Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co.





+905011773380

info@Ptsprocess.com

Ptsprocess.com

فهرس المحتويات

مقدمة الخلاطات	١
تصميم الخلاطات	٩
نظام ضبط الجودة	١٧
خلاطات سلسلة FRM	٢٣
خلاطات سلسلة SRM	٢٩
خلاطات سلسلة MSRM	٣٤
خلاطات سلسلة PSRM	٤٠
نظام التنديف بالريش	٤٧
الخلاطات ذات الإدخال الجانبي Side Entry Mixers	٥١
الخلاطات الساكنة وتطبيقاتها	٦٤
الخلاطات الساكنة الحلزونية	٦٦
الخلاطات ذات العناصر المتقاطعة	٧٤

أهمية الخلاطات في الصناعات



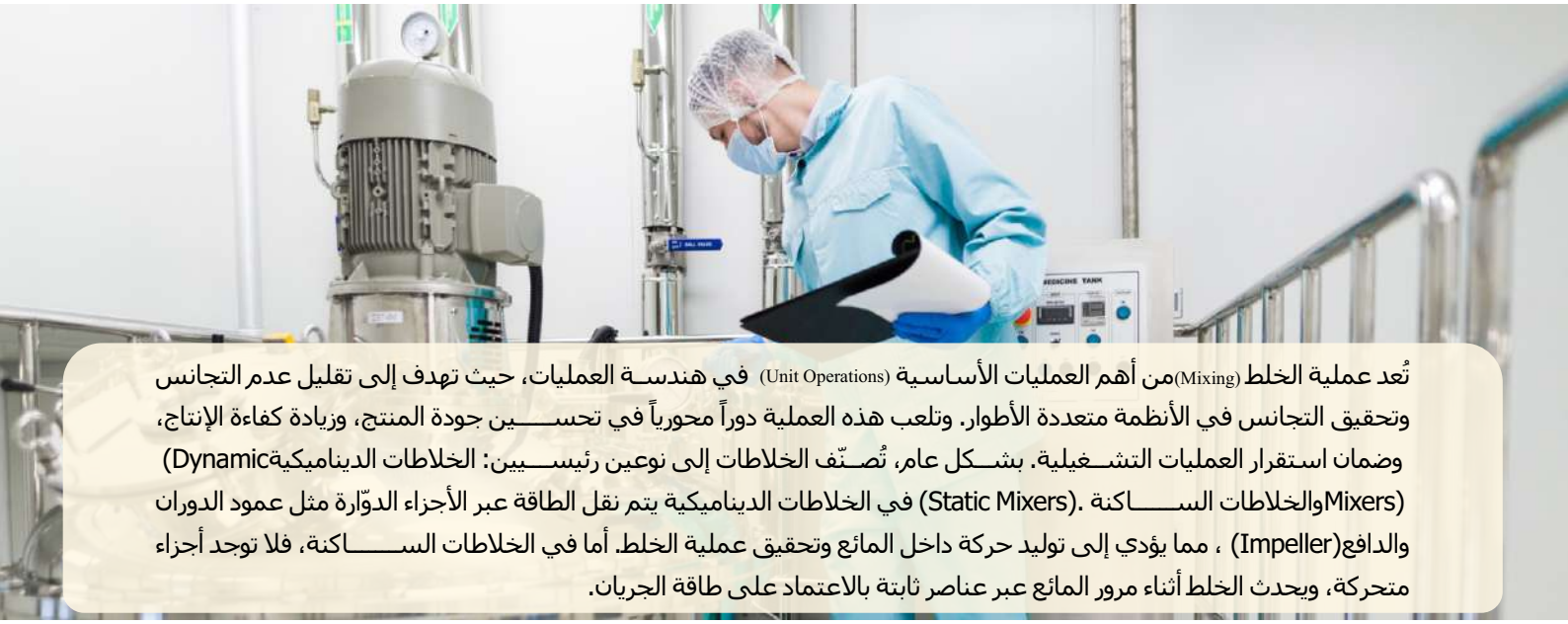
تُعد عمليات الخلط Mixing من أهم العمليات التشغيلية في مختلف الصناعات. وبشكل عام، يُقصد بعملية الخلط تحريك المواد الأولية بطريقة تؤدي إلى تقليل درجة عدم التجانس داخل الوسط وتحقيق مستوى عالٍ من التجانس والاستقرار.

ونظراً لاتساع نطاق العمليات الصناعية التي تتطلب أنظمة خلط فعّالة، تلعب الخلاطات والمحرضات الصناعية دوراً محورياً في العديد من القطاعات الصناعية المختلفة. كما أن الاختيار الصحيح لنظام الخلط يؤثر بشكل مباشر على جودة المنتج، وكفاءة العملية، وانتقال الحرارة، والتفاعلات الكيميائية، واستقرار التشغيل .

ومن أبرز الصناعات التي تعتمد على أنظمة الخلط:

- الصناعات الكيميائية والبتروكيميائية
- صناعات البوليمرات والبلاستيك
- صناعات الدهانات والراتنجات والطلاءات الصناعية
- الصناعات الغذائية والمشروبات
- الصناعات الطبية والدوائية
- صناعات مستحضرات التجميل والعناية الشخصية
- صناعات التكنولوجيا الحيوية
- صناعة معالجة المياه ومياه الصرف الصحي
- صناعات الورق ولبّ الورق
- صناعات التعدين ومعالجة المعادن
- الصناعات الإنشائية والمدنية
- الصناعات الزراعية

تصنيف الخلاطات حسب آلية التشغيل



تُعد عملية الخلط (Mixing)من أهم العمليات الأساسية (Unit Operations) في هندسة العمليات، حيث تهدف إلى تقليل عدم التجانس وتحقيق التجانس في الأنظمة متعددة الأطوار. وتلعب هذه العملية دوراً محورياً في تحسين جودة المنتج، وزيادة كفاءة الإنتاج، وضمان استقرار العمليات التشغيلية. بشكل عام، تُصنّف الخلاطات إلى نوعين رئيسيين: الخلاطات الديناميكية(Dynamic Mixers)والخلاطات الساكنة .(Static Mixers) في الخلاطات الديناميكية يتم نقل الطاقة عبر الأجزاء الدوّارة مثل عمود الدوران والدافع(Impeller) ، مما يؤدي إلى توليد حركة داخل المائع وتحقيق عملية الخلط. أما في الخلاطات الساكنة، فلا توجد أجزاء متحركة، ويحدث الخلط أثناء مرور المائع عبر عناصر ثابتة بالاعتماد على طاقة الجريان.

لخلاطات الديناميكيه:

في الخلاطات الديناميكية يتم توفير الطاقة بواسطة المحرك الكهربائي، بينما تعتمد الخلاطات الساكنة على هبوط الضغط (Pressure Drop) المتولد على طول الخلاط.

اتُستخدم الخلاطات الديناميكية على نطاق واسع في الخزانات والأوعية الصناعية، وتعمل في أنظمة التشغيل المستمر(Continuous) ، والمتقطع (Batch)، وشبه المستمر. (Semi-Continuous) ويؤثر أداء الخلط بشكل مباشر على انتقال الحرارة، حركية التفاعل، وكفاءة العملية التشغيلية

أهم تطبيقات الخلاطات الديناميكية:

- خلط وتخفيف المواد الكيميائية والإضافات
- تجانس الموائع عالية اللزوجة مثل الدهانات، الراتنجات والبوليمرات
- تحسين انتقال الحرارة عبر الأقمصة الحرارية (Jackets) أو الملفات الداخلية
- تعليق المواد الصلبة(Solid Suspension) في المفاعلات والبلورات
- تكوين وتثبيت المستحلبات(أنظمة سائل–سائل / Emulsions)
- تشتيت وتوزيع الغازات داخل الأطوار السائلة الصناعية·

الخلاطات الساكنة:

في العديد من الصـــــناعات، تتم عمليات الخلط عادةً داخل الخزانات والأوعية. ومع ذلك، يمكن في بعض التطبيقات إجـراء الخلط داخل خطوط الأنابيب، حيث يمكن اعتبار خطوط الأنابيب فـي ظـروف معينة بمثابة مفاعلات كيميائية.

في مثل هذه الحالات، يُعد استخدام الخلاطات الساكنة داخل خطوط الأنابيب حلاً اقتصـادياً مدمجاً وفعّالاً للعمليات الكيميائية. ويكتســـب هذا الأمر أهمية خاصة عند الحاجة إلى خلط سريع وتقليل زمن المكوث (Residence Time)، كما في العمليات التي تتغير فيها خصائص البوليمرات المنصهرة مع مرور الوقت.



أهم تطبيقات الخلاطات الساكنة:

- تحقيق الجريان السدادي (Plug Flow) ومنع ظاهرة الخلط العكسي (Back Mixing)
- العمليات المستمرة (Continuous Processes)
- عمليات الغاز–السائل (Gas–Liquid Processes)
- التطبيقات ذات المساحة المحدودة التي تتطلب تجهيزات مدمجة
- أنظمة الحقن الكيميائي والخلط داخل الخطوط (Fixed Injection Systems)
- تطبيقات الضغط العالي (High-Pressure Applications)

يمكن تصـميم وتصـنيع الخلاطات الســاكنة ضمن نطاق واسع من الأحجام، من عدة مليمترات حتى عدة أمتار. وبشكل عام، تُصنّف الخلاطات المصنعة من قبل هذه الشركة إلى ثلاث مجموعات رئيسـية حسـب نوع التطبيق:

خلط السائل فى السائل	خلط الصلب فى السائل	خلط الغاز فى السائل	
غير قابل للذوبان	قابل للذوبان	معلّق	ذوبان
استحلاب	تجنيس	ذوبان	تخمير
انتشار	تفاعل كيميائى	تبلور	تشتيت وفصل
–	انتقال الحرارة	استخلاص	–
–	معادلة	بلمرة	–
–	–	تشتيت وفصل	–

أهداف الخلط (Mixing Objectives)

تختلف أهداف الخلط باختلاف طبيعة العمليات الصناعية وظروف التشغيل ومتطلبات الإنتاج. وفي العديد من التطبيقات الصناعية، يتم إجراء عملية الخلط لتحقيق أكثر من هدف في الوقت نفسـه، مما يجعل تقييم أداء أنظمة الخلط أمراً بالغ الأهمية.

تمتلك جميع المعدات الصـــناعية مؤشراً لقياس الأداء أو المخرجات Output فعلى سبيل المثال، تُعد القدرة الناتجة من المحرك الكهربائي المخرج الرئيســـي للنظام. أما في مجال الخلط الصـــناعي Mixing فتُقاس جودة الخلط ومدى تجانس الخليط باستخدام مؤشر إحصائي يُعرف باسم معامل التباين. Coefficient of Variation

لنفترض خلط مادتين A و B بنسب متسـاوية. في حالة الخلط المثالي، يجب أن تُظهر العينات المأخوذة من أي نقطة داخل الخـزان أن الخليط يحتوي علـى ٥٠٪ من المادة، A و ٥٠٪ من المادة B وفـي هذه الحالة يكون توزيع المكونات متجانساً بالكامل وتقترب قيمة (Cov) من الصفر .

ويتم تصنيف جودة الخلط وفقاً لقيمة معامل التباين (CoV) كما يلي:

$CoV < 0.02$ ⟵ خلط كامل (Complete Mixing)

$0.02 < CoV < 0.05$ ⟵ خلط جيد (Good Mixing)

$CoV > 0.2$ ⟵ خلط أولي (Initial Mixing)



عملية الخلط وأنواعها

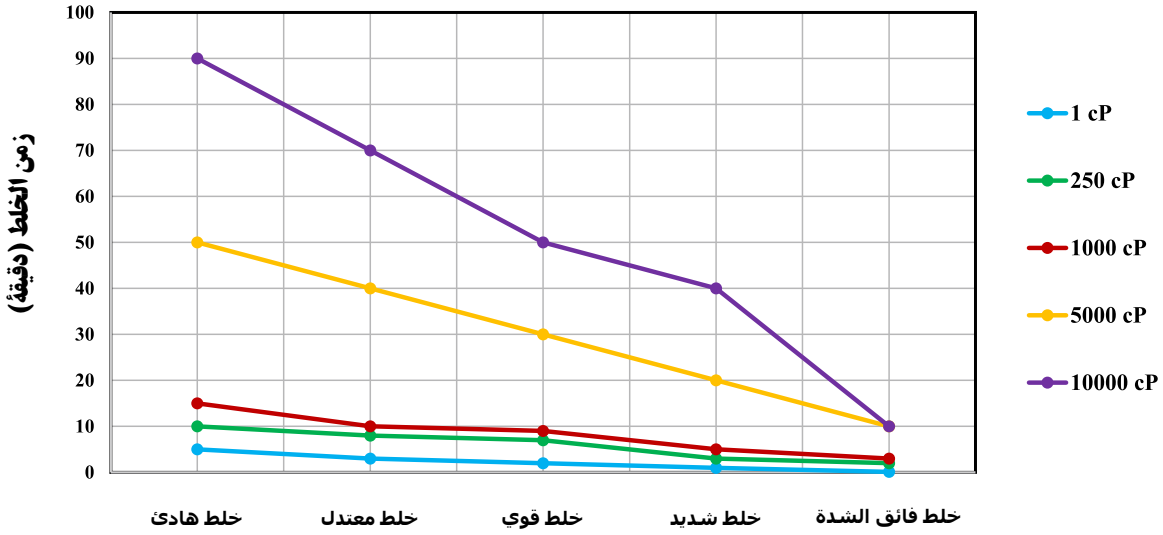
المزج: (Blending)

يُعد المزج (Blending) أحد أكثر عمليات الخلط شـيوعاً، حيث يتم خلط سـائلين أو أكثر أو مواد قابلة للامتزاج بهدف الحصول على خليط متجانس وموحد.

ويمكن تصـنيف الخلاطات المسـتخدمة في خلط السـوائل وفقاً لشـدة الخلط إلى خمس فئات: الخلط الهادئ، والخلط المعتدل، والخلط القوي، والخلط الشـديد، والخلط فائق الشـدة. ويكمن الفرق الرئيسـي بين هذه المسـتويات في الزمن اللازم للوصول إلى درجة التجانس المطلوبة؛ فكلما ازدادت شدة الخلط انخفض زمن الخلط.

كما تؤثر لزوجة السائل بشكل مباشر على زمن الخلط. ويوضح الشـكل والجدول التاليان تأثير شدة الخلط ولزوجة السائل على الزمن اللازم للوصول إلى خليط متجانس.

تأثير شدة الخلط ولزوجة السائل على زمن الخلط :



شدة الخلط	1 cP	250 cP	1000 cP	5000 cP	10000 cP
خلط هادئ	5	10	15	50	90
خلط معتدل	3	8	10	40	70
خلط قوي	2	7	9	30	50
خلط شديد	1	3	5	20	40
خلط فائق الشدة	0.1	2	3	5	10

التشتّت: (Dispersion)

التشـتّت هو عملية يتم فيها تحويل الجسـيمات أو القطرات الكبيرة إلى مكونات أصـغر حجماً، وتحدث في أنظمة الخلط المختلفة تبعاً لطبيعة الأطوار المشاركة.

في أنظمة الصـلب–السـائل، يشـمل التشـتّت تكسـير الجسـيمات الصـلبة الخشـنة وتحويلها إلى جسـيمات أدق، ولذلك يُعد مزيجاً من عمليتـي الخلط والطحن. أما فـي أنظمة السائل–السـائل غير القابلة للاختلاط، فيؤدي التشـتّت إلى تقليل حجم قطرات الطور المبعثر. وفي أنظمة الغاز–السائل، يعمل التشـتّت على تحويل فقاعات الغاز الكبيرة إلى فقاعات أدق، مما يزيد من مسـاحة التلامس بين الأطوار ويحسّن أداء العملية.

المستحلب: (Emulsion)

المسـتحلب هو نظام تشـتّت يتم فيه توزيع سائل على شكل قطرات دقيقة داخل سـائل آخر غير قابل للامتزاج معه. وعندما يتـراوح حجم القطـرات عادةً بين النطاق النانومتـري والميكرومتري، يُصنّف النظام كمستحلب غروي.(Colloidal Emulsion)

تُسـتخدم المسـتحلبات على نطاق واسع في التطبيقات الصـناعية والمنتجات اليومية مثل الزبدة والمايونيز والشـامبو والصـابون السـائل، حيث تلعب ثباتية النظام وتوزيع حجم القطرات دوراً أساسياً في أداء المنتج.



المعلّق: (Suspension)

المعلّق هو عملية يتم فيها تشتيت الجسيمات الصلبة داخل سائل بحيث تبقى معلّقة، بهدف تحسين التلامس بين السائل والجسيمات الصلبة.

في معظم العمليات، يكون الهدف من المعلّق هو منع ترسّب الجسيمات. ويمكن تحقيق ذلك من خلال عمليات مثل التبلور أو التفاعل الكيميائي أو إذابة المواد الصلبة في السائل. لكن في بعض الحالات، لا يكون الهدف فقط منع الترسيب، بل قد تكون هناك حاجة إلى ترسيب مُتحكَّم به وفي هذه الحالة تُستخدم عمليات التخثير (Coagulation) والتلبّد (Flocculation) خاصة في مجالات معالجة المياه والصناعات التعدينية.

التخمّر: (Fermentation)

التخمّر هو عملية حيوية يتم فيها تحويل أو تحليل مادة أو أكثر إلى مركبات أخرى بواسطة الكائنات الدقيقة مثل البكتيريا. تُعد هذه العملية من أقدم طرق معالجة المواد دون استخدام مواد كيميائية. فعلى سبيل المثال، في معالجة مياه الصرف الصحي، تتحول الحمأة (بوصفها وسطاً ميكروبياً) من مواد عضوية صلبة إلى مركبات غير ضارة وقابلة للذوبان في الماء.

يُعدّ الخلط الجيد أمراً أساسياً في هذه العملية، إذ إن ضعف الخلط يؤدي إلى عدم استقرار المتغيرات الرئيسية مثل درجة الحرارة والتركيز ودرجة الحموضة(pH) .



PTS
Power Transmission Solutions
PTS Process Engineering Co

تصميم الخلاطات

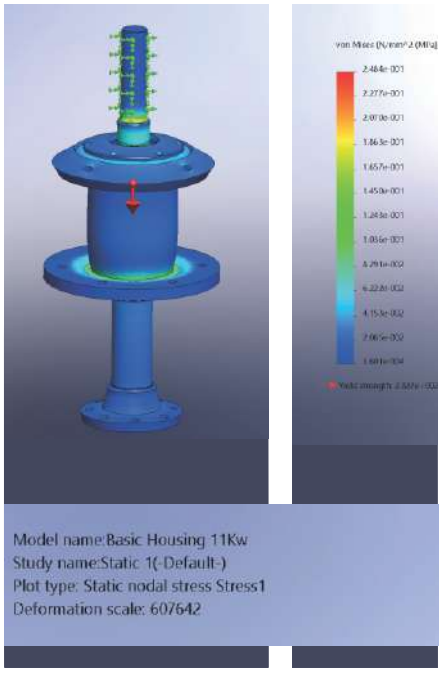
يُعدّ التصميم أحد أهم العوامل في تطوير وتصنيع المعدات الصناعية. وفي الماضي، كانت عملية التصميم تعتمد بشكل رئيسي على الخبرة وأساليب التجربة والخطأ. ومع تطور العلوم الهندسية وأدوات التحليل والحساب الحديثة، أصبح من الممكن دراسة أداء المعدات والتنبؤ به قبل التصنيع، مما ساهم في تطوير عمليات التصميم وتحسين دقتها.

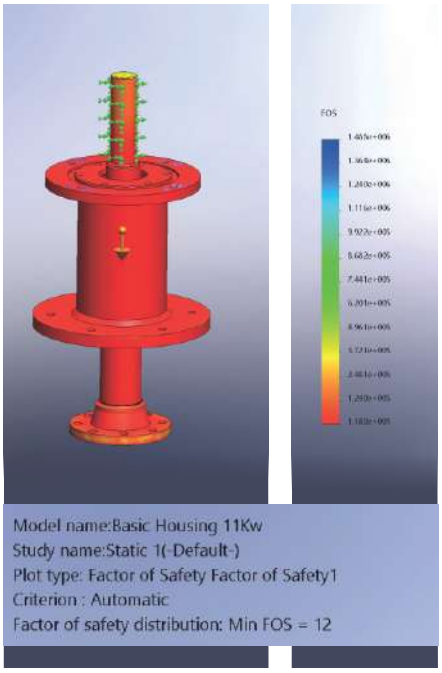
وبشكل عام، يمكن تصنيف المعدات الصناعية إلى فئتين رئيسيتين:

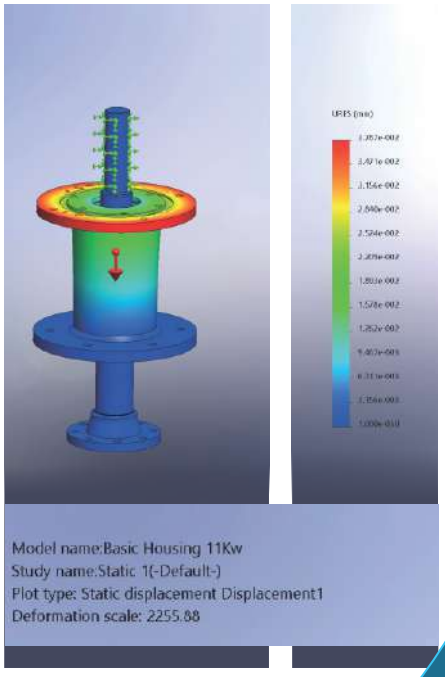
- **المعدات الثابتة**
- **تجهيزات ديناميك يا پويا**

وبالمقارنة مع المعدات الثابتة، فإن تصميم وتحليل المعدات الديناميكية، وخاصة تلك التي تتعامل مع الموائع، يُعد أكثر تعقيداً. ويعود ذلك إلى تعدد العوامل المؤثرة في الأداء النهائي للنظام، مثل سلوك الجريان، وخصائص المائع، وهندسة المعدة، وظروف التشغيل. لذلك، لم تعد الطرق التقليدية والحسابات اليدوية وحدها كافية لتلبية متطلبات التصميم الحديثة.

وتُستخدم اليوم تقنيات متقدمة مثل ديناميكا الموائع الحسابية (CFD) وتحليل العناصر المحددة(FEA) لمحاكاة وتحليل أداء المعدات. وتتيح هذه الأساليب دراسة أداء المعدة، وأنماط الجريان، وتوزيع السرعات، والإجهادات الميكانيكية، وغيرها من العوامل المؤثرة قبل التصنيع، مما يسهم بشكل كبير في تحسين التصميم.









تصميم وحدة قيادة الخلاط:

تتكون وحدة قيادة الخلاط عادةً من مصـــــدر حركة مثل المحرك الكهربائي، أو المحرك المزود بعلبة تروس، أو المحرك الهوائـي، أو غيرها من أنظمة القيادة، بالإضـــافة إلى نظام المحامل. وتتولى هذه المجموعة نقل القدرة، ودعم العمود الدوار، والحفاظ علـــى استقرار المعدة أثناء التشغيل.

ويُعد الهيكل أو الغلاف (Housing) الجـــزء الذي يتم من خلاله ربط جميع مكونات الخلاط بالهيكل الداعم. وتكتســـب عملية تصـميم هذا الجزء أهمية كبيرة، إذ يجب دراســـة وتحليل جميع الأحمال والإجهادات المؤثرة عليه بدقة. ويتم تقييم إجهادات الخضـــوع والانحناء والقص لضـــمان التشـــغيل الآمن وتحقيق معامل أمان مناسب في مختلف ظروف التشغيل است.

تصميم نظام المحامل:



تنتقل جميع القوى المؤثرة على المروحة والعمود إلى نظام المحامل، ولذلك يُعد اختيار نوع المحمل من أهم عوامل تصميم الخلاط. ويجب أن يكون نظام المحامل قادراً على تحمل الأحمال المحورية والشعاعية وأحمال الوزن في مختلف ظروف التشغيل.

ولا تقتصر عملية التصميم على اختيار نوع المحمل فقط، بل إن المسافة بين المحامل تُعد عاملاً مهماً أيضاً. فزيادة المسافة بين المحامل قد تساهم في إطالة عمرها التشغيلي، إلا أنها قد تؤدي في الوقت نفسه إلى زيادة سعة اهتزاز العمود عند ظروف الرنين، مما قد يؤثر سلباً على أداء المحامل وعمرها الافتراضي.

نظام التشحيم:



يُعد تصميم نظام التشحيم، واختيار مواد التشحيم المناسبة، ونظام الإحكام، وتحديد فترات الصيانة واستبدال مواد التشحيم من العناصر الأساسية في تصميم نظام المحامل. ويتم اختيار مواد التشحيم المناسبة ونظام الإحكام وفترات الصيانة وفقاً لظروف التشغيل وبالاعتماد على برامج هندسية متخصصة، بما في ذلك برامج SKF .

تصميم عمود الخلاط:

يُعد عمود نقل القدرة من أهم مكونات الخلاط، ويجب تصـــــميمه بعناية مع مراعاة مجموعة من العوامل الميكانيكية والديناميكية.

