัดระวังในการปรับมุมเอียงของแกนเพลาให้เกิดความถูกต้องเพื่อบรรลุผลให้ของเหลวที่จะผสมเกิดการกวนผสมได้ดีที่สุด รูปที่แสดงอยู่นี้จะแสดงถึงรูปแบบการติดตั้งเครื่องกวนผสมในถังที่ไม่มีแผงกั้นที่ขอบถังอย่างถูกวิธี



▣เครื่องกวนผสมแบบติดตั้งด้านข้าง
[SIDE - ENTRY AGITATORS]

เครื่องกวนผสม **CHEMPLANT™ แบบ Side-Entry** ใช้กับงานถังขนาดใหญ่หรือไม่สามารถติดตั้งเครื่องกวนผสมแบบ Top Entry ได้ เทคโนโลยีของ**ใบพัดชนิด RTF 4** ถูกนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์สูงสุด เพื่อให้เกิดการกวนผสมได้ดีโดยที่เสียค่าใช้จ่ายต่ำ



เครื่องกวนผสมแบบ Side-Entry มีความเชื่อมโยงกับใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil ถูกออกแบบให้เกิดการพุ่งของของเหลวที่ความเร็วสูงออกจากใบพัด (High Velocity Jet of Fluid From the Impeller) ซึ่งเดินทางขวางกับการไหลเข้าของของเหลวจนกระทั่งสามารถแผ่ไปถึงผนังด้านไกลของถังกวนผสมและไหลเวียนกลับมายังใบพัด การเคลื่อนที่เป็นก้อนใหญ่ภายในถังเป็นการเคลื่อนที่โดยการทำมุมของเครื่องกวนผสม เพื่อให้ของเหลวถูกกวนรอบๆ ถังและหมุนวนกลับเข้ามาเจอกับตำแหน่งที่มีของเหลวพุ่ง

หลากทางเลือกของเกียร์ทดรอบ (Choice of Speed Reducer)

CHEMPLANT™ Side – Entry Agitator มีรูปแบบเกียร์ทดรอบนำเสนอให้เลือกอย่างหลากหลายทั้งแบบ In-Line Helical, แบบ Right – Angle Helical – Bevel และแบบ Belt Drivesปรับรอบโดยใช้สายพาน ทั้งนี้จะเลือกใช้แบบไหนเพื่อให้เหมาะสมที่สุดขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้

ซีลทางกลประกอบอยู่ในเบ้าเดียวกัน (Cartridge Mechanical Seal)

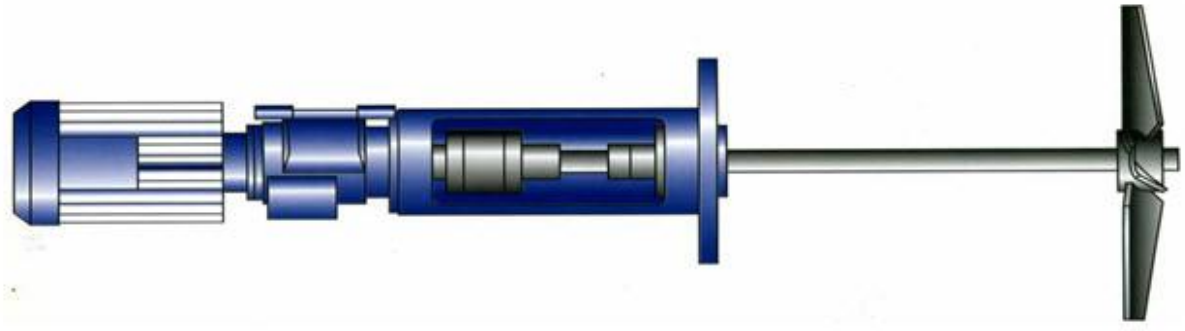
เครื่องกวนผสมของ **CHEMPLANT™** แบบ Side – Entry มีลักษณะเรียบง่ายและมีซีลกันรั่วแบบมีปลอกเป็นมาตรฐาน ซึ่งสามารถถอดเปลี่ยนอะไหล่ที่หน้างานได้อย่างสะดวกรวดเร็ว

ซีลกันรั่วที่เพลาและกลไกในการล็อค (Shaft Sealing and Locking Mechanism)

ลักษณะที่สำคัญของเครื่องกวนผสมแบบ Side-Entry คือซีลกันรั่วสามารถทำการซ่อมบำรุงได้ในขณะที่มีของเหลวอยู่เต็มถัง โดยการถอดเปลี่ยนและล็อคกลับคืนได้โดยง่ายดาย

เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ แบบ Side-Entry

สามารถนำไปใช้กับการกวนผสมในงานขนาดใหญ่ (Large Application) ได้อย่างคุ้มค่า รวมถึงลักษณะเด่นที่ง่ายในการบำรุงรักษา จากการใช้เครื่องกวนผสมที่มี**ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงไม่เพียงแต่ได้ประโยชน์จากการประหยัดค่าพลังงานขับเคลื่อนเท่านั้น หากแต่ยังสามารถลดขนาดของชุดเกียร์ทดรอบได้ประโยชน์สูงสุด ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงต่อระบบการกวน



Chemical Plant & Engineering เป็นผู้จัดหาอุปกรณ์เครื่องกวนผสมที่ก่อตั้งมาตั้งแต่ปี 1953 จากประสบการณ์อันยาวนานสามารถนำมาซึ่งอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ อุปกรณ์กวนผสมหลากรูปแบบของ **CHEMPLANT™** สามารถจัดหาและใช้งานได้ในทุกรูปแบบของการกวนผสมของของเหลวแยกเป็นไปตามความเหมาะสมดังนี้

- **การกวนของเหลวที่มีความหนืดต่ำ** ***(กรณีใช้งานหนัก)*** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ รุ่น BHD หรือ VLBT ร่วมกับใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil หรือชนิด Turbine
- **การกวนของเหลวที่มีความหนืดต่ำ** *(กรณีใช้งานเบาบางกว่า)* - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ รุ่น PA หรือ PG ร่วมกับใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil หรือชนิด Propeller
- **การกวนของเหลวความหนืดสูง** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ รุ่น BHD หรือ VLBT ร่วมกับใบพัดชนิด Turbine, Anchor หรือชนิด Helix Impeller
- **การกวนให้เกิดของแข็งแขวนลอย** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ รุ่น BHD หรือ VLBT ร่วมกับใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil
- **เพื่อการแพร่กระจายของก๊าซ** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ รุ่น BHD หรือ VLBT ร่วมกับใบพัดชนิด Turbine
- **เพื่อการใช้งานสำหรับถังกวนผสมขนาดใหญ่** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ แบบ Side–Entry ร่วมกับใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil
- **เพื่อการใช้งานสำหรับกวนผสมในเส้นท่อ** - ควรใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ แบบ Static Mixer
- **เพื่อการกวนผสมที่มีค่าแรงเฉือนสูง** - เลือกใช้เครื่องกวนผสม CHEMPLANT™ แบบ Rotosolver

รายละเอียดทางเทคนิค [TECHNICAL CLARIFICATION]

ใบพัดชนิด RTF4 HYDROFOIL ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงของ CHEMPLANT

ใบพัดของเครื่องกวนผสม **CHEMPLANT™** ชนิด **RTF 4 Hydrofoil** ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อให้สิ้นเปลืองพลังงานแต่น้อย (Reduce Power Consumption) ในขณะที่เกิดอัตราการกวนผสมมากที่สุด (Maximizing Flow) และเกิดการปั่นป่วนหรือเกิดแรงเฉือนน้อยที่สุด (Minimizing Turbulence or Shear) ความปั่นป่วนที่ใบพัดนั้นไม่เกิดการกวนผสมที่ดีแต่ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยสูญเปล่า โดย**ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** จะมีการถ่ายเทพลังงานที่เหมาะสม และไปตามแนวแกนของใบพัดโดยไม่ทำให้เกิดการปั่นป่วน

โดยส่วนใหญ่แล้ว การกวนผสมระหว่างของเหลว (Liquid –Liquid Blending) และกับการให้เกิดสารแขวนลอย (Solid Suspension) ต้องควบคุมการผสมให้เป็นรูปแบบเดียวกัน (Uniform Flow Pattern) ทั่วถึงกันตลอดกันทั้งถังกวน **ใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil** ได้ถูกวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดคลื่นการกวนไหลในแนวแกน (Strong Axial Currents) ตามรูปร่างของถังพุ่งไปยังมุมขอบถังให้ลดการใช้พลังงานลงมากถึง 50% และคาดว่าจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ถึง 70% เมื่อเทียบกับใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine ที่ใช้กันอยู่ทั่วๆ ไป ซึ่งกระจายน้ำในแนว 45 องศาหรือมากกว่าก่อให้เกิดการแตกกระจัดกระจายของทิศทางการกวนทำให้ประสิทธิภาพผลการกวนด้อยลง

ใบพัดชนิด RTF 4 Hydrofoil มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง เนื่องจากเหตุผล 3 ประการหลัก ดังนี้