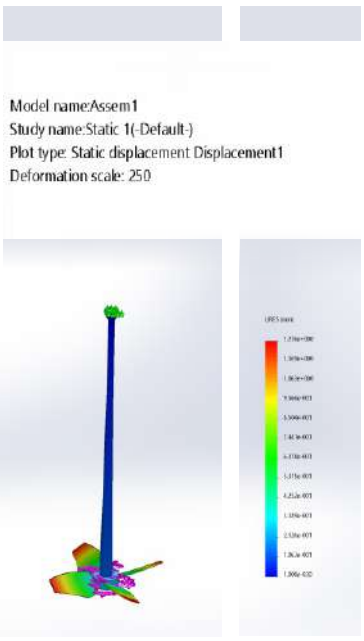
حساب السرعة الحرجة (الرنين):

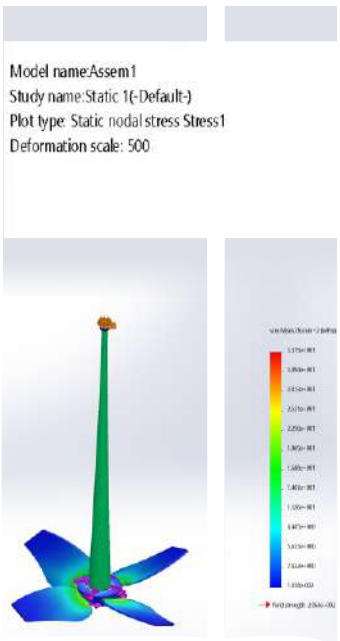
تتميز جميع الأنظمة الدوّارة بوجود ترددات طبيعية محددة. وعند اقتراب سرعة التشـــــــــغيل من هذه الترددات، تحدث ظاهرة الرنين، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة في سعة الاهتزاز وقد يتسبب في تلف المعدة.

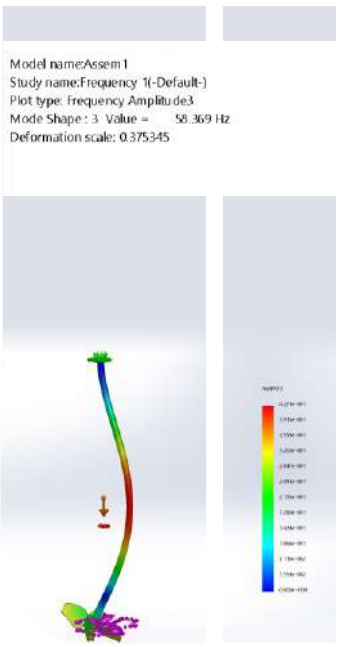
يتعرض عمود الخلاط أثناء التشغيل لاهتزازات ناتجة عن الدوران. ومن خلال التحليل الترددي يمكن تحديد الســـرعات الموافقة لمناطق الرنين. وفي التصـــميم القياسي، يتم اختيار سرعة التشـــغيل بحيث تكون بعيدة بنسبة أمان لاتقل عن ٣٠٪ عن السرعة الحرجة الأولى والثانية لتفادي حدوث الرنين.

تحليل إجهاد الانحناء:

يؤدي دوران المروحة داخل المائع إلى توليد أنماط جريان محورية وشـــــعاعية، مما يولّد قوى هيدروليكية تؤثر على العمود وتؤدي إلى إجهادات الانحناء. لذلك يجب تصـــــــميم العمود بحيث يتحمل هذه الأحمال بأمان، مع بقاء إجهادات الانحناء والقص ضمن الحدود المسموح بها.







تحليل انحراف العمود:

تتعرض جميع المعدات الدوّارة المثبتة عند نقطة أو أكثر إلى انحراف في العمود (Deflection) نتيجة القوى الديناميكية وقوى الطرد المركزي. وإذا كان مقدار هذا الانحراف ضمن الحدود المسموح بها، فلا يحدث أي ضرر للعمود، أما في حال تجاوزه لهذه الحدود فقد يؤدي إلى تلامس غير مرغوب فيه مع نظام الإحكام والمحامل، مما ينعكس سلباً على الأداء ويقلل من العمر التشغيلي للمكونات.

يجب تقييم انحراف العمود بدقة في المناطق الحرجة، ولا سيما في الجزء العلوي من العمود وعند نقطة خروجه من الهيكل، وذلك باستخدام برامج التحليل الهندسي للتأكد من بقائه ضمن الحدود المسموح بها.



تصميم المروحة:

يُعد اختيار المروحة وتصـــــميمها من أهم مراحل تصـــــميم الخلاط، حيث يعتمد ذلك على طبيعة العملية وخصـــائص المائع. فالمروحة المناسبة لعمليات التعليق (Suspension) تختلف عن تلك المســـتخدمة في الاستحلاب (Emulsification) أو في خلط الغاز مع الســـائل. ولذلك فإن الاختيار الصـــحيح للمروحة يؤثر بشكل مباشر على كفاءة الخلط وأداء العملية.



١-تحليل انحراف العمود:

تم تطوير المراوح الصـناعية وتحســين أدائها على مدى سـنوات طويلة، وأصبحت خصـائصـها وتطبيقاتها معروفة بشـــكل جيد. وبناءً على متطلبات العملية، يتم اختيار نوع المروحة المناسـب، كما يتم تحديد قطر المروحة وسـرعة دورانها وفقاً لسـرعة الطرف، وتدرج السـرعة، ومقياس الخلط، وقدرة الضخ.

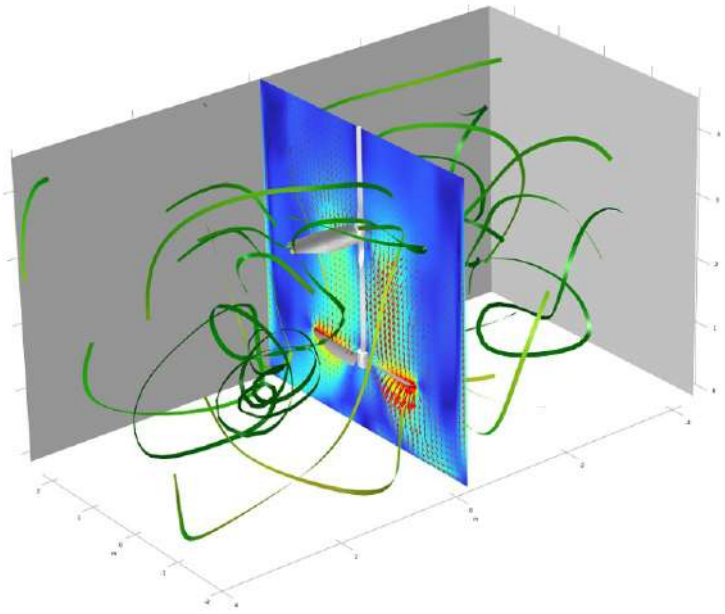
٢-الاختبارات العملية والتوسعة الحجمية (Scale-Up)

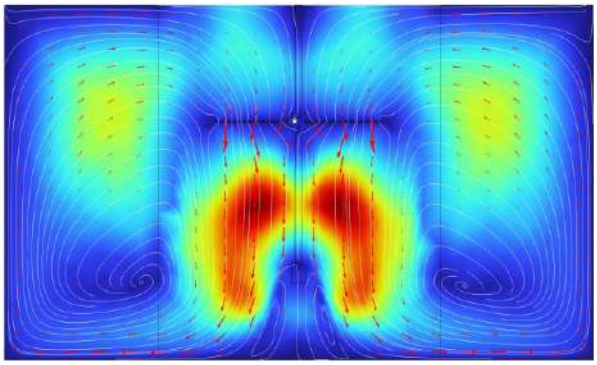


عندما تكون المعلومات المتاحة عن سلوك المائع محدودة، تُعد الاختبارات العملية أفضل وسيلة لاختيار المروحة المناسبة. وفي هذه الطريقة يتم تقييم أداء المائع باستخدام عدة أنواع من المراوح على نطاق مختبري. وبعد الوصول إلى الأداء المطلوب، يتم استخراج المعايير الأساسية للعملية واستخدامها كأساس لتصميم المعدة وتوسعة حجمها است.

٣-المحاكاة باستخدام CFD

تُعد ديناميكا الموائع الحسابية (CFD) من أكثر الأدوات تطوراً لدراسة سلوك الموائع وتحليل عمليات الخلط. وتتيح هذه التقنية تقييم أنماط الجريان، وتجانس الخلط، وانتقال الكتلة، وانتقال الحرارة، وفقدان الضغط قبل تصنيع المعدة. وعلى الرغم من أن هذه التحليلات تتطلب وقتاً أطول، فإنها توفر دقة عالية وفوائد كبيرة في المشاريع الكبيرة والعمليات المعقدة.







PTS
Power Transmission Solutions

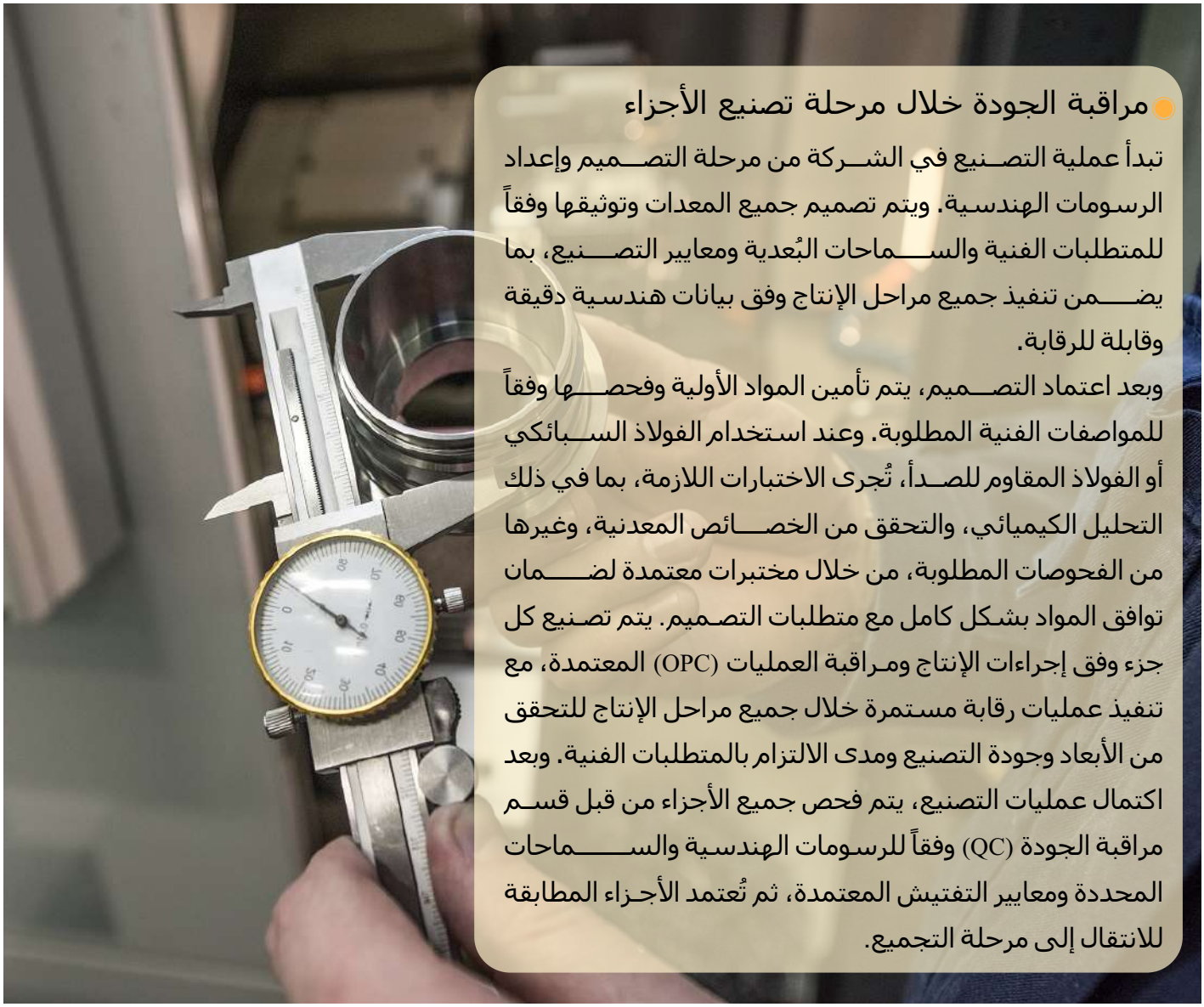
PTS Process Engineering Co

نظام مراقبة الجودة

تُعد الجودة أحد الركائز الأساسية في تصميم المنتجات الصناعية وتصنيعها وتوريدها. ويهدف نظام مراقبة الجودة إلى ضمان مطابقة المنتج النهائي للمتطلبات الفنية ومعايير التصميم وتوقعات العملاء.
وخلال عملية التصنيع، تتم مراقبة جميع المراحل والتحكم بها، بدءاً من توريد المواد الأولية مروراً بالتصنيع والتجميع وانتهاءً بالفحص النهائي، وذلك لضمان تسليم منتجات تتمتع بأعلى مستويات الجودة والموثوقية والأداء.



ونظراً لتنوع المنتجات وتعدد تطبيقاتها، يتم تحديد معايير مراقبة الجودة وتطبيقها لكل منتج وفقاً للمتطلبات الفنية والمعايير ذات الصلة واحتياجات العملاء.



مراقبة الجودة خلال مرحلة تصنيع الأجزاء

تبدأ عملية التصـنيع في الشـركة من مرحلة التصـميم وإعداد الرسومات الهندسية. ويتم تصميم جميع المعدات وتوثيقها وفقاً للمتطلبات الفنية والسـماحات البُعدية ومعايير التصـنيع، بما يضـمن تنفيذ جميع مراحل الإنتاج وفق بيانات هندسية دقيقة وقابلة للرقابة.

وبعد اعتماد التصـميم، يتم تأمين المواد الأولية وفحصـها وفقاً للمواصفات الفنية المطلوبة. وعند استخدام الفولاذ السـبائكي أو الفولاذ المقاوم للصـدأ، تُجرى الاختبارات اللازمة، بما في ذلك التحليل الكيميائي، والتحقق من الخصـائص المعدنية، وغيرها من الفحوصات المطلوبة، من خلال مختبرات معتمدة لضـمان توافق المواد بشكل كامل مع متطلبات التصـميم. يتم تصـنيع كل جزء وفق إجراءات الإنتاج ومـراقبة العمليات (OPC) المعتمدة، مع تنفيذ عمليات رقابة مستمرة خلال جميع مراحل الإنتاج للتحقق من الأبعاد وجودة التصنيع ومدى الالتزام بالمتطلبات الفنية. وبعد اكتمال عمليات التصنيع، يتم فحص جميع الأجزاء من قبل قسـم مراقبة الجودة (QC) وفقاً للرسومات الهندسية والسـماحات المحددة ومعايير التفتيش المعتمدة، ثم تُعتمد الأجـزاء المطابقة للانتقال إلى مرحلة التجميع.

مراقبة الجودة النهائية للخلاطات الديناميكية:

همزنبعد الانتهاء من التجميع وقبل التعبئة، تخضـع الخلاطات الديناميكية لمجموعة من اختبارات الأداء والفحوصات النهائية. وتُعد هذه المرحلة من أهم مراحل مراقبة الجودة، إذ تتيح الكشـف عن أي انحرافات محتملة مرتبطة بالتصميم أو التصنيع أو التجميع قبل تسليم المعدة.

ومن خلال مجموعة من الاختبارات الفنية والتشـغيلية، يتحقق قسـم مراقبة الجودة من كفاءة أداء المعدة، وسلامة التشغيل، وجودة التجميع، ومسـتويات الاهتزاز عند الحاجة. ولا يتم اعتماد المنتج للتعبئة والشـحن إلا بعد التأكد من مطابقته الكاملة لمتطلبات التصميم ومعايير الجودة المعتمدة.

اختبار سماكة الطلاء والطلاءات:



يتم طلاء جسم وهيكل الخلاطات بطبقة من البودرة البوليسترية التي توفر مقاومة عالية للرطوبة والظروف البيئية وأشعة الشمس. ولضمان مطابقة الطلاء للمتطلبات الفنية، يتم قياس ومراقبة سماكة الطلاء في نقاط متعددة.

في الخلاطات التي يتعرض فيها العمود والمروحة لمواد كيميائية شديدة التآكل، يتم استخدام طلاءات واقية مثل تفلون (PTFE) وبولي إيثيلين لتعزيز مقاومة التآكل. وفي هذه الحالات، تتم مراقبة سماكة الطلاء وفحصها في النقاط الحرجة لضمان الأداء السليم.

اختبار العزل الكهربائي للطلاء:





في الخلاطات التي تكون فيها الأعمدة والمراوح مزودة بطبقات حماية، يجب التأكد من سلامة الطلاء واستمراريته وتغطية جميع الأسطح بشكل كامل، دون وجود أي مناطق غير مغطاة. ولهذا الغرض، يتم إجراء اختبار المقاومة الكهربائية باستخدام جهاز الميغا أوم ميتر . (Megohmmeter)

في هذا الاختبار، يتم غمر العمود والمروحة المطليين في محلول موصل، حيث يتم توصيل أحد الأقطاب بالجزء المعدني، بينما يُوصل القطب الآخر بالمحلول الموصل. بعد ذلك يتم تطبيق جهد الاختبار وقياس المقاومة الكهربائية بين سطح الطلاء والوسط الموصل.

عندما تتجاوز قيمة المقاومة الكهربائية المقاسة ١ ميغا أوم (1 MΩ) يُعتبر الطلاء عازلاً كهربائياً وذا استمرارية كاملة. وتشير القيم الأعلى من هذا الحد إلى سلامة الطلاء وتكامله، كما تؤكد كفاءته في منع نفاذ السوائل. أما إذا كانت قيمة المقاومة أقل من الحد المسموح به، فيتم تحويل القطعة إلى الجهة المختصة لإعادة الطلاء أو تنفيذ الإجراءات التصحيحية اللازمة.

اختبار الانحراف المحوري للعمود: (Runout)



يُعد نظام نقل القدرة ومحاذاة الأجـزاء الدوّارة من أهم الجوانب في تصـميم وتصـنيع المعدات الدوّارة. يجب تجمـيع جمـيع المكونات بدقة عالـية لمـنع حدوث الانحراف المحوري.

باعث يؤدي الانحراف المحوري إلى توزيع غير منتظم للأحمال، مما يقلل من العمر التشـــغيلي للمعدة. قبل التشـــغيل، يتم قياس الانحراف المحوري في منطقة تثبيت المـــــــروحة، ويتم تحديد الحدود المسموح بها وفقاً لمعايير التصميم.

في حال تجاوز الانحراف الحد المسـموح، يتم إرسال العمود إلى وحدة التصحيح أو إعادة الاستقامة.

اختبار درجة حرارة المحامل:



تُعد مـراقبة درجة حـرارة المحامل من أهم طـرق مراقبة الحالة التشـغيلية في المعدات الدوّارة. قد تؤدي عـيوب المحامل أو أخطاء الـتجمـيع أو الأحمال الزائدة إلى ارتفاع غيـر طبيعـي فـي درجة الحـرارة . تضـمن المراقبة المسـتمرة لدرجة حرارة المحامل تقييم الأداء التشغيلي بشكل صحيح وموثوق.

اختبار الاهتزاز:

فـــي المعدات الدوّارة المـــزودة بأنظمة محامل، يُعد وجود الاهتزاز ضـــــمن حدود معينة أمراً طبيعياً. ومع ذلك، يجب أن تبقى مســتويات الاهتزاز ضمن الحدود التصميمية المســموح بها، لأن تجاوزها قد يؤدي إلى تلف المحامل والأجزاء الدوّارة.

بعد التجميع، يتم قياس الاهتـزاز فـي نقاط المحامل باســـــــتخدام جهاز تحليل الاهتزاز. يتم الاختبار في حالتي التشغيل الجاف والتشغيل مع المائع.

الحد الأقصـــــى للاهتزاز هو ٣ مم/ثانية في الحالة الجافة و٩ مم/ثانية أثناء التشـــــغيل. في حال تجاوز الحدود، يتم إعادة المعدة للفحص والمعالجة.



اختبار سرعة الدوران:

صُمم الخلاط للعمل عند سرعة دوران محددة، ويتم اختيار قطر المروحة بما يتناسب مع هذه السـرعة. ونظراً لأن القدرة المســـــتهلكة تتناسب مع مكعب سرعة الدوران، فإن أي انحراف عن الســـــــــرعة التصميمية قد يؤثر بشـكل ملحوظ على أداء الخلاط والحمل الواقع علـى المحـرك. ويُجـرى هذا الاختبار للتحقق من مطابقة سرعة التشـــــــغيل الفعلية للقيمة التصميمية المحددة.



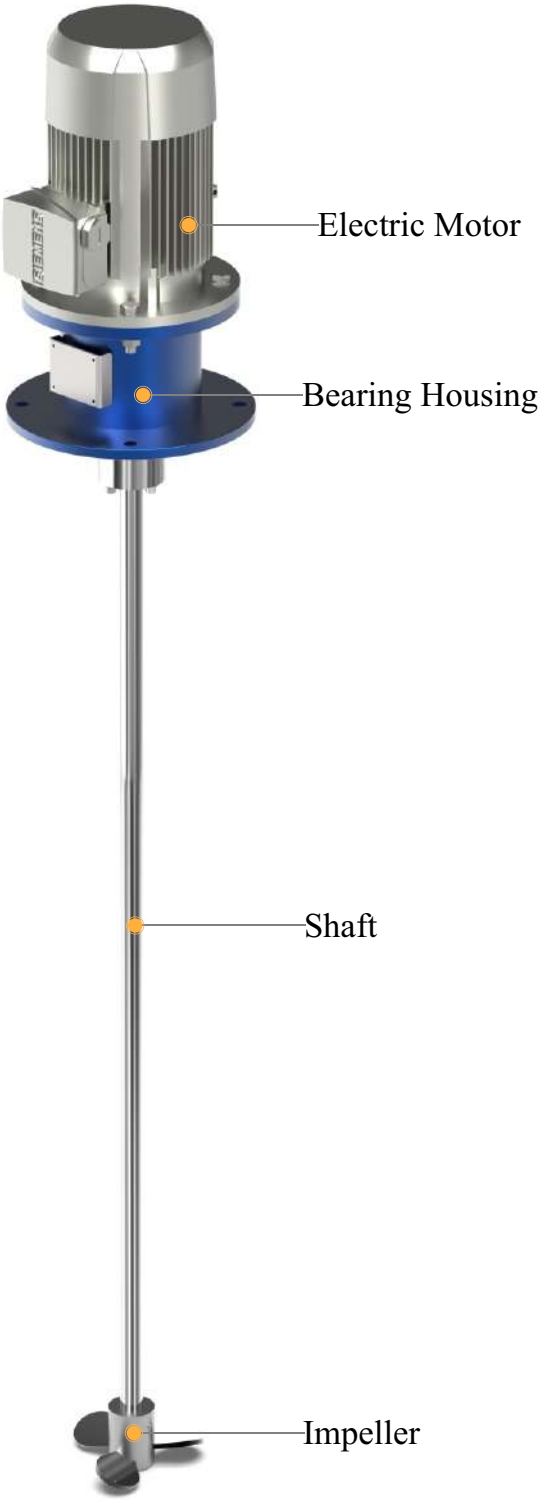
خلاطات سريعة الدوران– سلسلة FRM



Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

خلاطات سريعة الدوران– سلسلة FRM



صُممت خلاطات سلسلة FRM خصيصاً للتطبيقات ذات الأحمال الخفيفة (Light Duty) ولتقليب السوائل في خزانات تتراوح سعتها بين ١٠٠ و١٢٫٠٠٠ لتر.

ويضمن التصميم المتين لنظام المحامل. (Bearings)، إلى جانب استخدام فولاذ سبائكي عالي المقاومة من الدرجة ١٫٤٥٨٢ في وحدة تثبيت العمود، إمكانية التشغيل المستمر على مدار الساعة بكفاءة وموثوقية عالية.

وكما يوحي اسم هذه السلسلة، يتم نقل الحركة من المحرك الكهربائي إلى العمود والدافع مباشرةً عبر نظام اقتران.

مباشر (Direct Coupling) دون الحاجة إلى استخدام معدات إضافية مثل علب التروس. (Gearboxes). لتخفيض أو تعديل السرعة. ويساهم هذا التصميم في خفض التكاليف. الرأسمالية ،بالإضافة إلى تقليل متطلبات الصيانة والتشغيل.

وقد طُوّرت خلاطات (FRM) هندسياً لتوفير أداء اقتصادي وفعّال في مجموعة واسعة من العمليات الصناعية، بما في ذلك الإذابة. (Dissolving) ونقل الحرارة، وتجانس درجات الحرارة، وخلط السوائل،بالإضافة إلى إنتاج المعلقات الخفيفة. (Light Suspensions)

وفي حال التعامل مع موائع شديدة التآكل أو مؤكسدة، يمكن توفير طلاءات.PE و ETFE كخيار إضافيوبأسعار تنافسية، لضمان حماية

تكوينات خلاطات سلسلة FRM

تُصنَّف هذه الخلاطات من حيث الحجم والسعة إلى ثلاث فئات: صغيرة، متوسطة، وكبيرة.

موديل الخلاط	أقصى قطر للعمود	أقصى قدرة قابلة للتركيب	سرعة الدوران	أقصى طول للعمود	أقصى سعة للخزان
FRMS	35	0.75 KW	900-1500 RPM	1,600 mm	2,000 L
FRMM	50	1.5 KW		2,400 mm	4,000 L
FRML	75	4 KW		3,200 mm	12,000 L

تتوفر خلاطات هذه السلسلة بخيارين مختلفين للتثبيت على الهيكل:

١. التثبيت الفلنجي (Flange Mounted)

يوصى باستخدام نظام التثبيت الفلنجي في التطبيقات الثابتة التي لا تتطلب نقل المعدة أو تغيير موقعها. ولضمان كفاءة الخلط ومنع تشكل الدوامات (Vortex) داخل الخزانات، يُنصح باستخدام خزانات مزودة بحواجز (Baffles) أو تركيب الخلاط بوضعية لا مركزية.(Off-Center)

٢. التثبيت الكلمبي (Clamp Mounted)

في التطبيقات التي تتطلب مرونة في نقل الخلاط، أو عند عدم توفر هيكل ثابت للتثبيت، يُوصى باستخدام نظام التثبيت الكلمبي. (Clamp Mounted) ويتيح هذا النظام إمكانية تركيب الخلاط بزاوية ميل تصل إلى ٢٠ درجة، مما يساهم بفعالية في كسر الدوامات ومنع تشكلها دون الحاجة إلى استخدام الحواجز. (Baffles)



ميزات الخلاطات

البيانات الفنية

- مناسب للخزانات الصغيرة والموائع منخفضة اللزوجة
- مصمم بأقل مستوى من الاهتزاز والانحراف المحوري (Runout) أثناء التشغيل.
- متوفـــر بتكوينات أحادية الطور وثلاثية الطور وبمستويات جهد مختلفة.
- سعة التشغيل: من ١٠٠ إلى ١٢,٠٠٠ لتر.



ميزات التصميم



- مصـمم للعمل المســتمر والمســتقر على مدار ٢٤/٧ في البيئات الصناعية
- تصـــميم اقتصـــادي ومُحسَّن من حيث تكلفة الاستثمار والتشغيل.
- يتوفر العمود بتصميم قطعة واحدة أو قطعتين.
- الهيكل مطلي بطبقة طلاء بودرة كهروستاتيكية عالية المتانة.

الميزات الاختيارية

- إمكانية توفير طلاءات مقاومة للتآكل مثلETFE و PEحسب الطلب.
- إمكانية تزويد المحركات الكهربائية بنظام مقاوم للانفجار.(Explosion Proof)

Mixer Selection

FRM Fast Rotation Mixers

Mixer Version Indicator

S Small
M Medium
L Large

Tank Capacity Indicator

A	220 Liters	E	500 Liters	I	2000 Liters
B	250 Liters	F	800 Liters	J	2500 Liters
C	300 Liters	G	1000 Liters	K	3000 Liters
D	350 Liters	H	1500 Liters	L	4000 Liters

Impeller Type Selection

1 Propeller With Zero Pitch
2 Pitch Blade Turbine
3 Saw Blade

Wet Parts Material

S4 SS 304
S6 SS 316L
S8 Super Duplex SS

Powder Coating

0 N/A
P Polyethylene
T ETFE

Electric Motor Selection

A IP 55 (STANDARD)
B EX db IIB zone1
C EX db IIC zone1
D EX eb IIC zone1
E EX ec zone2

Motor Supply

1 Single PHASE 220/230 VAC
3 Three PHASE 230/400 VAC

Shaft Connection Type

DC Direct Coupling
FC Flange Coupling

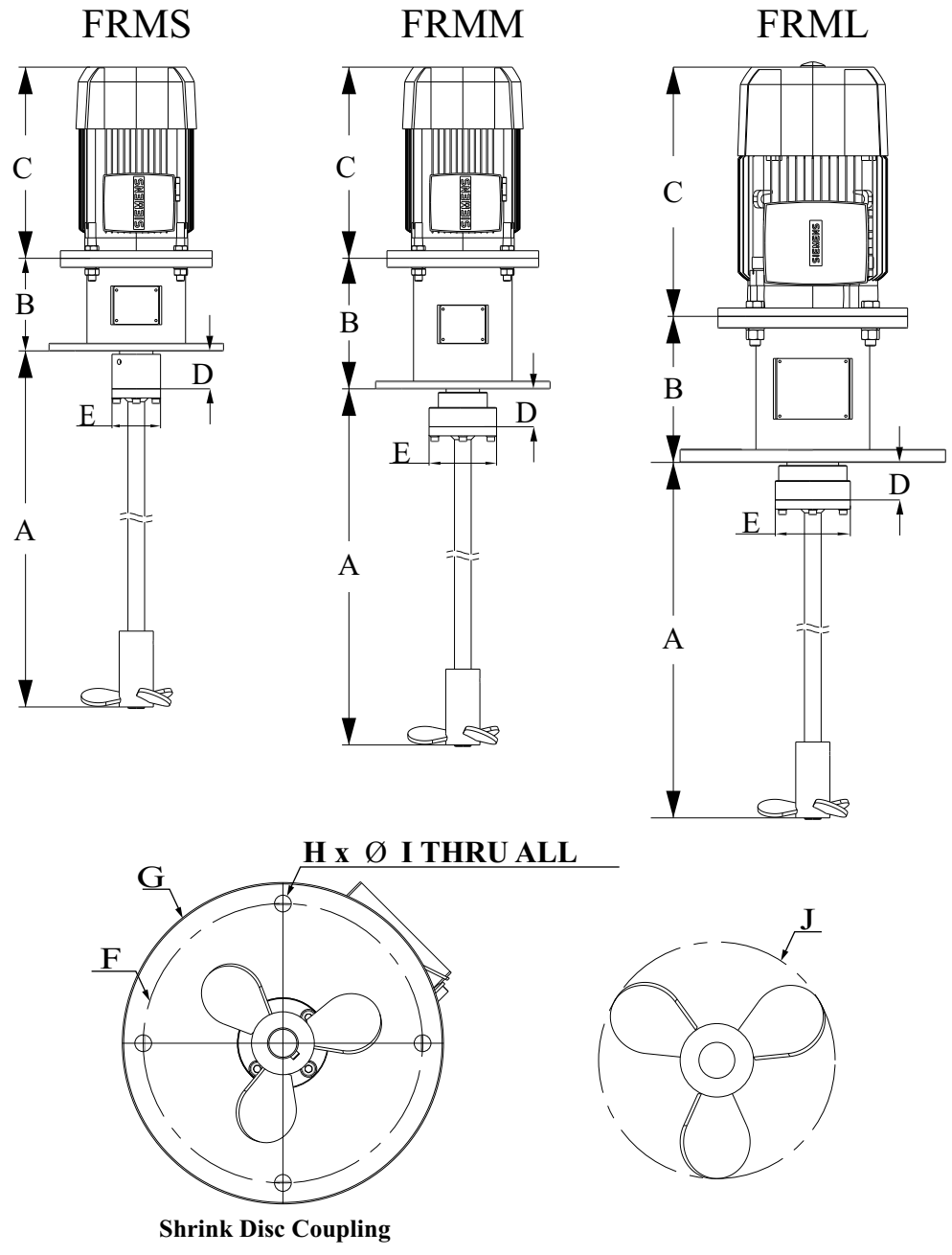
Housing Coupling Type

1 Flange Type
2 Clamp Type

Housing Coating

C1 Polyester
C2 Epoxy
C3 3 Layer Coating

المخطط الأبعادي لخلاطات سلسلة FRM



Mixer Model	Motor Frame Size	Speed Range	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
		RPM	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
FRMS	IEC80	1000~1500	600~1600	122	252	50	64	200	230	4	12(M10)	125~180
FRMM	IEC80		1200~2400	172	252		89	200	230	4	12(M10)	145~250
	IEC90				297							
FRML	IEC100		1500~3200	192	335		99	300	350	6	19(M16)	160~300
	IEC112				330							
	IEC132				385							

خلاطات بطيئة السرعة – سلسلة SRM



Power Transmission Solutions

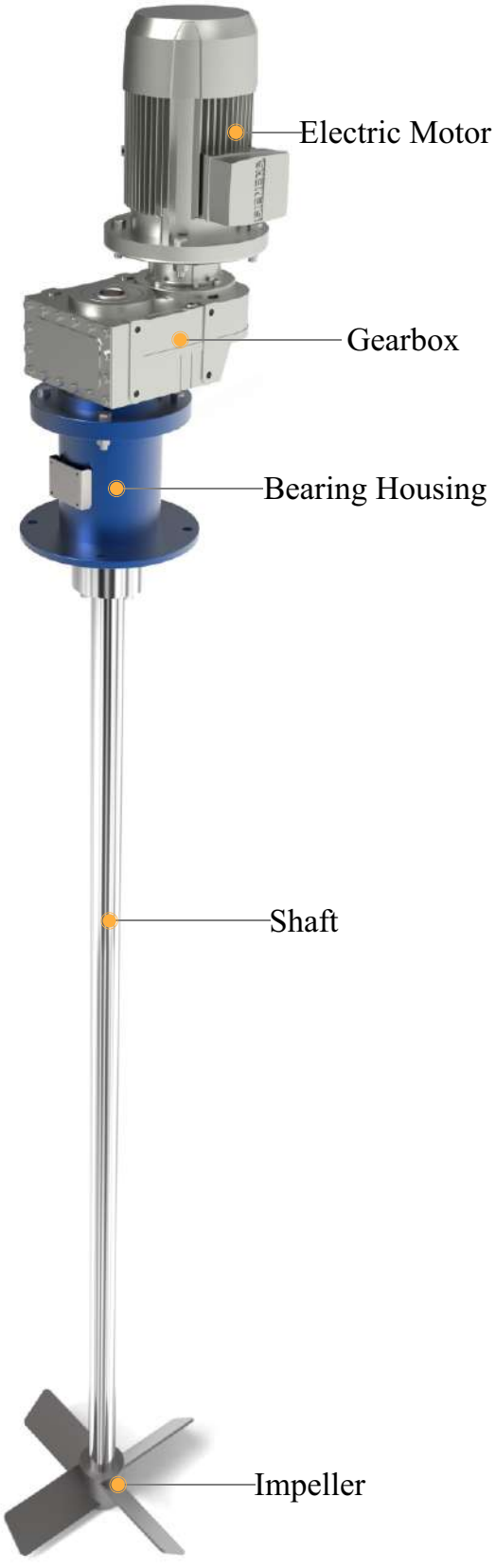
PTS Process Engineering Co

خلاطات بطيئة السرعة – سلسلة SRM

خصيصاً للتطبيقات ذات تم تصميم خلاطات سلسلة SRM كحلول خلط صناعية موثوقة وفعّالة من حيث التكلفة، ومخصصة لمجموعة واسعة من التطبيقات التي تتطلب تشغيلاً مستقراً وتكاملاً ميكانيكياً على المدى الطويل.

تُستخدم هذه الوحدات عادةً في خزانات التحضير ذات السعة التشغيلية التي تتراوح بين ١٠٠ و٥,٠٠٠ لتر، حيث يتم تكييف الموائع قبل نقلها إلى المفاعلات أو أنظمة العمليات اللاحقة. وتشمل التطبيقات النموذجية ما يلي:

- تخفيف وضبط تركيز المحاليل الكيميائية.
- عمليات تغيير الحالة (مثل التحول من الحالة الصلبة إلى السائلة).
- تهيئة ظروف التفاعل والتبلور والبلمرة
- تعزيز نقل الحرارة وتحقيق التجانس الشامل



نظرة هندسية عامة

يمكن تقييم أداء سلسلة SRM من خلال منظورين رئيسيين: التكامل الميكانيكي والأداء التشغيلي

منظور التصميم الميكانيكي

يساهم انخفاض سرعة الدوران بشكل مباشر في إطالة العمر التشغيلي للمعدة من خلال:

- إطالة عمر نظام المحامل.
- تقليل تآكل العمود والدافعة.
- خفض الإجهادات الميكانيكية والحرارية أثناء التشغيل.
- تحسين الاعتمادية التشغيلية الشاملة

منظور الأداء التشغيلي

يوفر التشغيل بسرعات منخفضة مزايا هيدروديناميكية مهمة، تشمل:

- إمكانية استخدام دافعات بأقطار أكبر وتقليل مناطق الركود (Dead Zone).
- زيادة قدرة ضخ الموائع وتحسين تجانس الخلط
- تقليل مخاطر التجويف (Cavitation) والتآكل الناتج عنها
- تحسين الاعتمادية التشغيلية الشاملة

ميزات الخلاطات

البيانات الفنية

- مناسـب للخزانات المتوسـطة إلى الكبيرة والموائع منخفضة إلى متوسطة اللزوجة.
- نطاق تشغيل حجمي من ٠,٢ إلى ٥ م^3 مناسـب للموائع ذات لزوجة من ٠,٥ إلى ٥٠٠ cP سنتي بواز.
- اهتـزاز منخفض و النحـراف المحور (Run-out) محدود أثناء التشغيل.





خصائص التصميم

- تشغيل صناعي مستمر على مدار ٢٤/٧ مع عمر تشغيلي طويل.
- إمكانية تهيئة العمود كقطعة واحدة (مباشر) أو قطعتين.
- يتوفر العمود بتصـــــميم قطعة واحدة أو قطعتين.
- هيكل مطلي بطلاء بودرة كهروســـتاتيكي عالـــي المتانة.
- تصـميم اقتصـادي مُحسّن لتقليل تكاليف التشغيل.

الخيارات الإضافية

- إمكانية توفير محـركات مقاومة للانفجار (Ex) عند الطلب
- طلاءات مقاومة كيميائياً (ETFE / PE) متوفـرة عند الطلب، لضـمان أداء موثوق في الموائع المسـببة للتآكل والظروف التشـغيلية القاسية

إرشادات اختيار خلاطات سلسلة SRM

Mixer Selection

SRM Slow Rotation Mixers

Mixer Version Indicator

S Small

M Medium

Tank Capacity Indicator

A	220 Liters	E	500 Liters	I	2000 Liters
B	250 Liters	F	800 Liters	J	2500 Liters
C	300 Liters	G	1000 Liters	K	3000 Liters
D	350 Liters	H	1500 Liters	L	4000 Liters

Impeller Type Selection

1 Propeller With Zero Pitch

2 Pitch Blade Turbine

3 Saw Blade

Wet Parts Material

S4 SS 304

S6 SS 316L

S8 Super Duplex SS

Powder Coating

0 N/A

P Polyethylene

T ETFE

Electric Motor Selection

A IP 55 (STANDARD)

B EX db IIB zone1

C EX db IIC zone1

D EX eb IIC zone1

E EX ec zone2

Motor Supply

1 Single PHASE 220/230 VAC

3 Three PHASE 230/400 VAC

Shaft Connection Type

DC Direct Coupling

FC Flange Coupling

Housing Coupling Type

1 Flange Type

2 Clamp Type

Housing Coating

C1 Polyester

C2 Epoxy

C3 3 Layer Coating

Gearbox Selection

U SIEMENS

V NORD

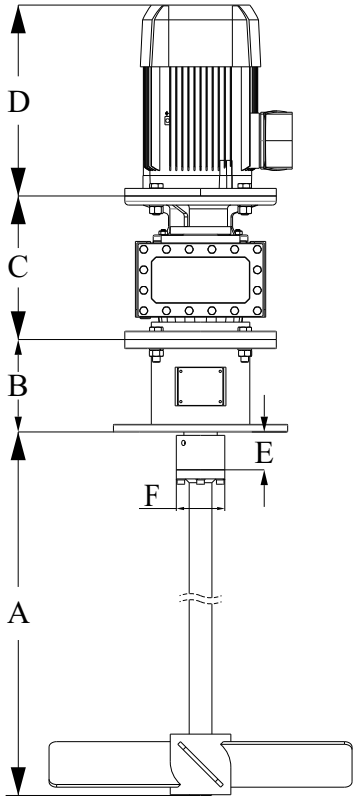
X BREVINI

Y SEW

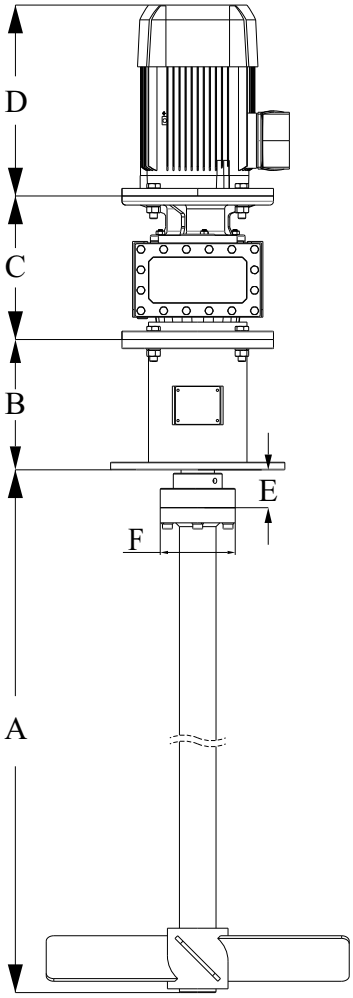
Z ROSSI

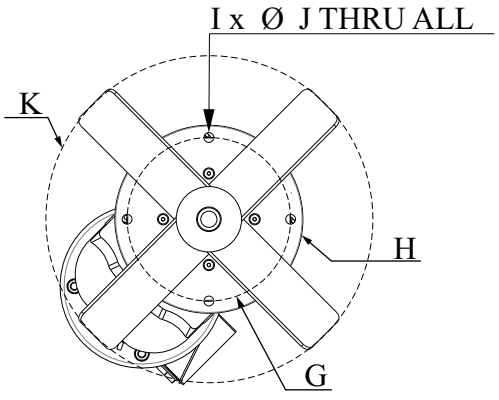
المخطط الأبعادي لخلاطات سلسلة SRM

SRMS



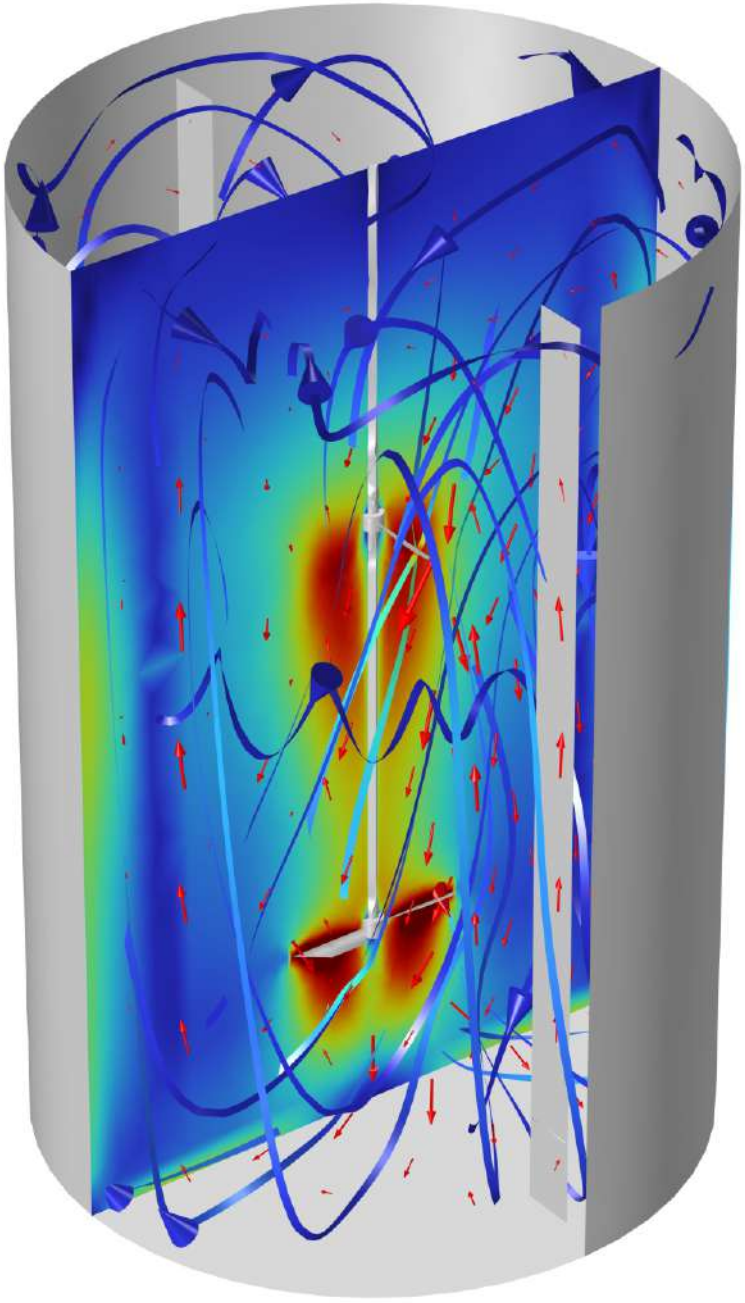
SRMM





Mixer Model	Motor Frame Size	Speed Range	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		RPM	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
SRMS	IEC80/90/100	20 ~ 400	600~1600	122	190	252/297/335	50	64	200	230	4	12(M10)	200~400
SRMM			1200~3000	172				99					250~600

خلاطات بطيئة السرعة – سلسلة MSRM



PTS
Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

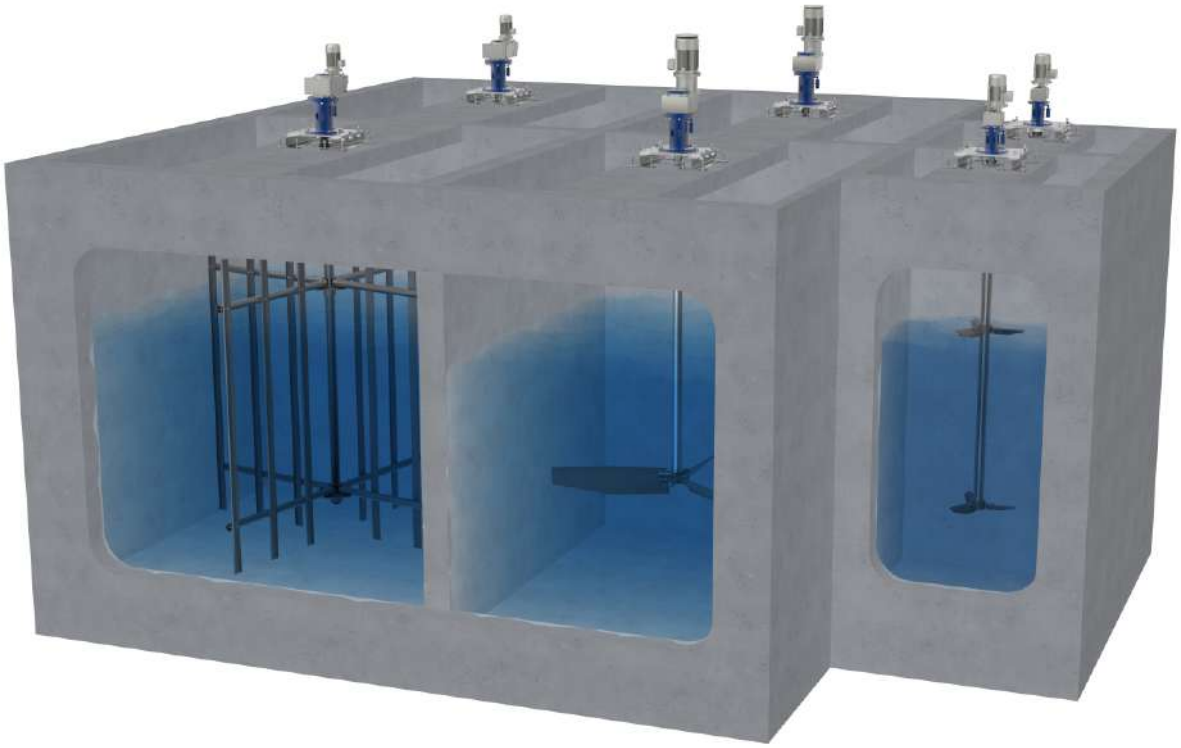
خلاطات بطيئة السرعة – سلسلة MSRM

تم تصميم هذه الخلاطات وتصنيعها للعمل مع الخزانات المتوسطة إلى الكبيرة من حيث السعة، ولمهام خلط تتراوح من Mild إلى Vigorous ممن حيث شدة الخلط، مع إمكانية استخدامها على مختلف أنواع المفاعلات والخزانات الخرسانية والخزانات الفولاذية.

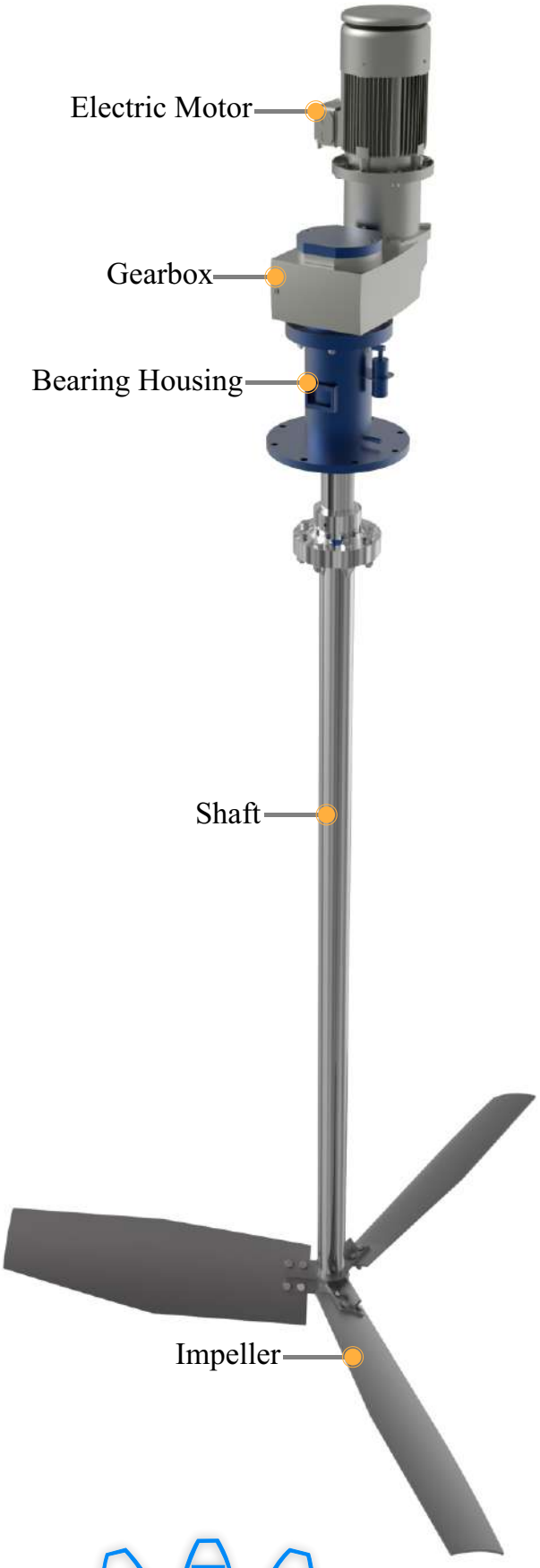
يعتمد تصميم هذه المعدات على التشغيل الصناعي المستمر على مدار ٢٤/٧، مما يضمن تشغيلًا طويل الأمد مع أعلى درجات الاستقرار وأقل متطلبات للصيانة.