1) ความกว้างของใบพัดที่เพิ่มขึ้น [Increasing Width]

ใบพัดชนิด RTF 4 มีลักษณะเรียวบางที่ปลายใบพัด ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเร็วสูงที่สุด และมีส่วนฐานที่กว้างกว่าซึ่งเป็นบริเวณที่มีความเร็วน้อยที่สุด ส่งผลให้เกิดการไหลในรูปแบบเดียวกัน (Uniform Flow) ตลอดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัด

2) การบิดของใบพัด [The Twist]

การบิดของ**ใบพัดชนิด RTF 4** จะค่อยๆ บิดอย่างสม่ำเสมอ จากส่วนที่อยู่ในสุด (Inner Hub) ไปยังปลายใบพัด (Tip) โดยการบิดของใบพัดนี้ต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้องที่สุด เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดความปั่นป่วนขึ้นที่ทุกๆ จุดของใบพัด

3) ความโค้งของใบพัด [The Arch]

กุญแจสำคัญที่ทำให้เกิดอัตราการกวนผสมสูงที่สุด (High Pumping Rate) คือความโค้งหรือรัศมีของใบพัด ซึ่งมีรูปร่างทางเรขาคณิตที่ทำให้เกิดมุมปะทะที่ขอบด้านหน้าของใบพัดน้อยที่สุด และให้ขอบด้านท้ายของใบพัดมีสัดส่วนโค้งมากขึ้นให้สามารถส่งกำลังไปยังก้นถังได้โดยตรง (Powerful Currents Downward)

<u>การหาขนาดของเครื่องกวนผสม [Agitator Sizing]</u>

ใบพัดของเครื่องกวนผสมจะถูกกำหนดโดยค่า Power Number (Np) และค่า Primary Pumping Number (N_Q) ความสัมพันธ์ระหว่างทั้ง 2 ค่านี้ จะเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพของใบพัด โดยทั้ง 2 ค่านี้จะเป็นค่าที่คงที่ เพราะฉะนั้นการหาขนาดของเครื่องกวนผสมจะอยู่ในรูปของค่าความต้องการแรงบิด (Torque) ที่จะทำให้เกิดการดูดกวนน้ำ (Pumping Capacity)

เพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบเครื่องกวนผสมหลายๆ ชุด จำเป็นจะต้องเริ่มจากตัวอย่างพื้นฐานในการออกแบบเครื่องกวนผสม ดังนี้

$$HP = \frac{Np \times N^3 \times D^5 \times SG \times f\mu}{6.12 \times 10^7}$$

$$T = \frac{63{,}025 \times Hp}{RPM}$$

$$Q = N_Q \times N \times D^3 \times 7.48 \times f\mu$$

โดย

Np	=	Power Number
N_Q	=	Pumping Number
Q	=	Primary Pumping Capacity , gpm
N	=	Shaft Speed , rpm
D	=	Impeller Diameter , ft
T	=	Torque, lb-inch
SG	=	Specific Gravity
HP	=	Horsepower
fμ	=	Viscosity Factor

จากสูตรข้างต้น ; ค่า Pumping Capacity และค่าแรงบิด Torque ที่ต้องการจะสามารถนำมาใช้ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่องกวนผสมแต่ละประเภทได้

ข้อมูลเปรียบเทียบประสิทธิภาพของใบพัด [Impeller Efficiency Comparison Table]

Manufacturer / Type	Power Number	Pumping Number
CHEMPLANT – RTF4 HYDROFOIL	0.15	0.50
Lightnin A310 Hydrofoil	0.30	0.56
Metquip Hydrofoil	0.34	0.50
Warman AF Hydrofoil	0.37	0.58
Philadelphia Hydrofoil	0.40	0.50
Prochem Maxflo Hydrofoil	0.55	0.55
Denver Equipment MIL Hydrofoil	0.40	0.50
45° Pitch Turbine 4 Blades , W/D = 1/5	1.37	0.68
90° Pitch Turbine 4 Blades , W/D = 1/6	3.50	0.74
Rushton 6 Blades Disc	5.00	0.82

การสิ้นเปลืองพลังงาน [Power Consumption]