تُصنف خلاطات سلسلة MSRM إلى ثلاث فئات حسب الحجم: صغيرة، متوسطة، وكبيرة.

موديل الخلاط	القطر الأقصى لعمود الدوران	أقصى قدرة قابلة للتركيب	سرعة الدوران	أقصى طول للعمود	أقصى سعة للخزان
MSRMS	90 mm	4 KW	5-150 RPM	5,000 mm	40,000 L
MSRMM	170 mm	15 KW		6,000 mm	80,000 L
MSRML	355 mm	45 KW		12,000 mm	200,000 L



ميزات خلاطات MSRM



البيانات الفنية

- قابلية التركيب لخزانات بسعات تصل إلى ٢٠٠ متر مكعب.
- استخدام علب تروس ذات أعمدة متوازية بمعامل الخدمة (Service Factor) يزيد عن ٢
- استخدام أعمدة مجوفة بدلاً من الأعمدة المصمتة لتقليل الوزن الإجمالي للمعدة.

ميزات التصميم

- نظام كراسي تحميل مزدوج بعمر تشغيلي يتجاوز 100,000 hours (L_{10})
- حماية علبة التروس من الأحمال المحورية والشعاعية.
- استخدام الوصلات المشقوقة(Split Hubs) لتسهيل عمليات التركيب والاستبدال.
- إمكانية تركيب كرسي تحميل سفلي لزيادة السرعة الحرجة وتقليل اهتزازات نهاية العمود.

الميزات الاقتصادية والتشغيلية

- تكلفة استثمارية أولية منخفضة.
- تصميم مخصص للتشغيل المستقر طويل الأمد مع الحد الأدنى من متطلبات الصيانة.

الإدارة المتقدمة للأحمال الشعاعية



تم تصـــــــــميم هذه الخلاطات ميكانيكياً بحيث يتم امتصاص وكبح جميع الأحمال الشـعاعية الناتجة عن القوى الهيدروديناميكية للمروحة بشـــــــكل كامل بواسطة نظام كراسي التحميل المستقل للمعدة. إن اســـتخدام مجموعات كراســـي تحميل معززة داخل هوزينج (Housing) مخصـــــــــص يعزز الاستقرار الديناميكـــي الكلـــي للمنظومة، كما يمنع انتقال الإجهادات والأحمال الضـــــــارة إلى علبة التروس. ويســـهم هذا التصـميم في رفع مســـتوى الموثوقية، وتقليل الاهتزازات، وإطالة العمر التشغيلي للمعدة.

إدارة الأحمال المحورية ثنائية الاتجاه

في الخلاطات العمودية، يؤدي وزن الأجـزاء الدوارة.including العمود والمـــروحة والقارنة إلـــى توليد حمل محوري ثقلي باتجاه الأســـــفل (Down-Pumping) تولد المروحة قوة محورية معاكســـة باتجاه الأعلى.

تم تصـميم نظام إدارة الأحمال المحورية المتقدم في خلاطات MSRM بحيث يقوم بامتصـاص وتحييد كلتا القوتين المحوريتين المتضـادتين بشـكل كامل. وتمنع هذه الميزة انتقال الأحمال الضـارة إلى علبة التروس، مما يؤدي إلى إطالة عمر نظام نقل الحركة، وتحسين استقرار الأداء، وضـمان أعلى درجات الاعتمادية تحت ظروف التشغيل المستمر.

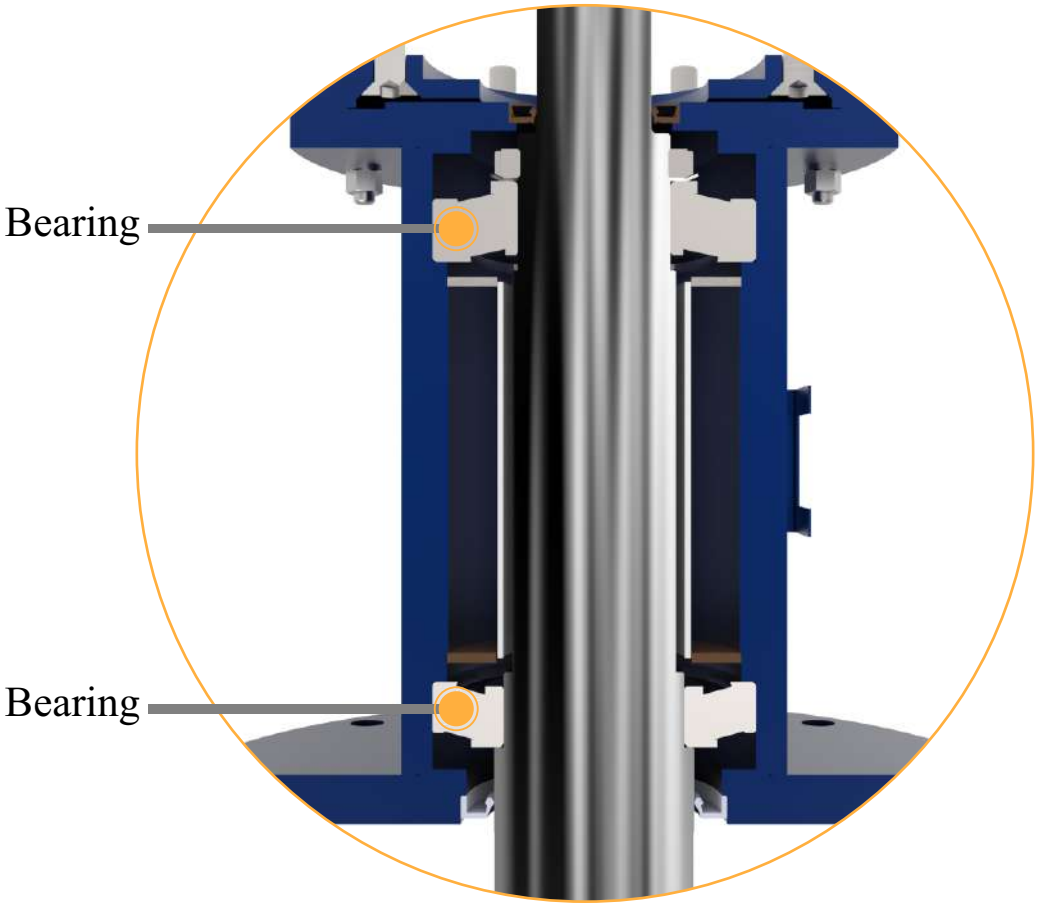
نظام التشحيم في خلاطات MSRM

تم تصميم نظام التشحيم في خلاطات سلسلة MSRM لضمان أداء مستقر لكراسي التحميل أثناء التشغيل المستمر وبدون الحاجة إلى إيقاف المعدة.

تم تصميم نظام دخول وخروج الشحوم بشكل هندسي يضمن توزيعاً متجانساً وفعالاً في جميع نقاط التحميل، مع منع تدهور أداء الشحم أو تراكم الشحم المستهلك.

تم اختيار كراسي التحميل المستخدمة في هذه المعدات لتناسب ظروف تشغيل صناعية متنوعة وقابلة للتكيف مع تطبيقات تشغيل مختلفة.

تم تصميم هذه الخلاطات حتى قدرة 45 kW وتم تحسين جميع المكونات الميكانيكية والهيدروديناميكية باستخدام تحليل CFD و FEA المتقدم.



إرشادات اختيار خلاطات سلسلة MSRM

Mixer Selection

MSRM Medium Range Slow Rotating Mixers

Mixer Version Indicator

S Small
M Medium
L Large

Impeller Type Selection

1 Axial Flow Impeller
2 Radial Flow Impeller

Wet Parts Material

S4 SS 304
S6 SS 316L
S7 Duplex SS
S8 Super Duplex SS

Powder Coating

0 N/A
P Polyethylene
T ETFE

Electric Motor Selection

A IP 55 (STANDARD)
B EX db IIB zone1
C EX db IIC zone1
D EX eb IIC zone1
E EX ec zone2

Motor Supply

1 Single PHASE 220/230 VAC
3 Three PHASE 230/400 VAC

Shaft Connection Type

DC Direct Coupling
FC Flange Coupling

Housing Coupling Type

1 Flange Type
2 Clamp Type

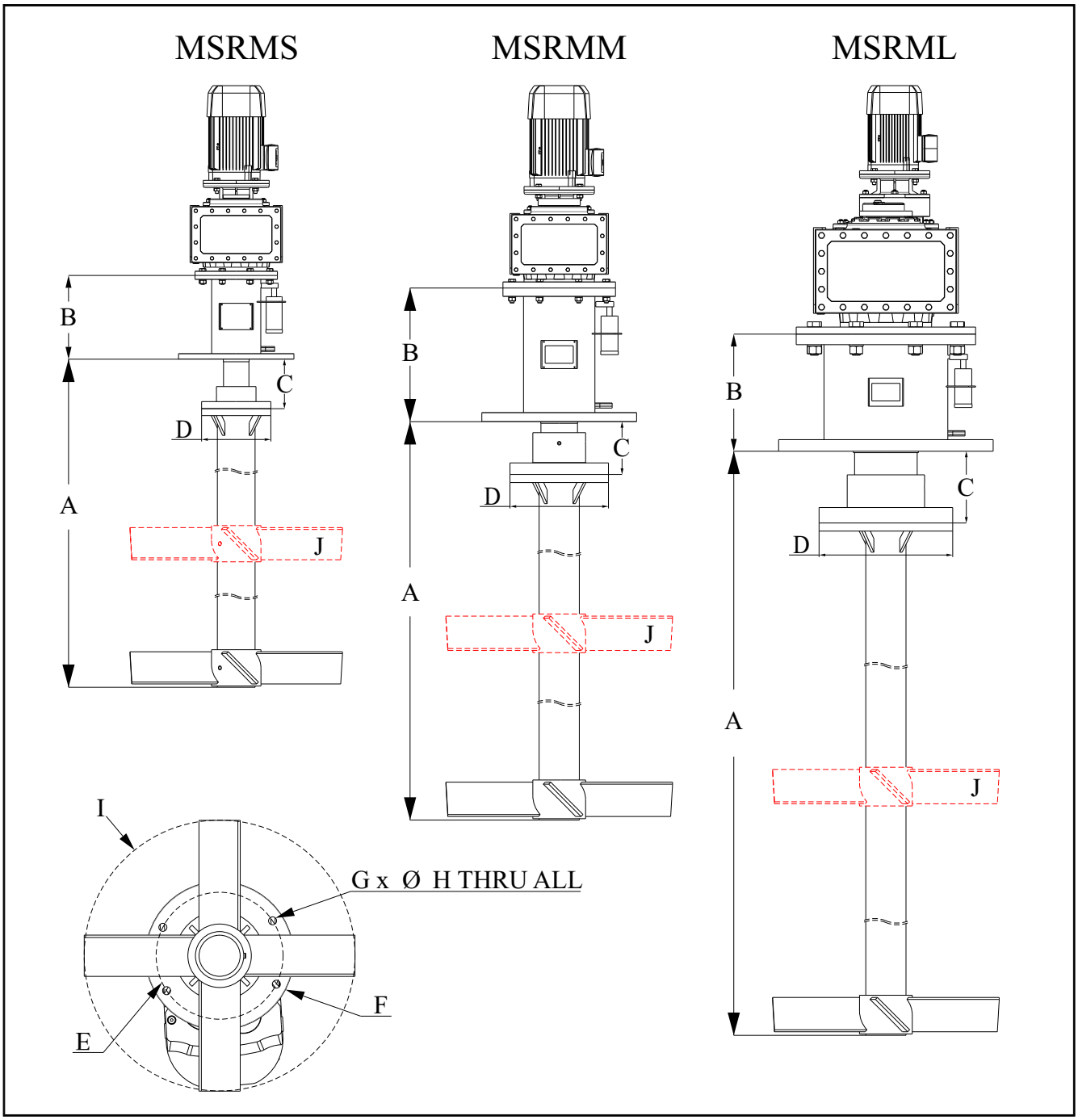
Housing Coating

C1 Polyester
C2 Epoxy
C3 3 Layer Coating

Gearbox Selection

U SIEMENS
V NORD
W BREVINI
X SEW
Y BONFIGLIOLI
Z YILMAZ

المخطط الأبعادي لخلاطات سلسلة MSRM



Mixer Model	Speed Range	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	RPM	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Number Of Impellers
MSRMS	5 ~ 150	1000~5000	100~800	150	210	300	350	6	19(M16)	500~5000	1~6
MSRMM		1000~6000		150	280	400	440	8	21(M20)		
MSRML		1000~12000		204	380	540	610	8	23(M30)		

خلاطات العمليات – سلسلة PSRM



Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

منظور التصميم الميكانيكي

تُطلق تسـمية خلاطات العمليات على نوع خاص من أجهزة التحريك التي تُسـتخدم كجزء أسـاسـي من عملية إنتاج منتج واحد أو عدة منتجات. يتم تركيب هذه الخلاطات على المفاعلات (Reactors) حيث توفر بيئة خلط متجانسة تسهم في تحسين كفاءة وجودة التفاعلات الكيميائية.

التطبيقات الصناعية

تُستخدم هذه الخلاطات على نطاق واسع في صناعات النفط والغاز، والبتروكيماويات، والصناعات الغذائية، والصـناعات التعدينية، باعتبارها من المعدات الأساسية في عمليات الخلط والتفاعل داخل المفاعلات.

أمثلة على المنتجات المصنّعة باستخدام خلاطات العمليات	
اسم المنتج	هدف تركيب الخلاط
(HDPE) البولي إيثيلين عالي الكثافة	تكوين معلق لتحسين عملية البلمرة
(PVC) بولى فينيل كلوريد	تكوين معلق لتحسين عملية البلمرة
حمض التيرفثاليك	عملية الأكسدة (خلط غاز–سائل)
هيدروكسيد الألومنيوم	عملية التبلور (Crystallization)
الذهب والمعادن الثمينة	تكوين معلق لعملية الاستخلاص (Leaching)

الخلاطات العملياتية مقارنة بالخلاطات التقليدية



تتميز الخلاطات العملياتية عن الخلاطات التقليدية بعدة اختلافات جوهرية في التصميم والأداء، أهمها:

١- تصـميم ميكانيكي قوي وجودة تصـنيع عالية لضـمان أعلى مسـتويات الاعتمادية وإطالة فترات الصيانة

٢- تزويدها بختم ميكانيكي (Mechanical Seal) يسـمح بتركيبها على الخزانات والمفاعلات ذات الضغط أو التفريغ (Vacuum)

٣- تصـميم خاص يتيح تنفيذ أعمال الصـيانة دون الحاجة إلى فك كامل الخلاط، مما يقلل زمن التوقف التشغيلي (Downtime) إلى الحد الأدنى .

٤- استخدام سبائك ومواد خاصة لزيادة المقاومة ضد التآكل والاهتراء.

٥- إمكانية تصـــميم وتصـــنيع خلاطات كبيرة الحجم وعالية القدرة وفق متطلبات العمليات الصناعية الثقيلة.

مكونات خلاطات العمليات

- المحرك الكهربائي Electric Motor
- علبة تروس تخفيض السرعة Gearbox
- هيكل المحامل Housing
- هيكل الختم الميكانيكي Seal Housing
- قارنة نقل القدرة Coupling
- الختم الميكانيكي Mechanical Seal
- عمود نقل القدرة Shaft
- لدوافع Impellers
- محمل الدفع Bottom Steady Bearing





الأختام الميكانيكية (Mechanical Seals)

يتم تركيب جزء كبير من الخلاطات العملياتية على مفاعلات تعمل تحت التفريغ أو الضـــغط، حيث يُعد نظام الإحكام عنصراً أساسياً لضمان الســلامة التشــغيلية واستقرار الأداء والموثوقية على المدى الطويل.

توفر هذه الشـــركة ثلاثة أنظمة إحكام مختلفة مع الخلاطات، يتم اختيارها وفقاً لنوع المائع وضغط التشغيل وظروف الخدمة.

ختم ميكانيكي أحادي التشغيل الجاف



تم تطوير هذا النوع من الأختام الميكانيكية بواســـــــطة شـــــــركات عالمية مثل Burgmann و و John Crane و Fluiten وهو مصـمم للتطبيقات منخفضـة السـرعة وفي ظروف تشـغيل خاصة دون الحاجة إلى أنظمة تبريد خارجية.

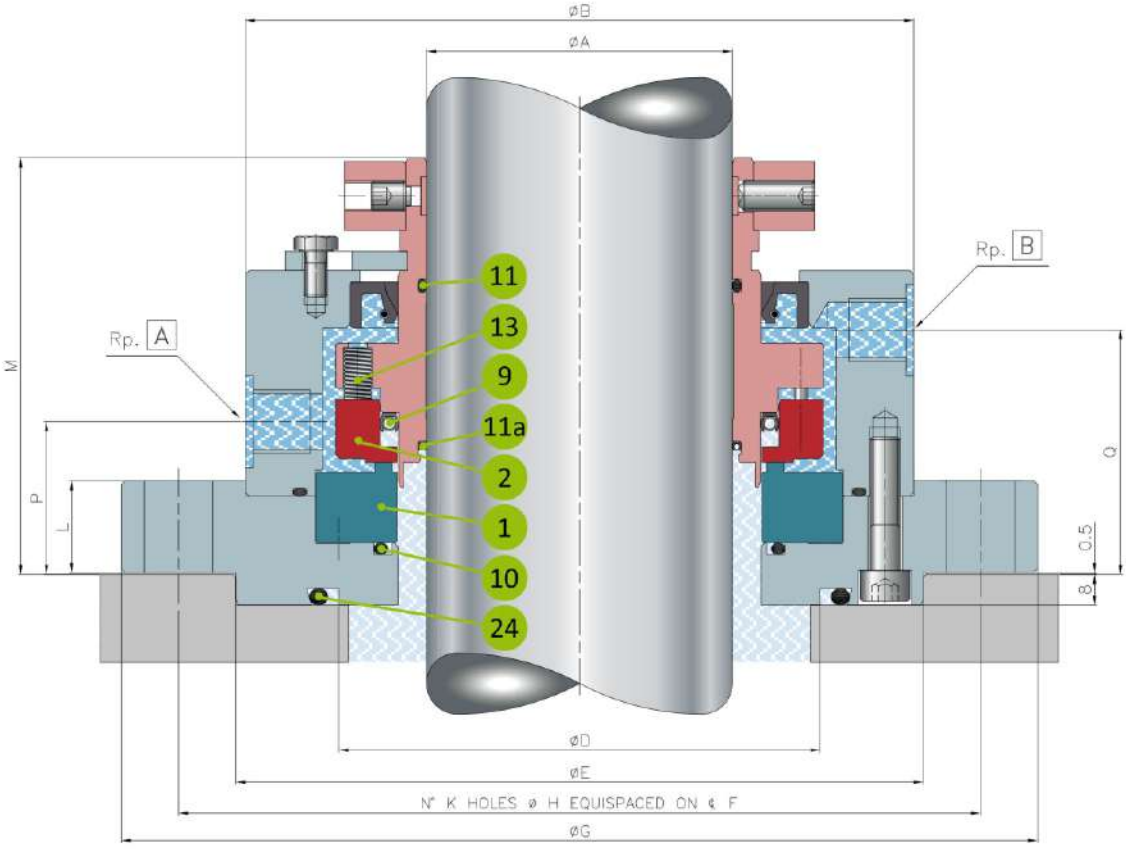
- نطاق ضغط التشغيل: من التفريغ الكامل Full Vacuum الى ٦ بار
- الحد الأقصى للسرعة الانزلاقية: ٥ م/ث
- فترات صيانة ممتدة نسبياً
- حل اقتصادي متوازن مقارنة بأنظمة الإحكام الأخرى

الأختم ميكانيكي أحادي مع نظام تبريد (Plan 23)

تم تصـــــــــميم هذا النوع من الأختام الميكانيكية للتطبيقات التي تتطلب تبديداً محكماً للحرارة وتحسين استقرار الأداء التشغيلي. في هذا النظام، يتم تدوير سائل التبريد عبر دائرة داخلية عند الضغط الجوي، مما يساهم في رفع كفاءة الختم وزيادة مستوى الاعتمادية.

المواصفات التشغيلية:

- نطاق ضغط التشغيل: من التفريغ الكامل Full Vacuum الى ٤ بار
- الحد الأقصى للسرعة الانزلاقية: ٣,٥ م/ث
- سهولة الصيانة: تصميم بسيط يتيح الاستبدال السريع وتقليل فترات الصيانة
- العامل الاقتصـــــادي: حل اقتصـــــادي مُحسَّن مع أقل تكلفة دورة حياة مقارنة بالأختام المعتمدة على السوائل



ختم ميكانيكي مزدوج مع نظام تبريد (Plan 23 / Plan 53A)

يُعد الختم الميكانيكي المزدوج من أكثر أنظمة الإحكام استخداماً وموثوقية في الخلاطات العملياتية، خاصة في التطبيقات الحرجة والضغط العالي ومتطلبات السلامة الصارمة.
في هذا النظام يتم ملء الحيز بين الختمين (Barrier / Buffer Zone) بسائل أو غاز مضغوط، مما يساهم في التحكم بالحرارة ومنع تسرب مائع العملية إلى الخارج، وبالتالي رفع مستوى الأمان التشغيلي والاعتمادية.

المواصفات

- نطاق ضغط التشغيل: من التفريغ الكامل Full Vacuum إلى ٢٠ بار
- الحد الأقصى للسرعة الانزلاقية: ٢٠ م/ث
- مناسب للتطبيقات ذات الضغط العالي والخدمات الحرجة
- فترات صيانة طويلة الأمد
- تكلفة إجمالية مرتفعة مقارنة بأنظمة الختم الأحادي



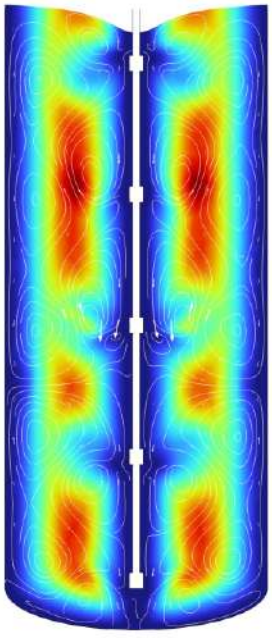
كيفية اختيار خلاطات سلسلة PSRM

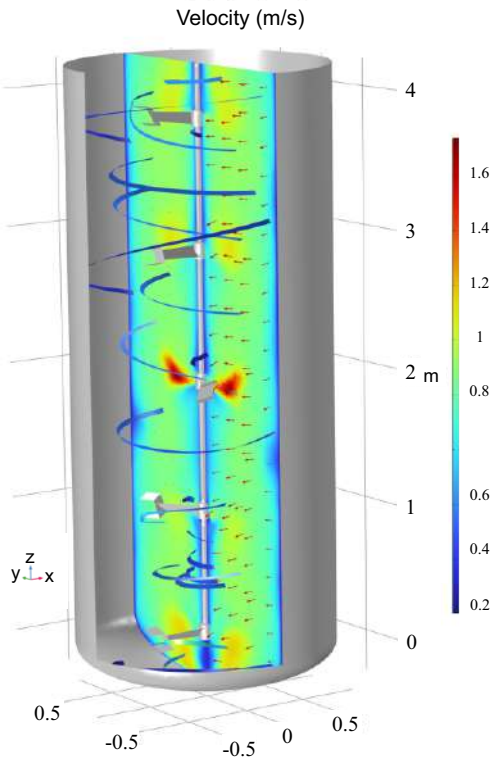


يتم تصـــميم وتصـــنيع خلاطات سلســـلة PSRM بتكوينات متعددة لتلبية مجموعة واسعة من المتطلبات التشغيلية وتطبيقات البلمرة المختلفة.
وفيما يلي المواصفات العامة لهذه السلسلة:

موديل الخلاط	الحد الأقصى للقدرة (kw)	قطر الدافعة (m)	الحد الأقصى لطول العمود (m)	الحد الأقصى لعدد الدوافع
PSRMS	5.5	0.2 ~ 4	20	12
PSRMM	11			
PSRML	45			
PSRMVL	160			

تُعد خلاطات سلســـلة PSRM جزءاً أساسياً من عمليات البلمرة. (Polymerization) و تُستخدم على نطاق واسع في إنتاج طيف متنوع من المنتجات البوليمرية.
رولتحســـين كفاءة الخلط وتعزيز أداء المفاعلات، يتم الاعتماد على تحليل ديناميكا الموائع الحســـابية (CFD) خلال مرحلة التصـــميم، حيث تُســـتخدم هذه التحليلات لتحديد القطر الأمثل للدوافع، وعددها، والمســـافات الفاصلة بينها، بالإضافة إلى دراسة أنماط الجريان ومختلف المعايير الهيدروديناميكية بما يضمن تحقيق أفضل أداء تشغيلي.





نظام التنديف بالريش

Paddlewheel Flocculator



PTS
Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

نظام التنديف بالريش Paddlewheel flocculator

تُعد عملية التنديف من المراحل الأساسية في معالجة المياه ومياه الصرف الصحي، حيث تتحول الجسيمات الدقيقة العالقة، بفعل الخلط الهادئ والمتحكم به، إلى ندف أكبر (Flocs) قابلة للترسيب.