ในช่วงทศวรรษหน้าคาดว่าโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอัตราการใช้กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก บางแห่งสูงถึง 150% ทั้งๆ ที่ความจริงแล้วการสิ้นเปลืองพลังงานโดยทั่วๆ ไปจะลดลงแต่ค่าใช้จ่ายพื้นฐานเกี่ยวกับพลังงานนั้นมีค่าเพิ่มขึ้น เช่นตัวอย่างมีการลดลงของการสิ้นเปลืองในการใช้พลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมลดลง 14% ในระหว่างปี 1979 – ปี 1982 อย่างไรก็ตามโรงงานเหล่านั้นหมดเงินไปกับเรื่องพลังงานมากกว่า 37% เครื่องกวนผสมก็มีส่วนทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานภายในโรงงาน **ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** สามารถใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการประหยัดพลังงานได้โดยเปลี่ยนเข้าไปแทนที่ของใบพัดที่ใช้อยู่เดิม ในความเป็นจริงถ้าใช้ในสภาวะเดียวกัน **ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** ใช้พลังงานเพียงแค่ 50% - 30% ของใบพัดแบบอื่น การสิ้นเปลืองพลังงานที่ลดลงหมายถึงต้นทุนที่มีประสิทธิภาพและในที่สุดก็หมายถึงผลกำไรทางธุรกิจ ใบพัดชนิด RTF4 มีประสิทธิภาพซึ่งสามารถทำให้เกิดการเดินระบบเป็นไปอย่างราบรื่น โดยที่การเพิ่มจำนวนเครื่องกวนผสมในกระบวนการผลิตเพื่อเพิ่มผลผลิตแต่ในขณะที่อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานยังคงลดลงอย่างเห็นได้ชัด ข้อดีคือใช้จำนวนเครื่องกวนผสมได้มากขึ้น หรือใช้พลังงานที่ลดลง หรือได้ประโยชน์ทั้งคู่ร่วมกัน

ตารางที่ 1 - เปรียบเทียบพลังงานที่ลดลง

45 Pitch Turbine Hp	RTF4 Hydrofoil Hp	Annual Baht Savings At Baht 2.50 / kwh
5	1.5	76,650.00
10	3	153,300.00
15	5	219,000.00
25	7.5	383,250.00
30	10	438,000.00
50	15	766,500.00
75	20	1,204,500.00

⇒ *การเลือกใช้ใบพัดประสิทธิภาพสูงจะส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองต้นทุนในด้านพลังงานลดลง*

ค่าแรงบิดที่ต่ำ [Low Torque]

อายุของชุดเกียร์ทดรอบและเพลาของเครื่องกวนผสมจะขึ้นอยู่กับค่าของแรงบิดซึ่งกระทำโดยใบพัด หากค่าของแรงบิดลดลงจะทำให้อายุการใช้งานของลูกปืนจะเพิ่มขึ้น เช่น หากลดค่าแรงบิดซึ่งกระทำต่อชุดเกียร์ทดรอบลง 50% จะส่งผลให้อายุการใช้งานของลูกปืนเพิ่มขึ้นถึง 800% จากการที่ใบพัดชนิด **RTF4 Hydrofoil** ช่วยในการลดกำลังความต้องการพลังงานลงทำให้ช่วยยืดอายุการใช้งานของชุดเกียร์ได้ยาวนานขึ้น โดยที่หากนำ**ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** มาใช้ทดแทนใบพัดแบบ 45° Pitch Turbine โดยให้งานการผสมที่เท่ากันหรือแม้การกวนผสมที่มากกว่า ค่าแรงแรงบิดของชุดเกียร์จะลดลงมากถึง 70%

ตารางที่ 2 - ค่าแรงบิดที่ต่ำ

45 Pitch Turbine Torque (in – lbf)	RTF4 Hydrofoil Torque (in – lbf)	Increased Gearbox Service Factor
3,151	945	333%
6,302	1,891	333%
9,454	3,151	300%
15,756	4,727	333%
18,907	6,302	300%
31,513	9,454	333%
47,269	12,605	375%

ใบพัดประสิทธิภาพสูงส่งผลให้เกิดค่าแรงบิดต่ำ ซึ่งจะช่วยยืดอายุการใช้งานของชุดเกียร์ได้ยาวนานขึ้น

อัตราการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น [Increased Agitation]