تُفي عمليات المعالجة، تتشكل الندف الأولية من خلال الخلط السريع، ثم خلال مرحلة التنديف تنمو هذه الجسيمات تدريجياً إلى ندف أكبر نتيجة الحركة الهيدروديناميكية اللطيفة والتصادمات المتتابعة بين الجسيمات.

تنقسم أنظمة التنديف إلى مجموعتين رئيسيتين: الأنظمة الميكانيكية والأنظمة الهيدروليكية. وتشمل الطرق الميكانيكية الخلاطات الريشية والتوربينية، بينما تشمل الطرق الهيدروليكية مضخات النفث وأنظمة التهوية.



نظام التنديف بالريش Paddlewheel flocculator

ويُعد التنديف باستخدام الخلاطات الريشية الأفقية والعمودية اليوم تم تصميم خلاطات سلسلة من أكثر طرق التنديف شيوعاً وفعالية في صناعة معالجة المياه ومياه الصرف الصحي. توفر هذه الأنظمة خلطاً لطيفاً ومتجانساً يحقق كفاءة عالية في تكوين الندف وإزالة المواد الصلبة العالقة.
وعلى الرغم من ارتفاع تكاليف الاستثمار الأولية والصيانة مقارنة
ببعض الطرق الأخرى، لا تزال أنظمة التنديف بالريش من أكثر الأنظمة موثوقية وانتشاراً في محطات المعالجة.

وفي التصاميم التقليدية، يتم تنفيذ التنديف بالريش عادةً ضمن ثلاث مراحل متتالية (ثلاثة خزانات على التوالي)، حيث يتم تخفيض تدرج السرعة (Velocity Gradient) تدريجياً من المرحلة الأولى حتى المرحلة النهائية لتحقيق أفضل ظروف لنمو الندف واستقرارها.

يوضح الجدول أدناه مقارنة عامة بين طرق التنديف المختلفة.

الوصف	التنديف بالريش	التنديف التوربيني	التنديف الهيدروليكي
حجم الندف المتكوّن	كبير ومستقر	صغير إلى متوسط	كبير جداً
فقدان الضغط	شبه معدوم	متوسط	مرتفع
مرونة العملية	عالية	عالية جداً	محدودة
تكلفة الاستثمار	متوسطة إلى مرتفعة	متوسطة	منخفضة
تكلفة التشغيل والصيانة	متوسطة	منخفضة	متوسطة
تعقيد التصميم والتنفيذ	مرتفع نسبياً	متوسط	مرتفع نسبياً

تمتلك هذه الشركة خبرة تمتد لعدة سنوات في مجال تصميم وتصنيع أنظمة التنديف بالريش، وتتمتع بالقدرة على تقديم جميع الخدمات الهندسية بشكل متكامل، بما في ذلك التصميم والتصنيع والتركيب والتشغيل.

التصميم العملياتي

يتم تصميم محطات معالجة المياه ومياه الصرف الصحي وفقًا لتدرج السرعة (Velocity Gradient) ومتطلبات العملية التشغيلية. ومن خلال استخدام برامج هندسية متخصصة في التصميم والحسابات، تقوم الشركة بإجراء جميع الحسابات اللازمة للمندّف بعد استلام بيانات العملية وأبعاد الخزان. وتشمل هذه الحسابات تحديد القدرة المطلوبة، واختيار علبة التروس، وأبعاد الريش، وعدد الأذرع، وسرعة طرف الريشة (Tip Speed) بالإضافة إلى باقي المعايير التشغيلية.

تتم جميع معايير وحسابات التصميم وفق أحدث الأساليب والمعايير العالمية المعتمدة في صناعة معالجة المياه ومياه الصرف الصحي.

التصميم الميكانيكي للريش

بعد الانتهاء من مرحلة التصميم العملياتي، يتم تطوير التصميم الميكانيكي للخلاط بواسطة القسم الهندسي. وقبل اعتماد التصميم النهائي، يتم تحليل جميع الأجزاء الحساسة باستخدام طريقة العناصر المحددة (FEM) وتشمل هذه التحليلات دراسة الإجهادات، والانفعالات، وإجهادات التعب، والترددات الطبيعية، والتشوهات، وغيرها من المعايير الميكانيكية، بهدف ضمان تشغيل آمن ومستقر وموثوق في ظروف التشغيل المستمر.

التصميم الميكانيكي للهيكل والمحامل

يُعد الهيكل الخارجي (Housing) ونظام المحامل من أكثر الأجزاء حساسية في أجهزة التنديف بالريش، ولذلك يتم تصميمه وفق أعلى معايير الاعتمادية والعمر التشغيلي الطويل. وقد تم تصميم هذه المنظومة بحيث تكون قادرة على امتصاص وتحمل جميع الأحمال الشعاعية والمحورية بشكل كامل، مع ضمان أداء مستقر وموثوق في ظروف التشغيل المستمر وعلى المدى الطويل.

كما يساهم التصميم المُحسَّن للهيكل ونظام المحامل في تقليل انتقال الإجهادات الميكانيكية إلى منظومة نقل الحركة، مما يؤدي إلى رفع مستوى الاعتمادية، وتقليل تكاليف الصيانة، وإطالة العمر التشغيلي للمعدة.

مزايا نظام التنديف بالريش



الأداء التشغيلي

- تكوين ندف كبيرة ومستقرة بكفاءة عالية
- تشـــغيل مســـتقر في ظروف التشـــغيل المستمر
- تحكم دقيق في Tip Speed لمنع تكســـــر الندف
- إمكانية التحكم بالســـــــرعة باستخدام منظومة VFD

الاعتمادية والصيانة

- موثوقية عالية في التشغيل طويل الأمد
- مقاومة عالية للتآكل والاهتراء
- متطلبات منخفضة للصيانة الدورية
- سهولة صيانة واستبدال القطع المستهلكة

التصميم والتصنيع

- إمكانية التصنيع من الفولاذ المقاوم للصدأ (Stainless Steel)
- مصمم للتشغيل الصناعي المستمر
- متطلبات منخفضة للصيانة الدورية

Side Entry Mixers

كتالوج خلاطات الدخول الجانبي



PTS

Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixer)

تُعرف هذه الخلاطات أيضاً باسم خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixers) أو الخلاطات الأفقية، وتُعتبر من الحلول الفعّالة والاقتصادية واسعة الاستخدام في مختلف الصناعات، وذلك بفضل تصميمها المعتمد على عمود قصير، وسرعات تشغيل عالية، ودوافع محورية الجريان (Axial Flow Impellers) ذات كفاءة مرتفعة.

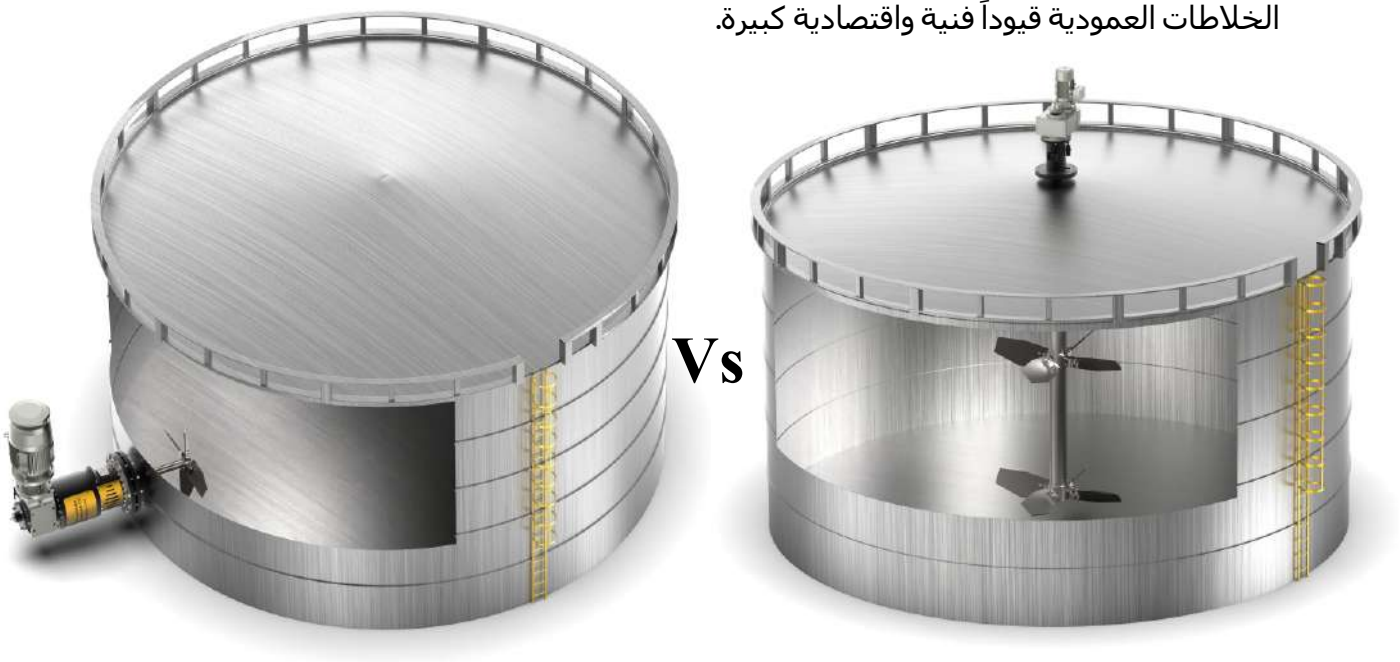


خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixer)

تُستخدم هذه الخلاطات بشكل أساسي في الحالات التي تتحقق فيها إحدى الظروف الثلاثة التالية:

١) الخزانات كبيرة الحجم

فى العديد من الصناعات، ولا سيما صناعات النفط والغاز والبتروكيماويات والصناعات الغذائية، قد يصل قطر الخزانات إلى ٨٠ متراً وارتفاعها إلى ٢٠ متراً. وفي هذه الحالات، يواجه استخدام الخلاطات العمودية قيوداً فنية واقتصادية كبيرة.



في مثل هذه الظروف، تظهر التحديات التالية:

- **كبر قطر الدافعة:**

لتحقيق خلط مثالي، تُعتمد نسبة قطر الدافعة إلى قطر الخزان بحوالي ٠,٣، مما يؤدي إلى زيادة القصور الذاتي وارتفاع القدرة المطلوبة في الخزانات الكبيرة.

- **زيادة طول وقطر العمود:**

زيادة ارتفاع الخزان تؤدي إلى زيادة طول العمود، مما يجعل التحكم في الانحراف (Deflection) وتجنب التشغيل في منطقة الرنين (Resonance) أكثر تعقيداً، وقد يتطلب زيادة قطر العمود أو استخدام محامل مساعدة.

خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixer)

- **الحجم الكبير لعلبة التروس (Gearbox):**

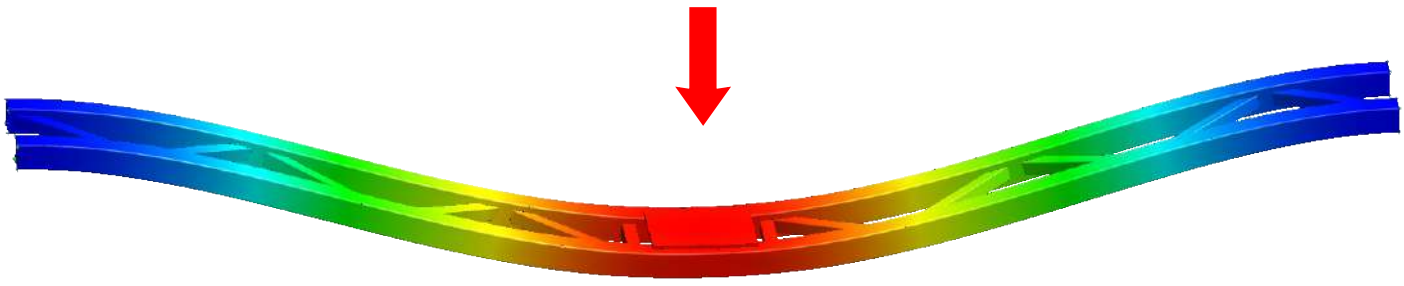
تشغيل العزم العالي عند السرعات المنخفضة يؤدي إلى الحاجة إلى علب تروس كبيرة . وثقيلة



- **الحجم الكبير للهيكل الداعم فوق الخزان:**

الوزن الكلـي الناتج عن العمود والدافعة وعلبة التـروس يتطلب هياكل دعم قوية، مما يـزيد من تعقيد التركيب والتكلفة.

وبناءً على ذلك، تُعد خلاطات الدخول الجانبي حلاً مثالياً واقتصادياً وهندسياً لتحسـين أداء الخلط في الخزانات الكبيرة.

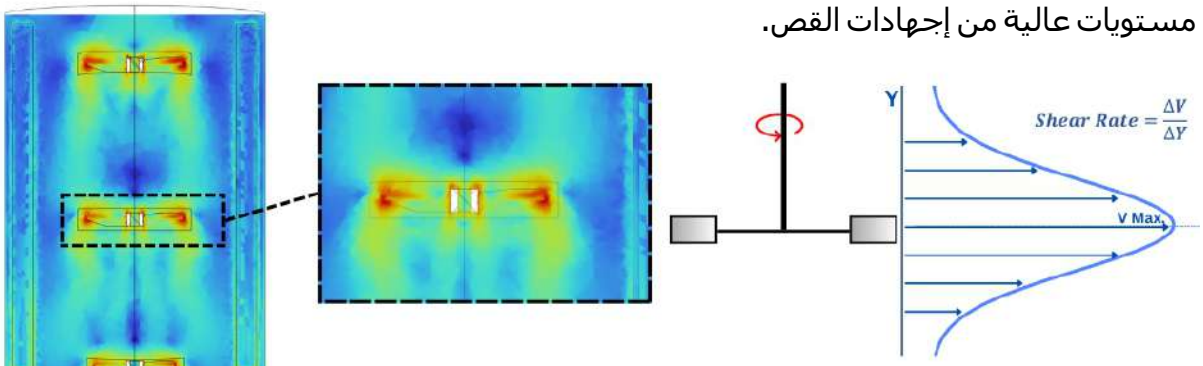


خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixer)

٢- عدم الحاجة إلى إجهادات القص العالية (Shear Stresses)

في العديد من عمليات الخلط، يكون تطبيق إجهادات القص (Shear Stresses) ضرورياً لتسريع العملية أو تحقيق كفاءة أعلى في الخلط، مثل إذابة السكر في الماء، حيث تؤدي قوى القص الناتجة عن حركة الدافع إلى تفتيت الجزيئات وتسريع عملية الذوبان.

أما في عمليات مثل التخمير (Fermentation)، أو التجانس (Homogenization)، أو التخزين، فإن الهدف الأساسي هو الحفاظ على تجانس محتويات الخزان دون الحاجة إلى تطبيق مستويات عالية من إجهادات القص.



في مثل هذه التطبيقات، تُعد خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry Mixers) حلاً مثالياً من حيث الكفاءة التشغيلية



٣- عمليات التعليق (Suspension) للمواد ذات فرق الكثافة المنخفض:

في صناعة تكرير النفط الخام، توجد العديد من خزانات التخزين التي يهدف فيها الخلط إلى منع ترسب المياه والحمأة (BS&W) داخل الخزان. ونظراً لأن فرق الكثافة بين هذه المكونات والسائل الرئيسي منخفض نسبياً، فإن استخدام خلاطات الدخول الجانبي يؤدي، بفضل تصميمها الهيدروديناميكي المناسب، إلى تحقيق دوران منتظم داخل الخزان، مما يحدّ بشكل فعّال من ترسب المواد في قاعه.

المكوّنات الرئيسية لخلاطات الدخول الجانبي

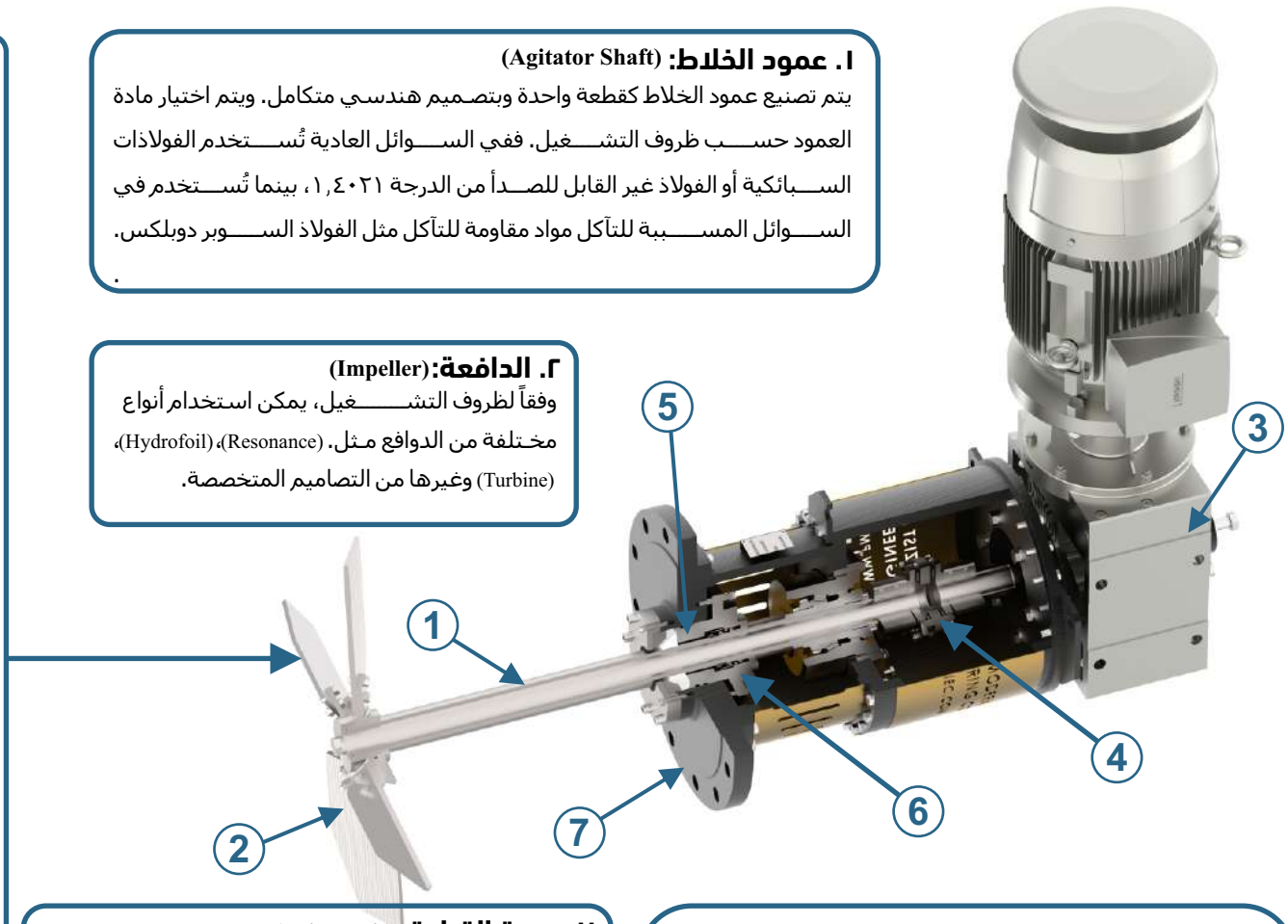


١. عمود الخلاط: (Agitator Shaft)

يتم تصنيع عمود الخلاط كقطعة واحدة وبتصميم هندسي متكامل. ويتم اختيار مادة العمود حسب ظروف التشغيل. ففي السوائل العادية تُستخدم الفولاذات السبائكية أو الفولاذ غير القابل للصدأ من الدرجة ١,٤٠٢١، بينما تُستخدم في السوائل المسببة للتآكل مواد مقاومة للتآكل مثل الفولاذ السوبر دوبلكس.

٢. الدافعة: (Impeller)

وفقاً لظروف التشغيل، يمكن استخدام أنواع مختلفة من الدوافع مثل: (Resonance)، (Hydrofoil)، (Turbine) وغيرها من التصاميم المتخصصة.



٣. وحدة القيادة: (Drive Unit)

يتم تصميم وتجهيز نظام قيادة الخلاط وفقاً لظروف التشغيل ومتطلبات العملية، باستخدام علب تروس صناعية من نوع Parallel Shaft و Bevel Helical لضمان كفاءة التشغيل والاعتمادية العالية.

٤. القارنة المرنة: (Flexible Coupling)

تُستخدم القارنات المرنة في نظام قيادة الخلاط للتعويض عن أخطاء المحاذاة والحدّ من الاهتزازات الناتجة عن التفاوتات الهندسية. ويسهم هذا التصميم في تقليل الإجهادات المحورية والشعاعية، وإطالة العمر التشغيلي لعلبة التروس، بالإضافة إلى تحسين أداء ومتانة الختم الميكانيكي Mechanical Seal.

٥. آلية العزل : (Shut off Device)

تتيح هذه الآلية إجراء أعمال الصيانة واستبدال الختم الميكانيكي Mechanical Seal بالكامل أثناء بقاء الخزان ممتلئاً بالمائع وفي حالة تشغيلوتلغي هذه الميزة الحاجة إلى تفريغ المائع التشغيلي، مما يسهم بشكل كبير في تقليل فترات التوقف والتكاليف التشغيلية .

٦. الختم الميكانيكي : (Mechanical Seal)

الختم الميكانيكي المستخدم في خلاطات الدخول الجانبي هو ختم ميكانيكي مفرد Mechanical Seal ويتم توريده من شركات عالمية معتمدة مثل John Crane (الولايات المتحدة)، و Burgmann (ألمانيا)، Fluiten (إيطاليا).

ولغرض تبريد وتشحيم نظام الإحكام، يمكن استخدام مخططات API 682 القياسية. وفي الحالات التي يحتوي فيها المائع داخل الخزان على مواد صلبة عالقة أو ملوثات، أو عند ارتفاع درجة الحرارة، أو امتلاكه خصائص كاشطة (Abrasive) ، يصبح استخدام المخططAPI (Plan 32ضرورياً للتبريد والغسيل(Flushing الخاص بالختم الميكانيكي.

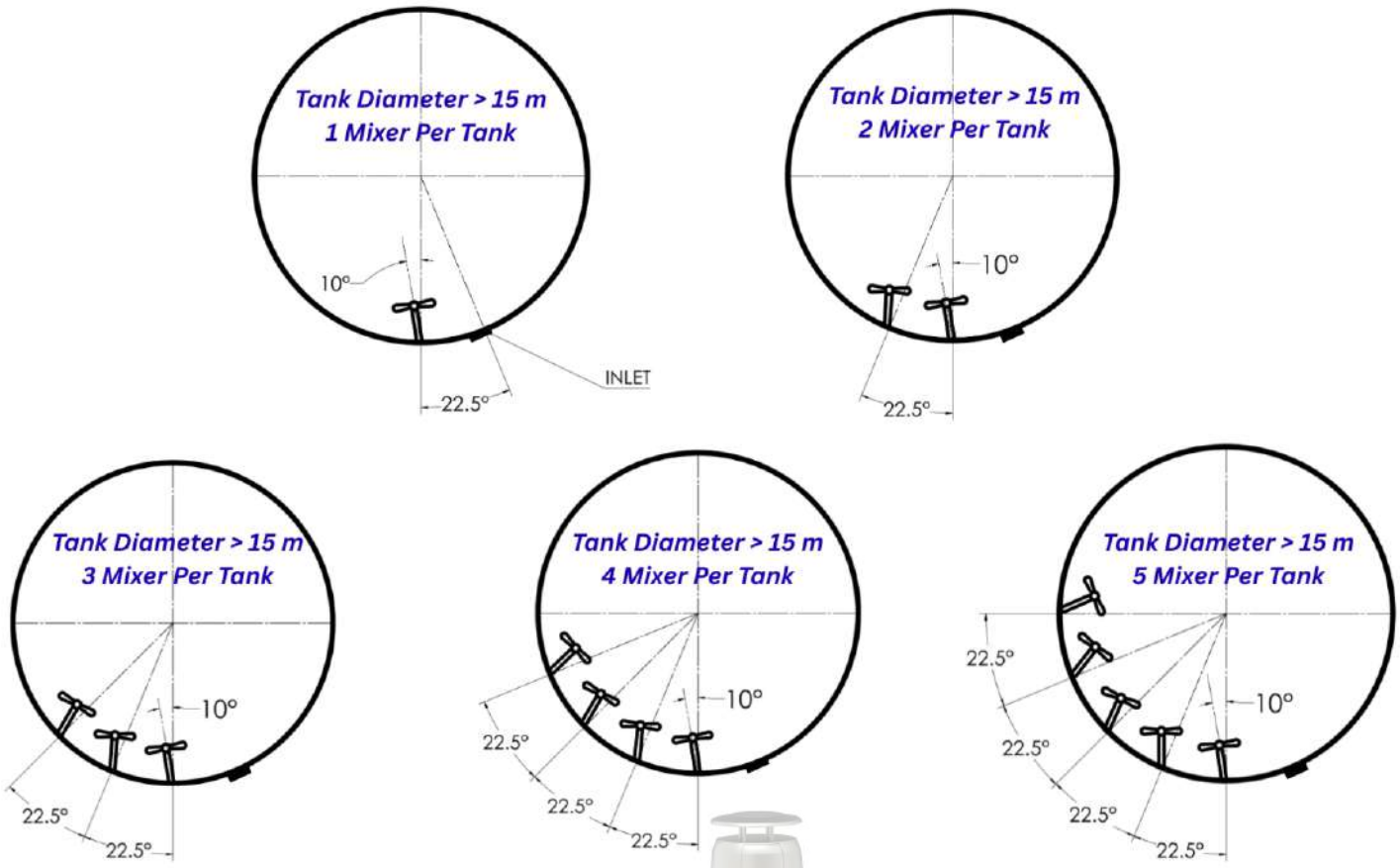
٧. فلنج التثبيت : (Mounting Flange)

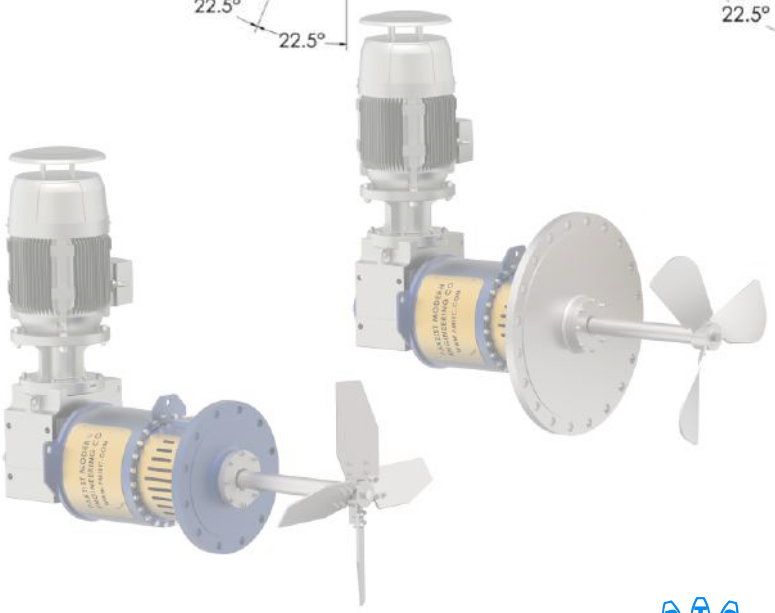
يتم تصميم وتصنيع فلنج تثبيت الخلاط على فوهة الخزان وفقاً لمعيار ASME B16.5، للأحجام الأقل من ٢٤ بوصة ووفقاً لمعيار Series A & B، ASME B16.47 أما الأبعاد الأكبر من ٢٤ للأحجام الأكبر من ٢٤ بوصة.

توزيع وترتيب خلاطات الدخول الجانبي

يُعد توزيع وترتيب خلاطات الدخول الجانبي على جدار الخزان من العوامل الرئيسية لتحقيق الأداء الأمثل للنظام. ويتم تحديد مواقع التركيب وفقاً لهندسة الخزان وبزوايا محددة مسبقاً.

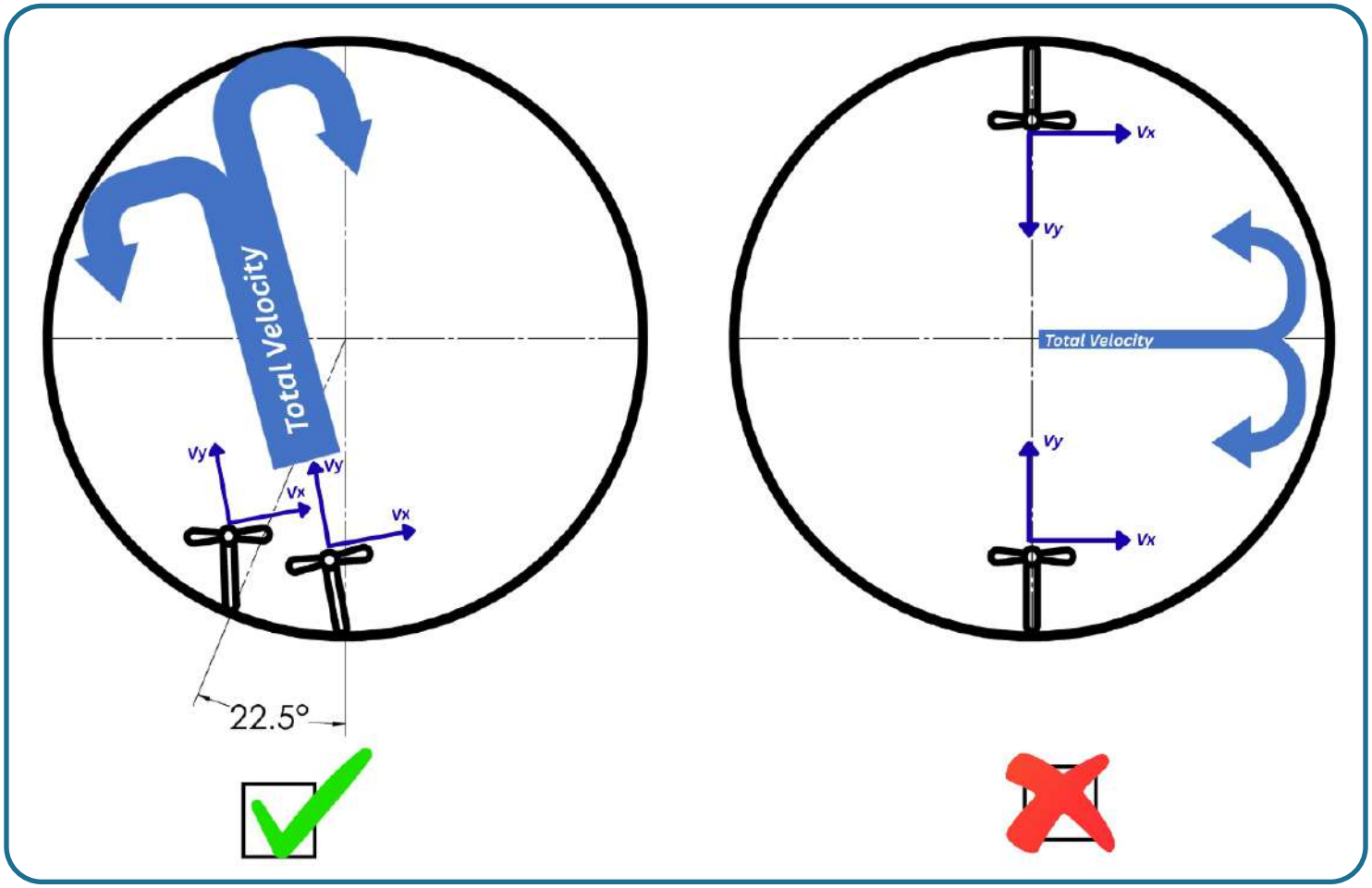
كما يُعتبر طول تيار النفث (Jet Stream) وسعة ضخ الدافعة من العوامل الأساسية في تحديد عدد الخلاطات المطلوبة لكل خزان.





توزيع خلاطات الدخول الجانبي (دراسة هندسة الترتيب)

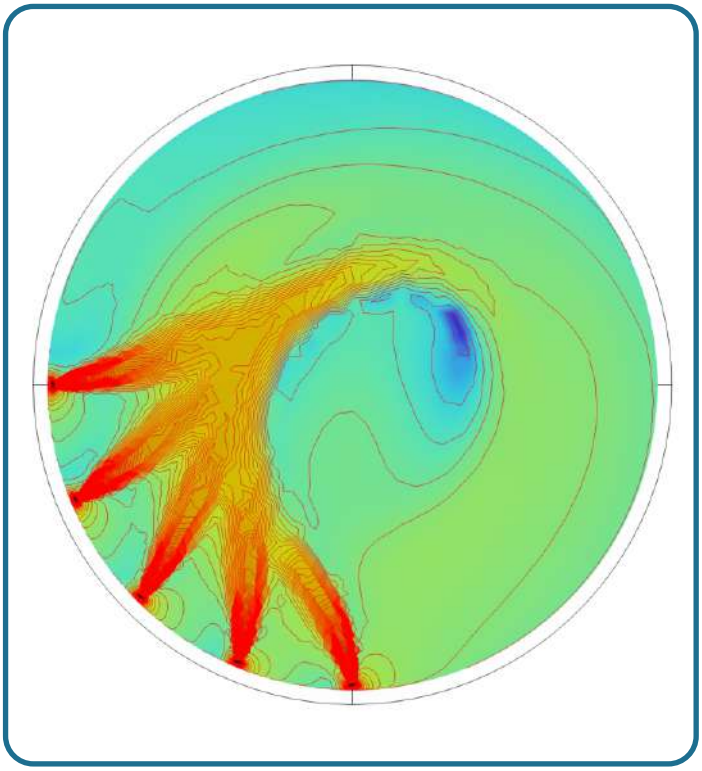
كما هو موضح أدناه، في التوزيع الأمثل لخلاطات الدخول الجانبي (الصورة اليسرى)، يتم تركيب خلاطين بزاوية ٢٢,٥ درجة بالنسبة لنصف قطر الخزان، مما يؤدي إلى توافق متجهات سرعة الجريان وتكوين محصلة تدفق أكثر كفاءة. وعلى العكس من ذلك، في الترتيب المتقابل (الصورة اليمنى)، تلغي مكونات الجريان بعضها البعض، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في كفاءة الخلط.

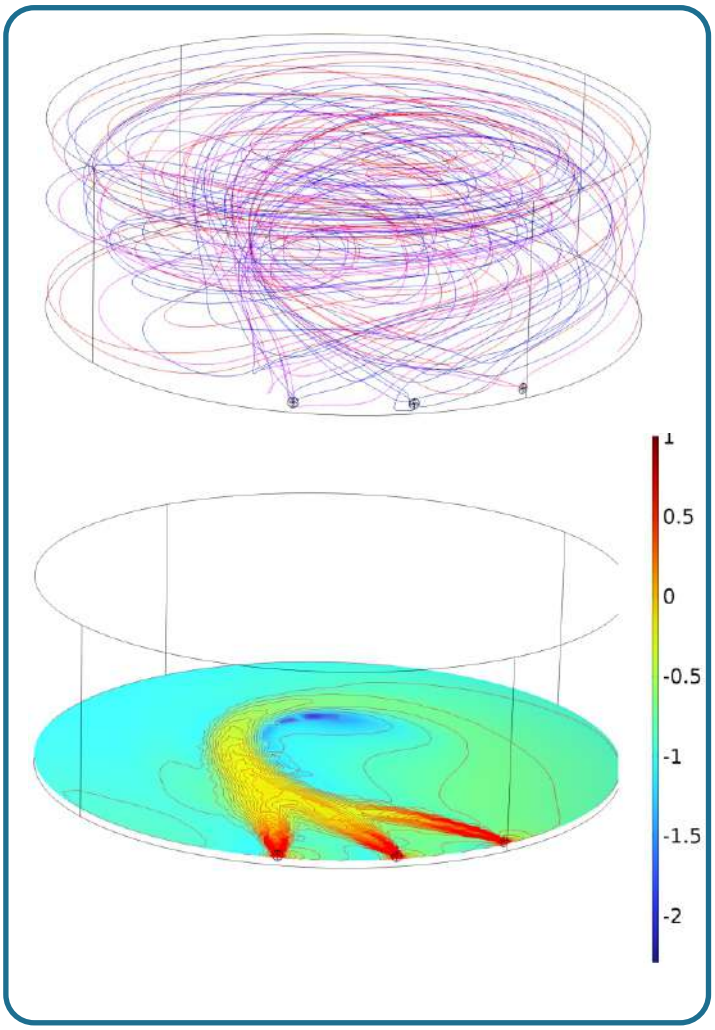




تحليل CFD (ديناميكا الموائع الحسابية)

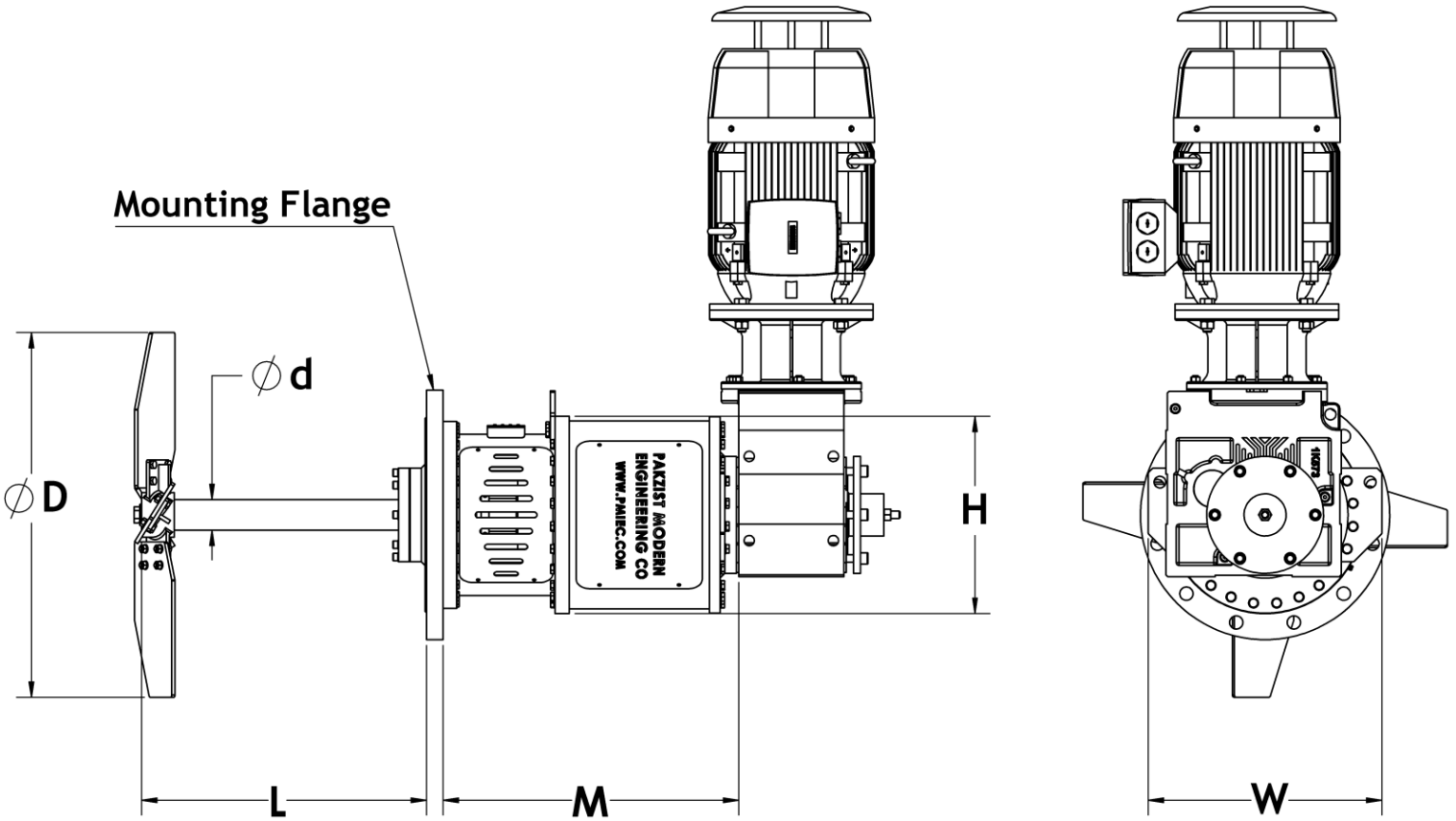
تُجرى محاكاة وتحليلات CFD (ديناميكا الموائع الحسابية)، بشكل مخصص وفقاً لنوع العملية وتصميم الخزان، مما يتيح تقديم الحلول الفنية الأمثل في تصميم واختيار خلاطات الدخول الجانبي. وتوفر هذه التحليلات تمثيلاً ثلاثي الأبعاد دقيقاً لسلوك الجريان، كما تساهم في تحديد العدد الأمثل واتجاهات تركيب الخلاطات، مما يمنع تكوّن المناطق الراكدة (Dead Zones) ويضمن تحقيق خلط متجانس.





مواصفات قياسية لخلاطات الدخول الجانبي

تعتمد خلاطات الدخول الجانبي (Side Entry) لدى هذه الشـــركة على نظام نقل قدرة يتكون من محرك كهربائي وعلبة تروس صناعية، مما يضمن تشغيلًا مستقرًا مع أقل قدر من الاهتزاز. ويؤدي استخدام نظام نقل حركة تروس بدلاً من الســـير والبكرات إلى زيادة الكفاءة، وتحســـين المتانة، وتســـهيل أعمال الصـــيانة. وتتوفر هذه الخلاطات الصـــناعية بعدة موديلات وقدرات مختلفة وفقاً لحجم الخزان ومتطلبات العملية.

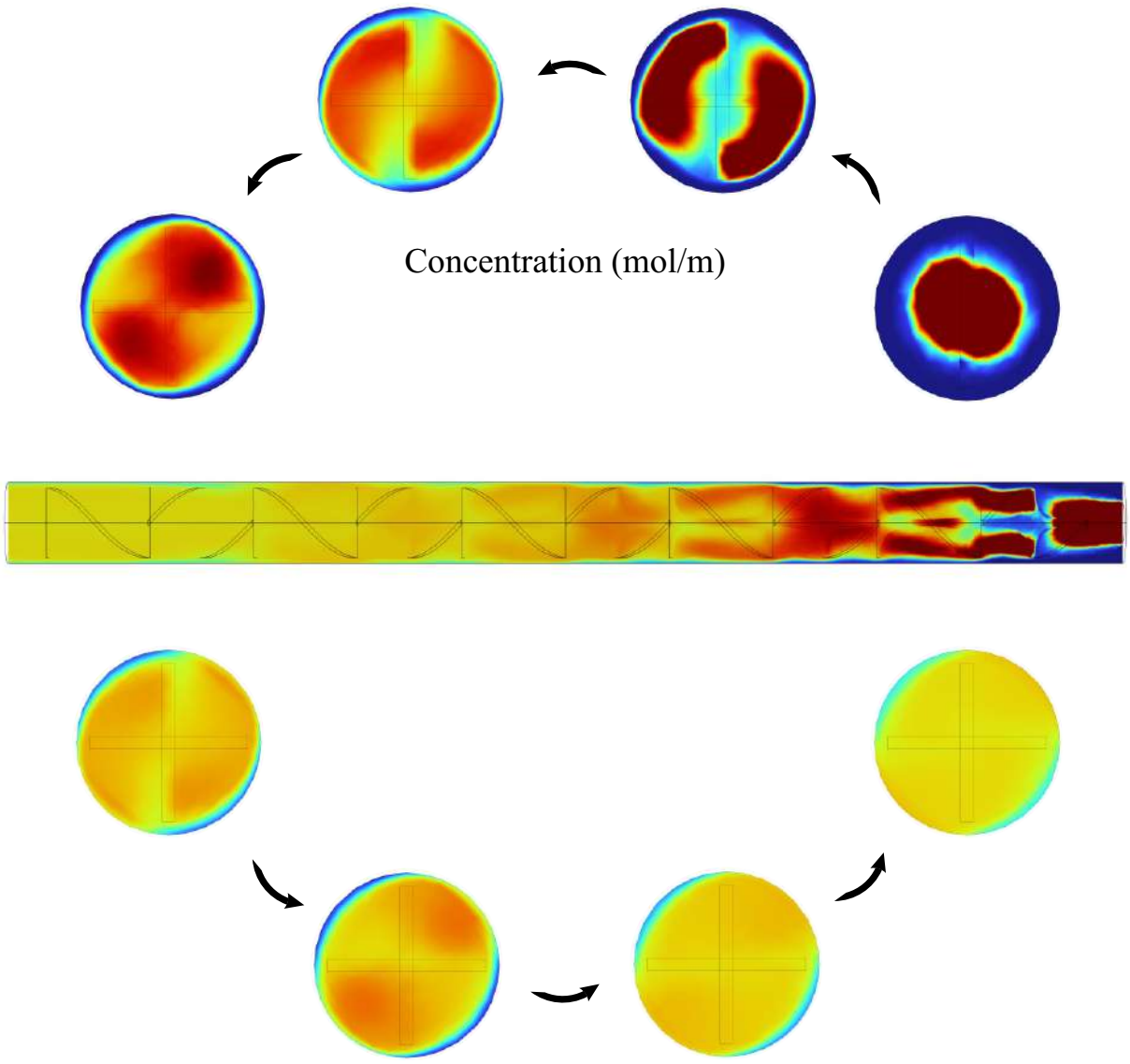


المواصفات القياسية لخلاطات المدخل الجانبي

Category	Parameter	Symbol	SEMS	SEML
Dimensions and Mechanics	Impeller Diameter (mm)	ØD	400 ~ 800	400 ~ 800
	Shaft Length (mm)	L	400 ~ 1000	400 ~ 1000
	Overall Dimensions	MxWxH	628x500x422	688x600x505
	Shaft Diameter (mm)	Ød	65	80
	Impeller Material		SS 316L, Duplex and Super Duplex SS,CS	SS 316L, Duplex and Super Duplex SS,CS
	Mounting		Flanged	Flanged
	Angle		Fixed	Fixed
Performance	Motor Power (Kw)		5.5 ~ 22	30 ~ 55
	Speed (RPM)		200 ~ 400	200 ~ 400
	Torque (N.m)		Up to 720	Up to 1800
	Tank Turnover per Minutes		0.05 ~ 0.2	0.05 ~ 0.2
Operating Conditions	Max. Temperature (°C)		-20 ~ 55	-20 ~ 55
	Viscosity Range (cP)		Up to 1000	Up to 1000
	Max. Pressure (bar)		Up to 6	Up to 6
	Permitted Fluids		Crude oil, Fuel Oil (e.g. HFO, Diesel),Water Alcohols (e.g. Ethanol, Methanol), Wastewater or Effluent, Latex or Polymer Emulsions	
	Seal Type		Single Mechanical Seal	Single Mechanical Seal
	Maintenance lnterval		10,000 hr	10,000 hr

Static Mixers

مقدمة حول الخلاطات الساكنة



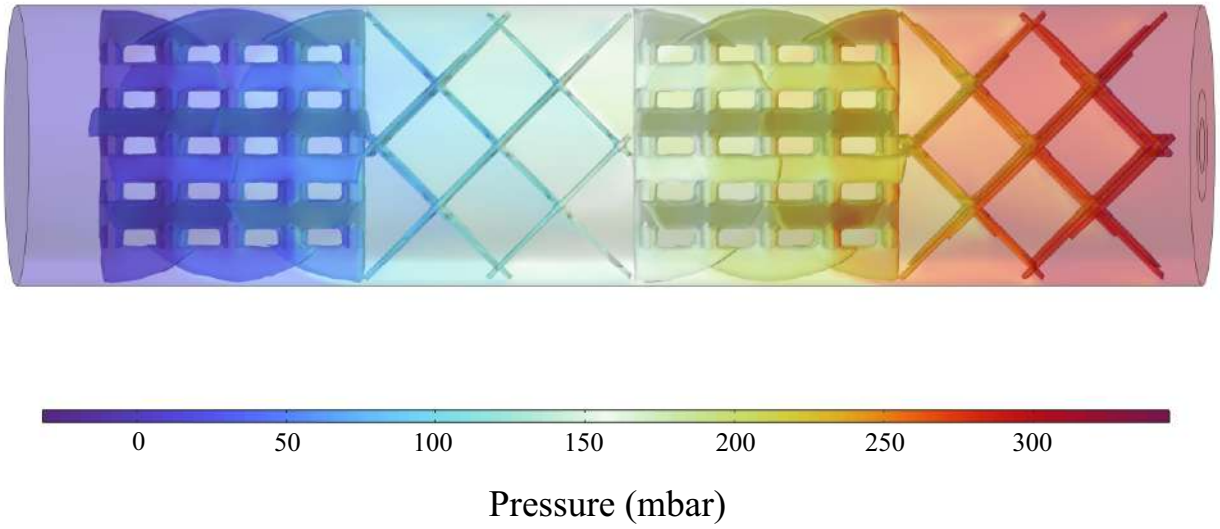
PTS
Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

مقدمة حول الخلاطات الساكنة (Static Mixers)

في هندسة العمليات، يُستخدم مفهوم الأنظمة الساكنة مقابل الأنظمة الديناميكية أو المتحركة. وفي تقنيات الخلط، تُعرَّف الخلاطات الساكنة بأنها تجهيزات تكون فيها عناصر الخلط ثابتة (Element) تماماً، بينما يمر المائع عبرها اعتماداً على طاقته الحركية، مما يحقق عملية الخلط والتجانس بكفاءة عالية.

يتم توفير الطاقة اللازمة لهذه العملية من خلال هبوط الضغط (Pressure Drop) المتولد على طول الخلاط. ويتراوح هذا الهبوط، تبعاً للتصميم وظروف التشغيل، من عدة ميلي بار (mbar) إلى عدة عشرات من البار(bar) .



في العديد من الصناعات، تتم عمليات الخلط بشكل تقليدي داخل الأوعية والمفاعلات والخزانات. ومع ذلك، يمكن في بعض التطبيقات إجراء عمليات الخلط وحتى التفاعلات الكيميائية داخل خطوط الأنابيب، بحيث يمكن اعتبار الأنبوب في ظروف تشغيل معينة بمثابة مفاعل. في مثل هذه الحالات، تُعد الخلاطات الساكنة في خطوط الأنابيب حلاً اقتصادياً وفعالاً للغاية للعمليات الكيميائية، خاصة في التطبيقات التي تتطلب خلطاً سريعاً وزمن مكوث منخفض (Residence Time) ، مثل عمليات البوليمرات المنصهرة التي يؤثر فيها الزمن بشكل مباشر على خصائص المنتج النهائي.