การดูดกวนของใบพัด (Impeller Pump) และอัตราการกวนผสม (Pumping Capacity) เกี่ยวข้องโดยตรงกับประสิทธิภาพและเวลาที่ใช้ในการกวนผสมของของเหลวในถัง การกวนผสมที่ใช้เวลานานหมายถึงการผลิตที่ช้า ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีราคาแพง **ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** ให้อัตราการกวนผสมเป็น 2.5 เท่าของใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine แบบทั่วๆ ไป แต่ใช้พลังงานเท่ากัน หมายความว่าวิธีง่ายๆ ที่จะทำให้เครื่องกวนมีประสิทธิผลมากกว่าเดิมเป็น 250% คือการแทนที่ใบพัดแบบเดิมด้วยแบบ **RTF4 Hydrofoil** นั่นเอง เนื่องจากมีค่า Power Number (N_p) ต่ำมากๆ ซึ่งค่า N_P มีความสัมพันธ์กับค่า Pumping Number (N_Q) โดยค่า Power Number (N_p) ที่มีค่าต่ำเสมือนว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของใบพัดจะเพิ่มขึ้น 60% เมื่อเทียบกับขนาดแรงม้าและความเร็วรอบที่เท่ากัน โดยที่อัตราการกวนผสม (Pumping Capacity) เป็นสัดส่วนกันกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่งผลทำให้อัตราการกวนของใบพัดเพิ่มขึ้นอย่างทวีคูณด้วย

ตารางที่ 3 - อัตราการกวนผสมที่เพิ่มขึ้น

Present Mixer Hp	Present 45° Pitch Turbine Pumping Rate (m^3/Min)	RTF4 Replacement Pumping Rate (m^3/Min)	RTF4 Increase in Agitation (%)
5	47.4	115.2	243%
10	79.4	176.9	223%
15	92.5	235.5	254%
25	140.7	332.0	236%
30	159.9	359.6	225%
50	203.3	485.5	239%
75	253.9	597.2	235%

หากให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเท่ากันระหว่างใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine แบบมาตรฐาน กับชนิด **RTF4 Hydrofoil** ที่ความเร็วรอบเท่ากัน เสมือนว่า**ใบพัดชนิด RTF4 Hydrofoil** มีขนาดใหญ่กว่ามาก ทำให้อัตราการกวนผสมเพิ่มขึ้น 250% โดยประมาณ

ตารางที่ 4 - ข้อเปรียบเทียบประสิทธิผลของใบพัดรูปแบบต่างๆ

Impeller Type	Effect Due To Proximity	Effect Due To Viscosity	Shear Capability	Flow Capability
Radial	Very low	Very low	High	Low
Axial, 45°	Low	Low	Moderate	Moderate
Axial, 30°	Moderate	Moderate	Low	High
Propeller	High	High	Low	High
RTF 4 Hydrofoil	Highest	Highest	Very low	Highest

บทสรุป [Summation]

ใบพัด **CHEMPLANT™** RTF4 HYDROFOIL ใช้เป็นประโยชน์ได้อย่างมากในการติดตั้งกับถังกวนผสม โดยก่อผลกระทบน้อยมาก เนื่องจากการวางตำแหน่งใกล้กัน (Proximity) ความหนืด (Viscosity) และแรงเฉือน (Shear) ถึงแม้ว่าอาจจะเป็นไปได้ในหลายๆ กรณีที่ใบพัดชนิด Axial และ ชนิด **Hydrofoil** ให้อัตราการกวนผสมเท่ากัน แต่ค่าแรงบิด (Torque) ที่เกิดจากใบพัดชนิด 45° Pitch Turbine จะสูงกว่า ยังมีรูปแบบการกวนที่เกี่ยวข้องอีกเรื่องหนึ่งที่สำคัญมากกว่าองค์ประกอบทางด้านรัศมี คือตำแหน่งของใบพัดจะอยู่ใกล้ๆ กับบริเวณก้นถัง แต่ใบพัดชนิด **Hydrofoil** สามารถจะติดตั้งได้สูงกว่า ซึ่งเครื่องกวนผสมชนิด High Technology นี้ สามารถก่อให้เกิดการลดขนาดของชุดเกียร์, ซีลกันรั่วและเพลา ซึ่งจะทำให้ต้นทุนการจัดการลดลงอย่างมาก

ผู้นำด้านเทคโนโลยี

CHEMICAL PLANT & ENGINEERING PTY. LTD. ประเทศออสเตรเลีย
เป็นผู้ค้นคว้าและเป็นผู้ผลิตเครื่องกวนผสม ตั้งแต่ปี คศ. 1953 เป็นต้นมา

ผู้แทนจำหน่ายแต่ผู้เดียวในประเทศไทย

ENVITRADE ENGINEERING COMPANY LIMITED

บริษัท เอ็นวิเทรด เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

396 ซอยลาดพร้าว 94 ถนนลาดพร้าว แขวงพลับพลา เขตวังทองหลาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ : 0-2934-7391-3

โทรสาร : 0-2934-7394

E-mail : sales@envitrade.co.th

Webpage : www.envitrade.co.th