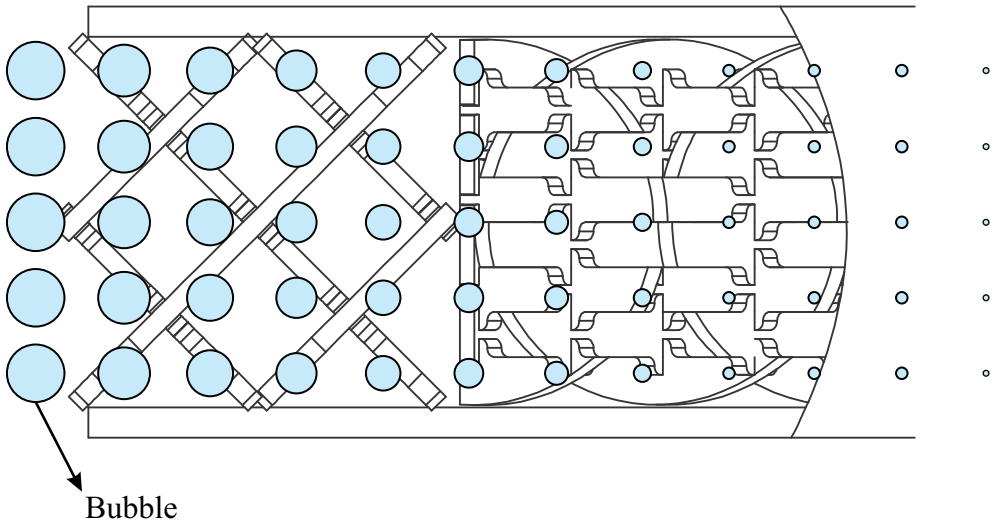
التطبيقات الرئيسية للخلاطات الساكنة

- **العمليات المستمرة (Continuous Processes)** . تُستخدم الخلاطات الساكنة على نطاق واسع في عمليات الخلط المستمرة مثل خلط الماء مع غاز الكلور. في هذه الحالة، يتم إدخال التيارات بشكل متزامن إلى الخلاط، مما يؤدي إلى الحصول على مزيج متجانس تماماً عند المخرج.

- **تطبيقات التفريغ (Vacuum Applications)**. في بعض التطبيقات مثل إنتاج الدهانات والمواد اللاصقة، يجب أن تتم عملية الخلط في غياب الأكسجين أو الغازات غير المرغوب فيها. توفر الخلاطات الساكنة خلطاً مستقراً ومتجانساً في مثل هذه الظروف.

- **تكوين الجريان السدادي (Plug Flow Regime)**. في تطبيقات انتقال الحرارة للسوائل عالية اللزوجة، تعمل الخلاطات الساكنة على تحقيق الجريان السدادي (Plug Flow) ومنع ظاهرة الخلط العكس (Back Mixing) مما يؤدي إلى تحسين كبير في كفاءة انتقال الحرارة وتقليل زمن الخلط.

- **تطبيقات الغاز السائل (Gas–Liquid Applications)** .في العمليات الكيميائية التي تشمل الطور الغازي، مثل إنتاج المشروبات الغازية، يتم تشتيت غاز ثاني أكسيد الكربون بشكل متجانس داخل الطور السائل، مما ينتج محلولاً مستقراً ومتجانساً.

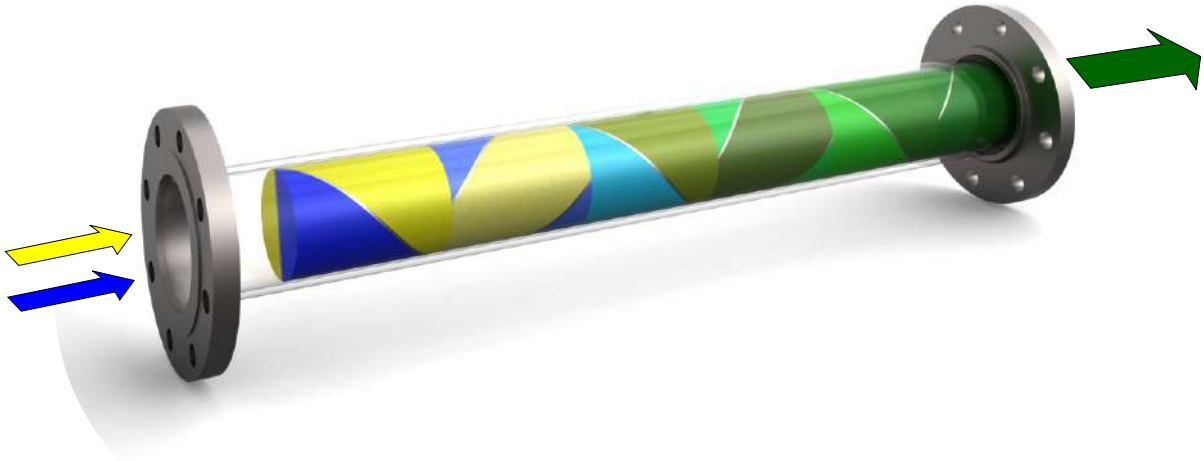


التطبيقات الرئيسية للخلاطات الساكنة

- **عمليات الضغط العالي (High-Pressure Processes)**. تُستخدم الخلاطات الساكنة في تطبيقات الضغط العالي مثل خلط درجات مختلفة من البولي إيثيلين في صناعة أنابيب البولي إيثيلين. قد تصل ضغوط التشغيل في هذه العمليات إلى عدة مئات من البار، مع الحفاظ على أداء خلط مستقر ومتجانس.

- **التطبيقات محدودة المساحة(Space-Limited Applications)**.في بعض العمليات مثل تحلية النفط الخام (Sweetening)، يتم خلط النفط الخام مع حمض الكبريتيك داخل خطوط الأنابيب وبسعات كبيرة. تنفيذ هذه العمليات داخل الخزانات يتطلب مساحات وتجهيزات ضخمة، بينما توفر الخلاطات الساكنة حلاً مدمجاً وفعالاً من حيث التكلفة.

- **العمليات عالية التآكل (Highly Corrosive Processes)** . في بعض الصناعات الكيميائية مثل إنتاج حمض الكبريتيك، تؤدي الظروف الحرارية والكيميائية إلى زيادة معدلات تآكل المعادن. يتيح استخدام خلاطات ساكنة من مواد بوليمرية أو مقاومة للتآكل تنفيذ عملية الخلط بكفاءة عالية وبدون مشاكل تآكل.



Helical Static Mixer

الخلاطات الساكنة الحلزونية



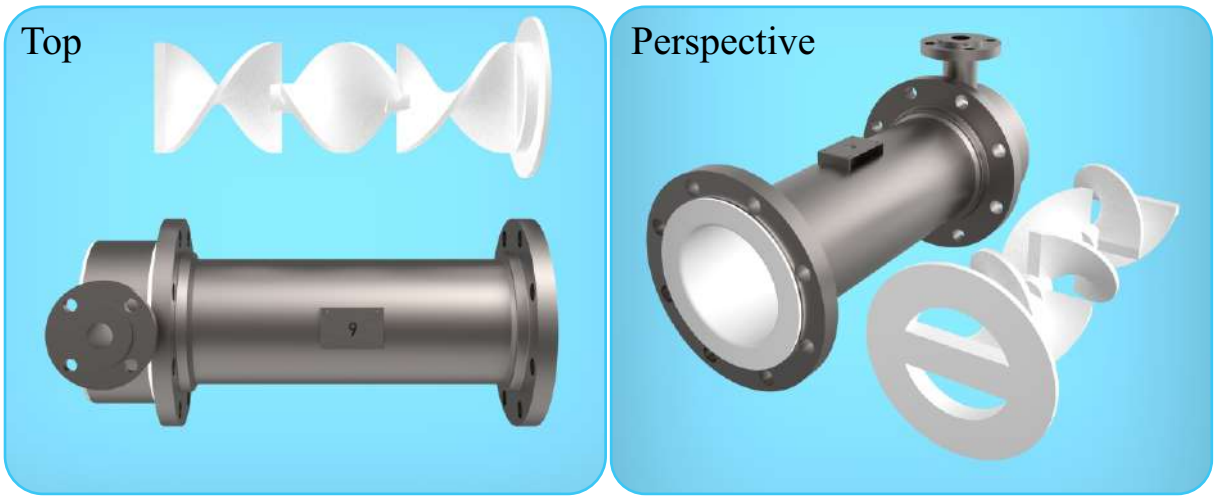
PTS

Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

الخلاطات الساكنة الحلزونية (Helical Static Mixers)

تُستخدم الخلاطات الساكنة الحلزونية على نطاق واسع في مختلف الصناعات، وهي مناسبة للموائع ذات اللزوجة والكثافة المتوسطة. يعتمد مبدأ عملها بشكل أساسي على ظروف الجريان المضطرب (Turbulent Flow) عند عدد رينولدز أكبر من ٤٠٠٠، وتقوم على ثلاث آليات رئيسية: تقسيم الجريان، إعادة توزيعه شعاعياً، وإعادة توجيهه.



١- **تقسيم الجريان (Flow Division):** عند مرور المائع عبر كل عنصر، يتم تقسيمه إلى طبقتين منفصلتين. ويزداد عدد التقسيمات بعد مرور (n) من العناصر وفق العلاقة: $x = 2^n$
على سبيل المثال، في خلاط يحتوي على ١٨ عنصراً، يتم تقسيم المائع إلى أكثر من ٢٦٢,١٤٤ تياراً، مما يزيد من مساحة التلامس ويُحسن كفاءة الخلط بشكل كبير.

٢-**إعادة التوزيع الشعاعي للجريان(Radial Redistribution):** بسبب الشكل الحلزوني للعناصر وهبوط الضغط على طول الخلاط، يتم نقل المائع باستمرار من المركز إلى الجدار ومن الجدار إلى المركز، مما يؤدي إلى تكوين تدرجات في السرعة وتعزيز الخلط بالقص. (Shear mixing)

٣- **إعادة توجيه الجريان(Flow Reorientation):** يتغير اتجاه الجريان بحوالي ٩٠ درجة بين العناصر المتتالية، مما يؤدي إلى زيادة الاضطراب المحلي وتحسين عملية التجانس بشكل ملحوظ.

التطبيقات الرئيسية

- معالجة المياه ومياه الصرف الصحي
- خلط غاز–سائل وسائل–سائل
- تنفيذ التفاعلات الكيميائية ضـــمن نطاقات لزوجة منخفضــة وعالية .
- إنتاج مستحلبات الزيت في الماء
- إنتاج وقود الديزل الحيوي (Biodiesel)
- خلط مضادات الأكسدة والإضافات الكيميائية
- حقن وخلط مواد التخثر داخل الخطوط
- تعديل وضــبط اللزوجة
- التحكم في قيمة الرقم الهيدروجيني (PH Control)
- تجانس الجريان لأغراض أخذ العينات
- خلط الراتنجات السائلة

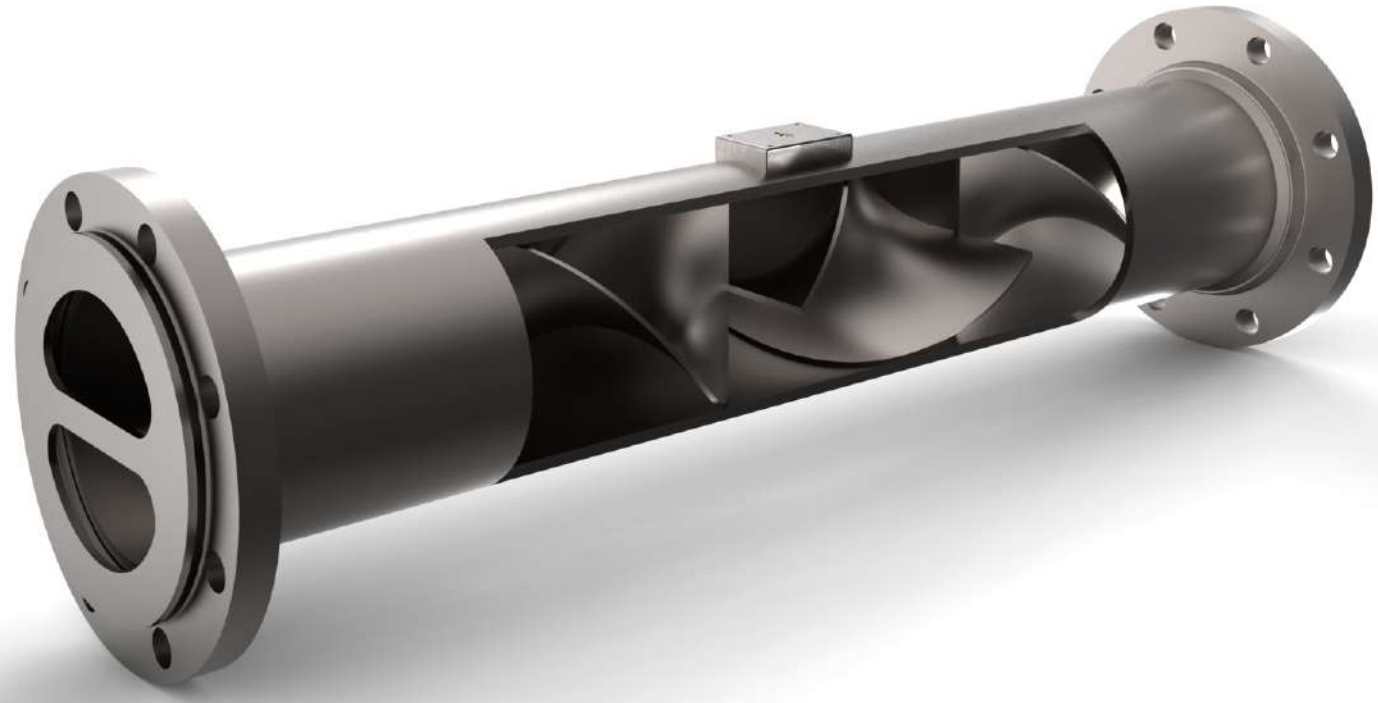


الخيارات الإضافية (الخصائص الاختيارية)

- تصميم العناصر بنظام الخرطوشة (Cartridge / Sliding Elements)
- تصنيع العناصر من مادة PTFE النقي
- طلاء العناصر بمواد PE و FEP
- إمكانية توفير نقاط حقن قبل الخلاط

المواد المتاحة

- مواد الجسم: (Body Materials)
  - غير معدنية: GRP, GRE, HDPE, UPVC
  - معدنية: 304 إلى 316, Duplex, Super Duplex
- معايير الفلانج : ASME، DIN، JIS
- أنواع الفلانج: Slip-On (SO)، Welding Neck (WN)



دلیل اختیار خلاطات (Helical Static Mixers)

Mixer Selection

HSM Helical Static Mixers

Mixer Version Indicator

V2 Version 2

Wet Parts Material

S4	SS 304
S6	SS 316L
S4	TITANIUM
S10	HASTELLOY C-276

Mixer Size

A	1/2″	E	2″	I	6″
B	3/4″	F	3″		
C	1″	G	4″		
D	1 1/2″	H	5″		

Mixer Element Type

A	Fixed
B	Removable

Number Of Element

2	4		
6	8		
10	12		

Housing Schedule

TI	Schedule 10
TH	Schedule 40
TV	Schedule 80

Connection Type

0	NPT
1	ANSI 150 LBS FLANGES
2	ANSI 300 LBS FLANGES
3	Pn16, Flange (DIN2501)
4	Pn40, Flange (DIN2501)

Element Coat

A	N/A
B	PE Coating
C	ETFE Coating
D	FEP Coating

Housing Lining

1	W/O
2	Hard Rubber
3	PTFE

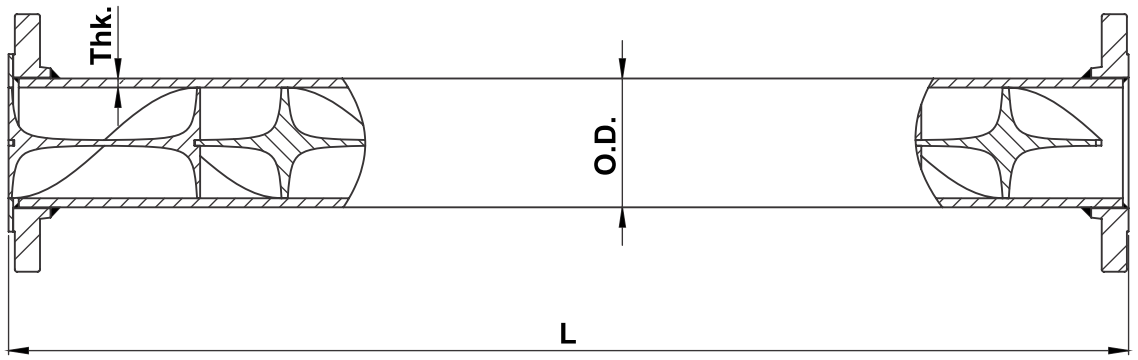
Number Of Injection Points

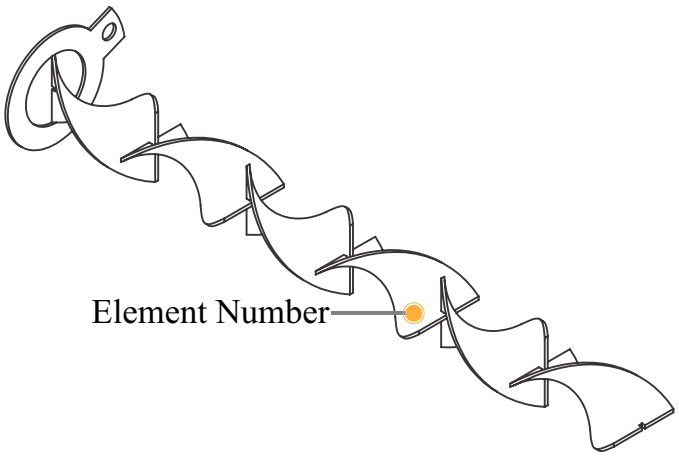
CO	W/O		
C1	1		
C2	2		
C3	3		

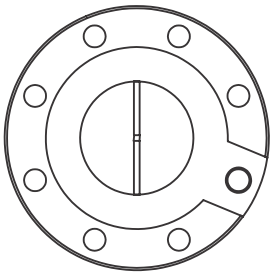
Additional Test

T1	W/O
T2	Mat. Certificate
T3	Welding TEST
T4	Pressure TEST
T5	All TEST

الرسم الأبعادي للخلاط الساكن الحلزوني-فلنجة (Slip-On)



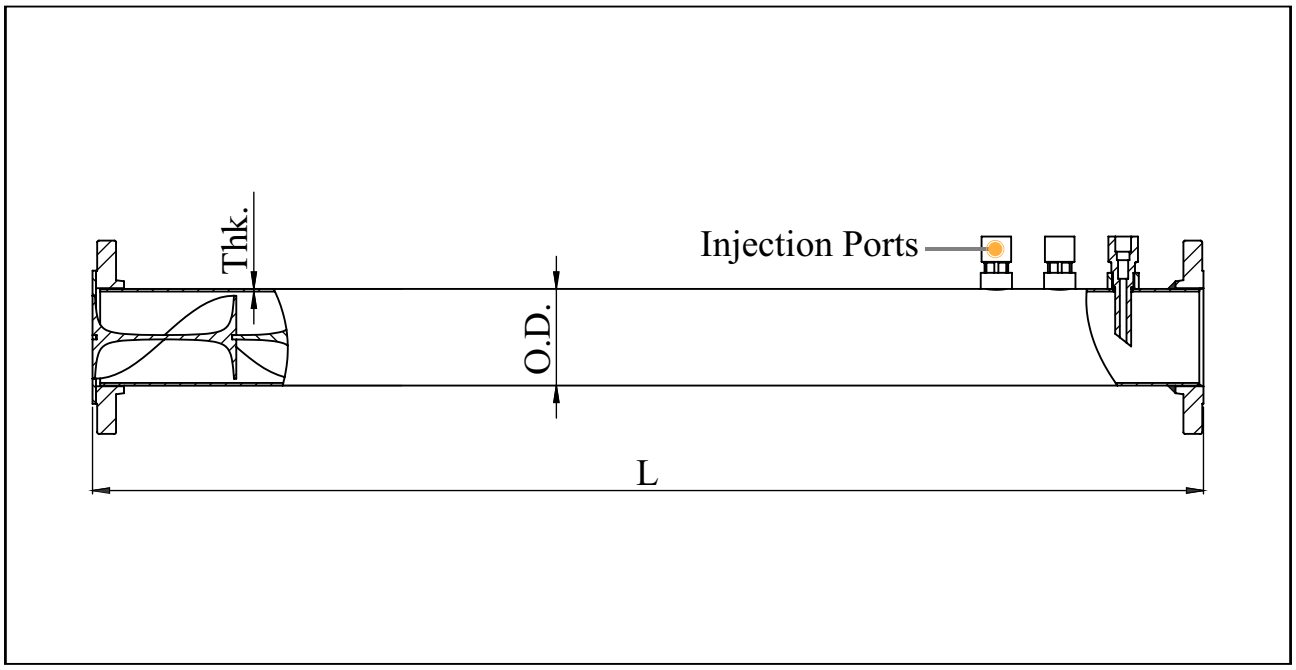




Normal Size (inch)			1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	5	6
OD(mm)			21.3	26.7	33.4	48.3	60.3	88.9	114.3	141.3	168.3
HOUSING THICKNESS Thk (mm)	SCH 10		2.11	2.11	2.77	2.77	2.77	3.05	3.05	3.4	3.4
	SCH 40		2.77	2.87	3.38	3.68	3.91	5.49	6.02	6.55	7.11
	SCH 80		3.73	3.91	4.55	5.08	5.54	7.62	8.56	9.53	10.97
TOTAL LENGTH L (mm)	Element Number	2	65	85	115	155	205	295	400	430	525
		4	115	150	195	280	365	525	675	820	990
		6	160	210	275	400	520	760	980	1200	1450
		8	210	275	355	525	680	995	1290	1585	-
		10	255	335	435	645	835	1230	1595	-	-
		12	305	400	515	770	995	1460	-	-	-

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

الخلاط الساكن الحلزوني مع فلنجة (Slip-On) وأنبوب حقن (Injection Quill)

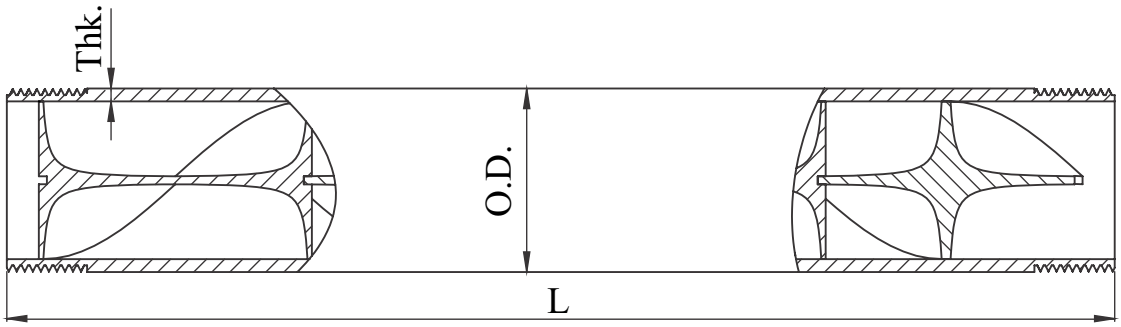


Normal Size (inch)				1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	5	6
OD(mm)				21.3	26.7	33.4	48.3	60.3	88.9	114.3	141.3	168.3
Coupling Size (inch)				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	3.4	3.4	3.4	3.4
TOTAL LENGTH L (mm)	Element Number	2	1	165	185	215	255	305	395	500	530	625
			2	265	285	315	355	405	495	600	630	725
			3	365	385	415	455	505	595	700	730	825
		4	1	215	250	295	380	465	625	775	920	1090
			2	315	350	395	480	565	725	875	1020	1190
			3	415	450	495	580	665	825	975	1120	1290
		6	1	260	310	375	500	620	860	1080	1300	1550
			2	360	410	475	600	720	960	1180	1400	1650
			3	460	510	575	700	820	1060	1280	1500	1750
		8	1	310	375	455	625	780	1095	1390	1685	-
			2	410	475	655	725	880	1195	1490	1785	-
			3	510	575	755	825	980	1295	1590	1885	-

Injection Ports Numbers

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

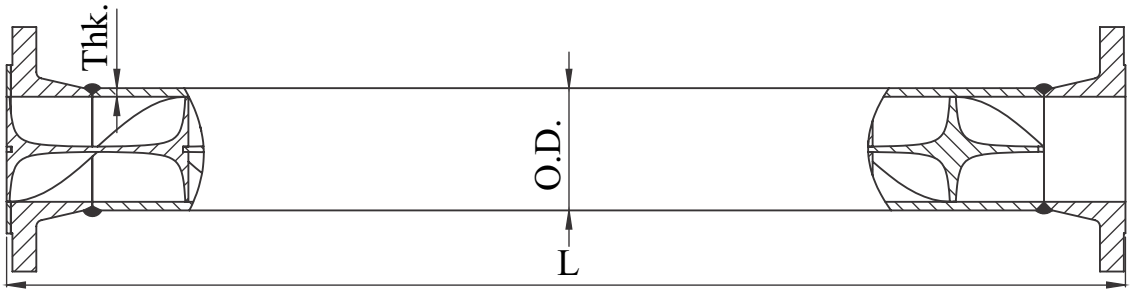
الخلاط الساكن الحلزوني مع وصلة (NPT) لولبية



Normal Size (inch)			1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4
OD(mm)			21.3	26.7	33.4	48.3	60.3	88.9	114.3
HOUSING THICKNESS Thk (mm)	SCH 10		2.11	2.11	2.77	2.77	2.77	3.05	3.05
	SCH 40		2.77	2.87	3.38	3.68	3.91	5.49	6.02
	SCH 80		3.73	3.91	4.55	5.08	5.54	7.62	8.56
TOTAL LENGTH L (mm)	Element Number	2	52	70	85	135	170	242	315
		4	100	130	165	252	325	475	622
		6	145	195	245	375	480	710	930
		8	192	258	325	498	638	945	1235
		10	240	320	405	620	795	1175	1542
		12	285	380	485	745	952	1410	1850

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

الخلاط الساكن الحلزوني مع فلنجة (Weld Neck)

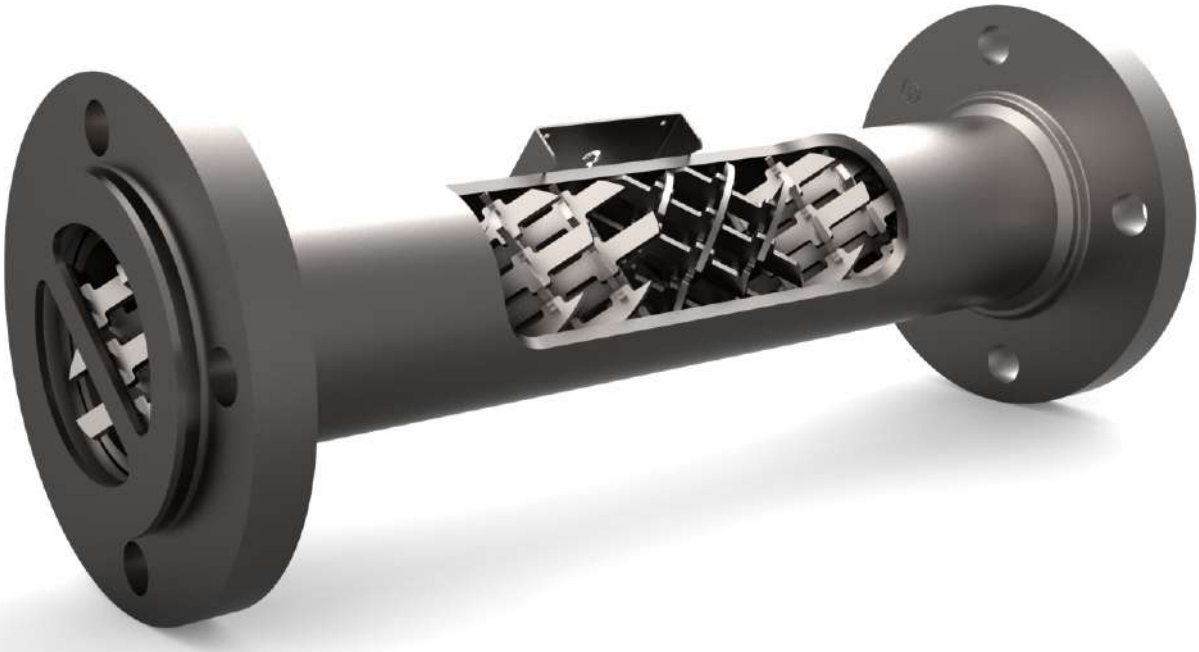


Normal Size (inch)			1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	5	6
OD(mm)			21.3	26.7	33.4	48.3	60.3	88.9	114.3	141.3	168.3
HOUSING THICKNESS Thk (mm)	SCH 10		2.11	2.11	2.77	2.77	2.77	3.05	3.05	3.4	3.4
	SCH 40		2.77	2.87	3.38	3.68	3.91	5.49	6.02	6.55	7.11
	SCH 80		3.73	3.91	4.55	5.08	5.54	7.62	8.56	9.53	10.97
TOTAL LENGTH L (mm)	Element Number	2	130	160	190	235	280	375	285	535	625
		4	180	225	270	360	440	605	760	925	1100
		6	225	285	350	480	595	840	1070	1305	1550
		8	275	350	430	605	755	1075	1375	1690	-
		10	320	410	510	725	910	1310	1680	-	-
		12	370	475	590	850	1070	1540	-	-	-

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

Crossed Element Static Mixers (CESM)

الخلاطات الساكنة ذات العناصر المتقاطعة



PTS
Power Transmission Solutions

PTS Process Engineering Co

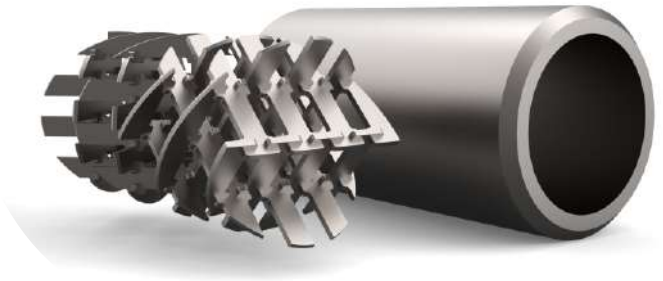
الخلاطات الساكنة ذات العناصر المتقاطعة (CESM)

تُعد عمليات الخلط التي تتضـمن فروقات كبيرة في الخصـائص الفيزيائية للموائع من أكثر عمليات الخلط تعقيداً في الصناعة. وتشمل هذه الفروقات عادةً ما يلي:

١- اختلافات كبيرة في معدل التدفق (Flow Rate)

٢- اختلافات كبيرة في الكثافة (Density)

٣- اختلافات كبيرة في اللزوجة (Viscosity)



فعلى سـبيل المثال، يكون خلط الموائع ذات اللزوجة المتقاربة أسـهل بكثير من خلط الموائع ذات اللزوجات المختلفة بشكل كبير. وفي مثل هذه الحالات، تُعتبر خلاطات CESM من أكثـــر الحلول كفاءة لتحقيق خلط سريع ومتجانس ومستقر.

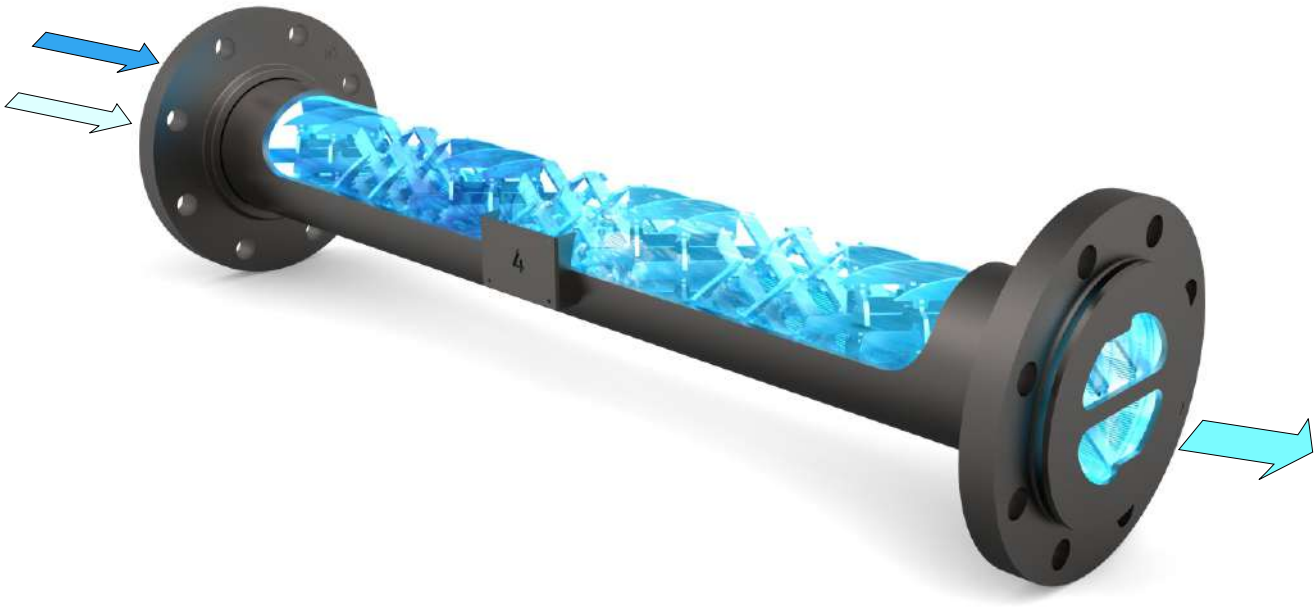


الخلاطات الساكنة ذات العناصر المتقاطعة (CESM)

يعتمد مبدأ عمل هذه الخلاطات على التقسيم المتكرر للجريان في اتجاهات متعددة وتوليد جريانات متقاطعة مستمرة، مما يزيد من مساحة التلامس بين طبقات المائع ويُحقق عملية خلط فعالة خلال أقل زمن مكوث وأقصر طول ممكن للخلاط.

وبفضل التصميم الهندسي الدقيق وهندسة العناصر المتطورة، يتحسن توزيع زمن المكوث RTD بشكل ملحوظ، مع تحقيق مستوى عالٍ من المتانة الميكانيكية نتيجة البنية متعددة الوصلات والتصميم الإنشائي القوي.

يمكن تصنيع هذه الخلاطات من مجموعة واسعة من المواد، بدءاً من الفولاذ المقاوم للصدأ (Stainless Steels) وصولاً إلى السبائك الفائقة (Super Alloys) كما يمكن توفير العناصر الداخلية بتصميم ملحوم (Welded Type) أو قابل للفك والتركيب (Removable Type).



مميزات خلاطات الساكنة

- القدرة على خلط موائع ذات فروقات في اللزوجة تصـــل إلى مليون ضعف
- أقصر طول خلط مقارنةً بأنواع الخلاطات الساكنة الأخرى
- إمكانية خلط موائع ذات فروقات كبيرة في معدلات التدفق الحجمـي تصل إلى مليون ضعف
- مناسبة للموائع ذات اللزوجة المنخفضة وحتى اللزوجة العالية جداً
- تتميز بكفاءة خلط فائقة مقارنةً بالخلاطات الساكنة الأخرى
- مناسبة لعمليات خلط البوليمرات ذات درجات الحرارة المرتفعة
- إمكانية التصميم والتصنيع حتى مقاس ٤٨ بوصة



دليل اختيار خلاطات (CESM) الساكنة

Mixer Selection

CESM Cross Element Static Mixer For Low Viscosities 18 Blades

Mixer Version Indicator

V2 Version 2

Housing Material

S4	SS 304	S11	HDPE
S6	SS 316L	S12	UPVC
S7	Duplex SS	S13	CS
S8	Super Duplex SS		

Mixer Size

A	1/2″	G	3″	M	12″
B	3/4″	H	4″	N	14″
C	1″	I	5″	O	16″
D	1 1/4″	J	6″	P	18″
E	1 1.2″	K	8″	Q	20″
F	2″	L	10″	R	24″

Mixer Element Type

A Fixed
B Removable

Number Of Element

2 4
6 8
10 12

Housing Schedule

TI Schedule 10
TH Schedule 40
TV Schedule 80

Connection Type

0 NPT
1 ANSI 150 LBS FLANGES
2 ANSI 300 LBS FLANGES
3 Pn6, Flange (DIN2501)
4 Pn10, Flange (DIN2501)
5 Pn16, Flange (DIN2501)
6 Pn40, Flange (DIN2501)

Element Coat

A N/A
B PE Coating
C ETFE Coating
D FEP Coating

Housing Lining

1 W/O
2 Hard Rubber
3 PTFE

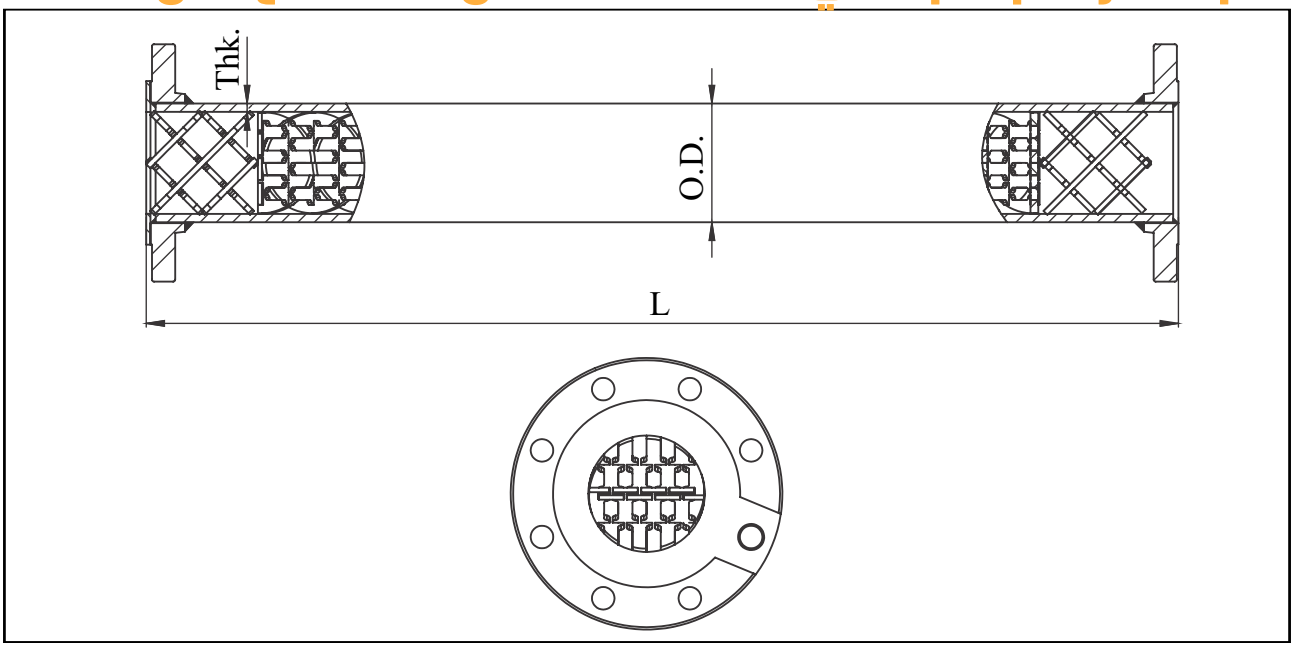
Number Of Injection Points

CO W/O
C1 1
C2 2
C3 3

Additional Test

T1 W/O
T2 Mat. Certificate
T3 Welding TEST
T4 Pressure TEST
T5 All TEST

فلنجة الرسم الأبعادي للخلاط الساكن (CESM) مع فلن (Slip-On)

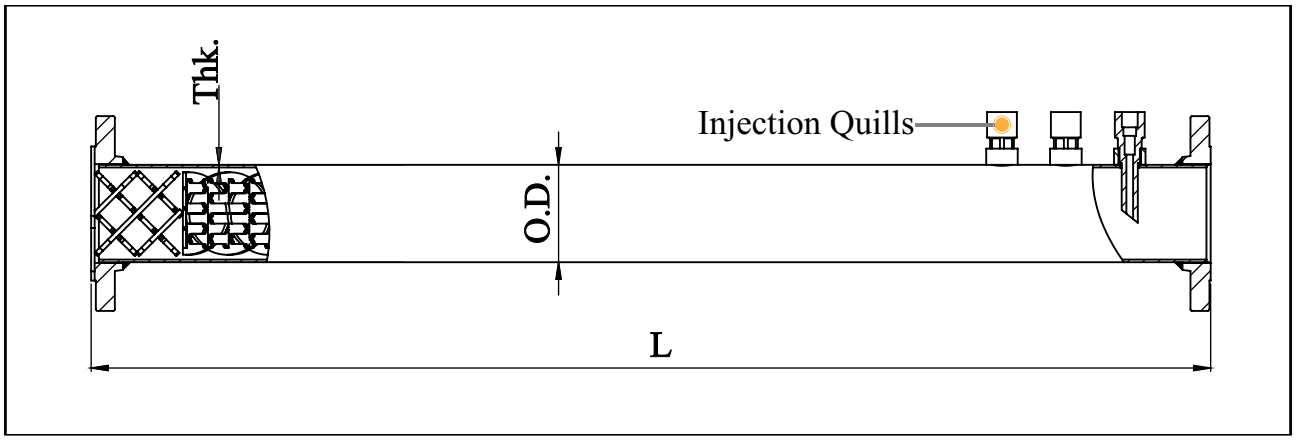


Normal Size (inch)	OD(mm)	HOUSING THICKNESS Thk (mm)			TOTAL LENGTH L (mm)					
		SCH 10/10S	SCH 40/40S	SCH 80/80S	2	4	6	8	10	12
1/2	21.3	2.11	2.77	3.73	80	80	105	135	160	195
3/4	26.7	2.11	2.87	3.91	80	95	130	175	210	250
1	33.4	2.77	3.38	4.55	80	115	165	220	270	320
1 1/2	48.3	2.77	3.68	5.08	105	180	255	335	410	500
2	60.3	2.77	3.91	5.54	120	230	330	435	425	640
3	88.9	3.05	5.49	7.62	180	330	485	640	800	950
4	114.3	3.05	6.02	8.56	230	430	650	840	1080	1300
5	141.3	3.4	6.55	9.53	285	540	820	1080	1350	1600
6	168.3	3.4	7.11	10.97	330	650	1000	1300	1650	1950
8	219.1	3.76	8.18	12.7	435	850	1300	1700	2120	2550
10	273.1	4.19	9.27	12.7	540	1080	1600	2150	2680	3200
12	323.9	4.57	9.53	12.7	635	1280	1920	2550	3200	-
14	355.6	4.78	9.53	12.7	720	1420	2150	2850	3520	-
16	406.4	4.78	9.53	12.7	820	1630	2450	3250	-	-
18	457.2	4.78	9.53	12.7	1000	1850	2750	-	-	-
20	508	5.54	9.53	12.7	1050	2050	3080	-	-	-
24	609.6	6.35	9.53	12.7	1250	2500	3700	-	-	-

Element Number

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

CESM Static Mixer With Slip On Flange & Injection Quills

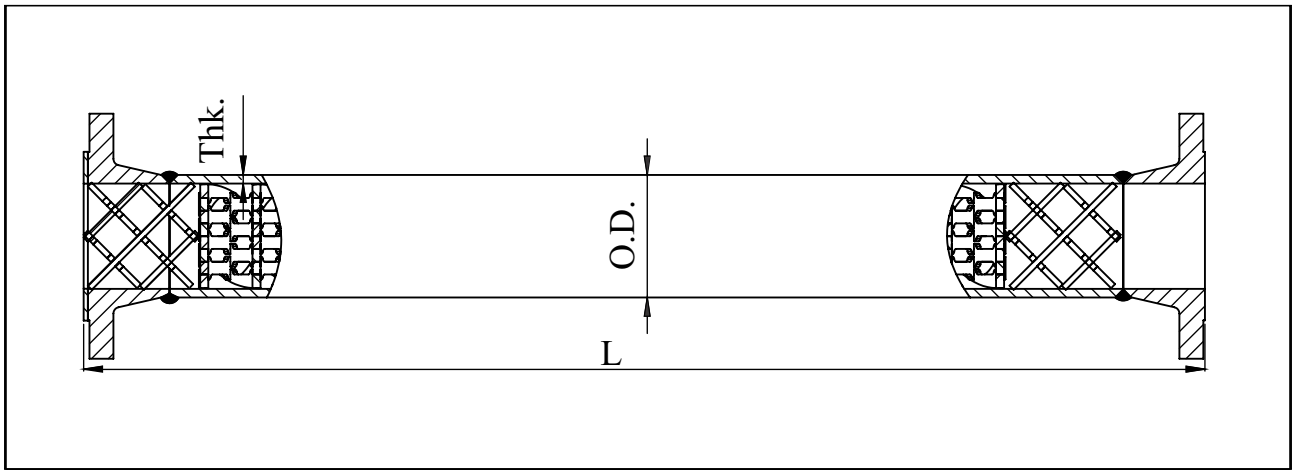


Element Number

Normal Size (inch)	OD(mm)	Coupling Size (Inch)	TOTAL LENGTH L (mm)																	
			2			4			6			8			10			12		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1/2	21.3	1.2	180	280	380	180	280	380	205	305	405	235	335	435	260	360	460	295	395	495
3/4	26.7	1.2	180	280	380	195	295	395	230	330	430	275	375	475	310	410	510	350	450	550
1	33.4	1.2	180	280	380	215	315	415	265	365	465	320	420	520	370	470	570	420	520	620
1 1/2	48.3	1.2	205	305	405	280	380	480	355	455	555	435	535	635	510	610	710	600	700	800
2	60.3	1.2	220	320	420	330	430	530	430	530	630	535	635	735	525	625	725	740	840	940
3	88.9	1.2	280	380	480	430	530	630	585	685	785	740	840	940	900	1000	1100	1050	1150	1250
4	114.3	3.4	330	430	530	530	630	730	750	850	950	960	1060	1160	1180	1280	1380	1400	1500	1600
5	141.3	3.4	385	485	585	640	740	840	920	1020	1120	1180	1280	1380	1450	1550	1650	1700	1800	1900
6	168.3	3.4	430	530	630	750	850	950	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1750	1850	1950	2050	2150	2250
8	219.1	3.4	535	635	735	950	1050	1150	1400	1500	1600	1800	1900	2000	2220	2320	2420	2650	2750	2850
10	273.1	3.4	640	740	840	1180	1280	1380	1700	1800	1900	2250	2350	2450	2780	2880	2980	3300	3400	3500
12	323.9	3.4	735	835	935	1380	1480	1580	2020	2120	2220	2650	2750	2850	3300	3400	3500	-	-	-
14	355.6	3.4	820	920	1020	1520	1620	1720	2250	2350	2450	2950	3050	3150	3620	3720	3820	-	-	-
16	406.4	3.4	920	1020	1120	1730	1830	1930	2550	2650	2750	3350	3450	3550	-	-	-	-	-	-
18	457.2	3.4	1100	1200	1300	1950	2050	2150	2850	2950	3050	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	508	3.4	1150	1250	1350	2150	2250	2350	3180	3280	3380	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	609.6	3.4	1350	1450	1550	2600	2700	2800	3800	3900	4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

CESM Static Mixer With Welding Neck Flange

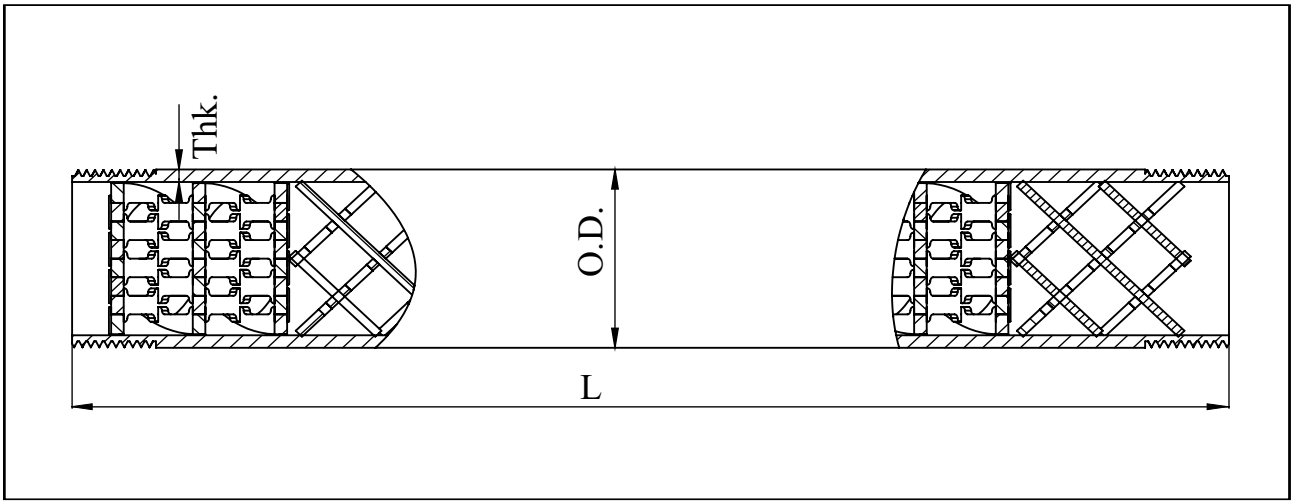


Element Number

Normal Size (inch)	OD(mm)	HOUSING THICKNESS Thk (mm)			TOTAL LENGTH L (mm)					
		SCH 10/10S	SCH 40/40S	SCH 80/80S	2	4	6	8	10	12
1/2	21.3	2.11	2.77	3.73	145	145	170	200	225	260
3/4	26.7	2.11	2.87	3.91	155	170	205	250	285	325
1	33.4	2.77	3.38	4.55	155	190	240	295	345	395
1 1/2	48.3	2.77	3.68	5.08	185	260	335	415	490	580
2	60.3	2.77	3.91	5.54	200	310	410	515	505	720
3	88.9	3.05	5.49	7.62	260	410	565	720	880	1030
4	114.3	3.05	6.02	8.56	315	515	735	945	1165	1385
5	141.3	3.4	6.55	9.53	390	645	925	1185	1455	1705
6	168.3	3.4	7.11	10.97	430	750	1100	1400	1750	2050
8	219.1	3.76	8.18	12.7	550	965	1415	1815	2235	2665
10	273.1	4.19	9.27	12.7	645	1185	1705	2255	2785	3305
12	323.9	4.57	9.53	12.7	755	1400	2040	2670	3320	-
14	355.6	4.78	9.53	12.7	860	1560	2290	2990	3660	-
16	406.4	4.78	9.53	12.7	950	1760	2580	3380	-	-
18	457.2	4.78	9.53	12.7	1150	2000	2900	-	-	-
20	508	5.54	9.53	12.7	1195	2195	3225	-	-	-
24	609.6	6.35	9.53	12.7	1390	2640	3840	-	-	-

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

CESM Static Mixer With NPT Thread



Element Number

Normal Size (inch)	OD(mm)	HOUSING THICKNESS Thk (mm)			TOTAL LENGTH L (mm)					
		SCH 10/10S	SCH 40/40S	SCH 80/80S	2	4	6	8	10	12
1/2	21.3	2.11	2.77	3.73	40	65	90	125	155	180
3/4	26.7	2.11	2.87	3.91	45	90	200	160	200	245
1	33.4	2.77	3.38	4.55	65	105	155	205	255	305
1 1/4	42.2	2.77	3.56	4.85	70	140	205	270	345	410
1 1/2	48.3	2.77	3.68	5.08	90	168	245	320	395	480
2	60.3	2.77	3.91	5.54	110	210	315	415	515	618

- The Tolerance Of Overall Length is ± 5mm

