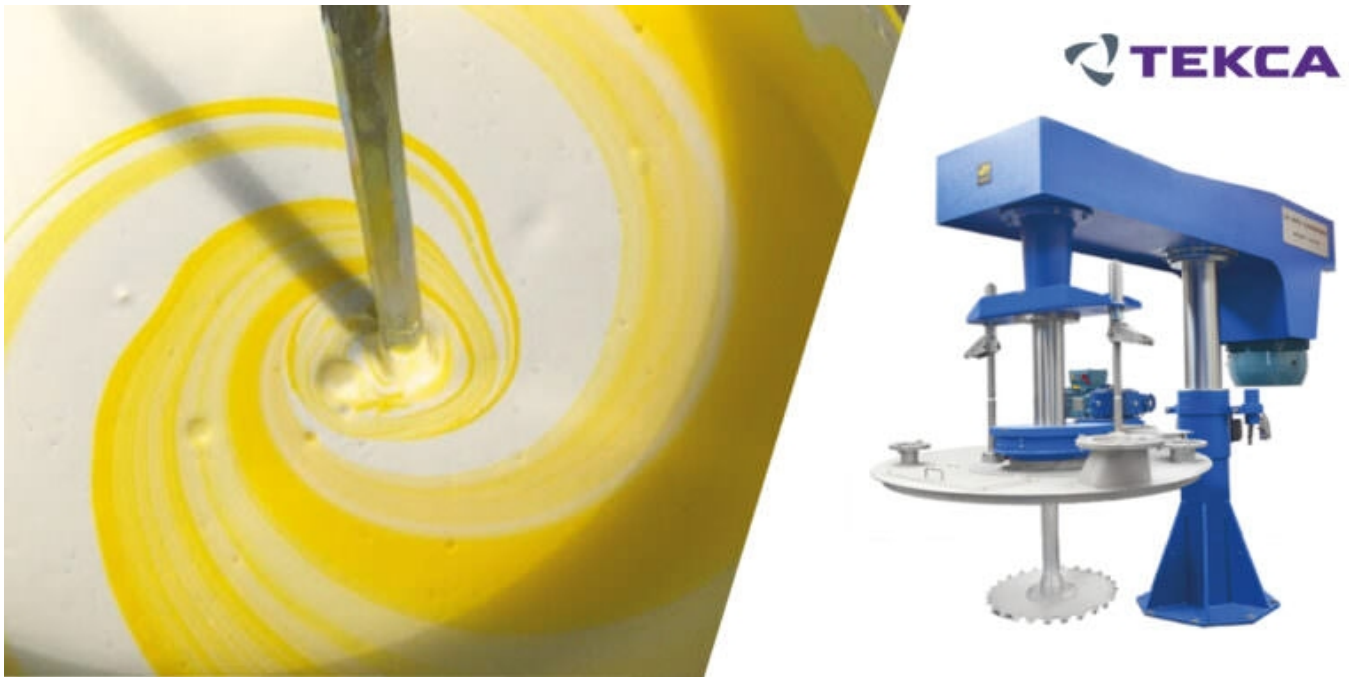


Про тонкощі диспергування. Частина 2

дата публікації: 2022.11.14



У [першій частині](#) нашої статті ми розглядали важливі теоретичні моменти диспергування, такі як: механізм руйнування агломератів фрезою; ефект пончика (ефект Doughnut), що виникає у ламінарному потоці; основні стадії процесу та їх особливості.

Друга частина, як ми обіцяли раніше, буде спрямована більше на практичні аспекти даного процесу. Ми розглянемо методи підвищення ефективності диспергування та деякі особливості, що виникають під час масштабування від лабораторних проб до виробничих партій.

1. Перенесення лабораторних результатів у виробничі умови

Найвідповідальніший момент розробок – це, безперечно, перехід від лабораторних досліджень до промислових масштабів. Важливо пам'ятати, що для успіху в цьому процесі, лабораторний та виробничий дисольвер повинні відповідати своїм основним конструкційним рішенням та технічним характеристикам. Геометрія робочої ємності, форма та розмір фрези, швидкість обертання валу, час диспергування та можливість підтримування необхідної температури – всі ці параметри повинні враховуватися для успішного масштабування.

Раніше ми вже згадували, що на результат диспергування впливає як швидкість руху агломератів навколо фрези, так і величина механічної енергії, що передається суміші від валу двигуна. Механічна енергія – це параметр, який визначає максимально можливий ступінь руйнування агломератів. Швидкість, з якою відбувається рух агломератів поблизу фрези дисольвера, зумовлює час, необхідний для досягнення оптимального результату диспергування.

Процес деагломерації переважно відбувається у ділянках зсуву на робочих поверхнях фрези. Величина сили зсуву досягає своїх максимальних значень на зубцях, що знаходяться на краю фрези і обертаються в суміші з найбільшою швидкістю. Саме тому периферична швидкість

(швидкість по краю фрези) повинна розглядатися як ключовий параметр у масштабуванні лабораторних результатів. Це твердження відноситься до максимально досяжного ступеня диспергування, а не до часу, необхідного для його досягнення. У лабораторних дисольверах диспергування проходить завжди швидше, ніж у промислових, оскільки шлях, який агломерати повинні пройти, для досягнення диска, менший, ніж у більш габаритному обладнанні.

Для досягнення в лабораторному дисольвері такої ж кутової швидкості обертання фрези, як і в промисловому обладнанні, вал лабораторного дисольвера повинен обертатися постійно та стабільно з більшою швидкістю. З використанням різних зубчастих фрез кутова швидкість легко розраховується за наведеною нижче формулою:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

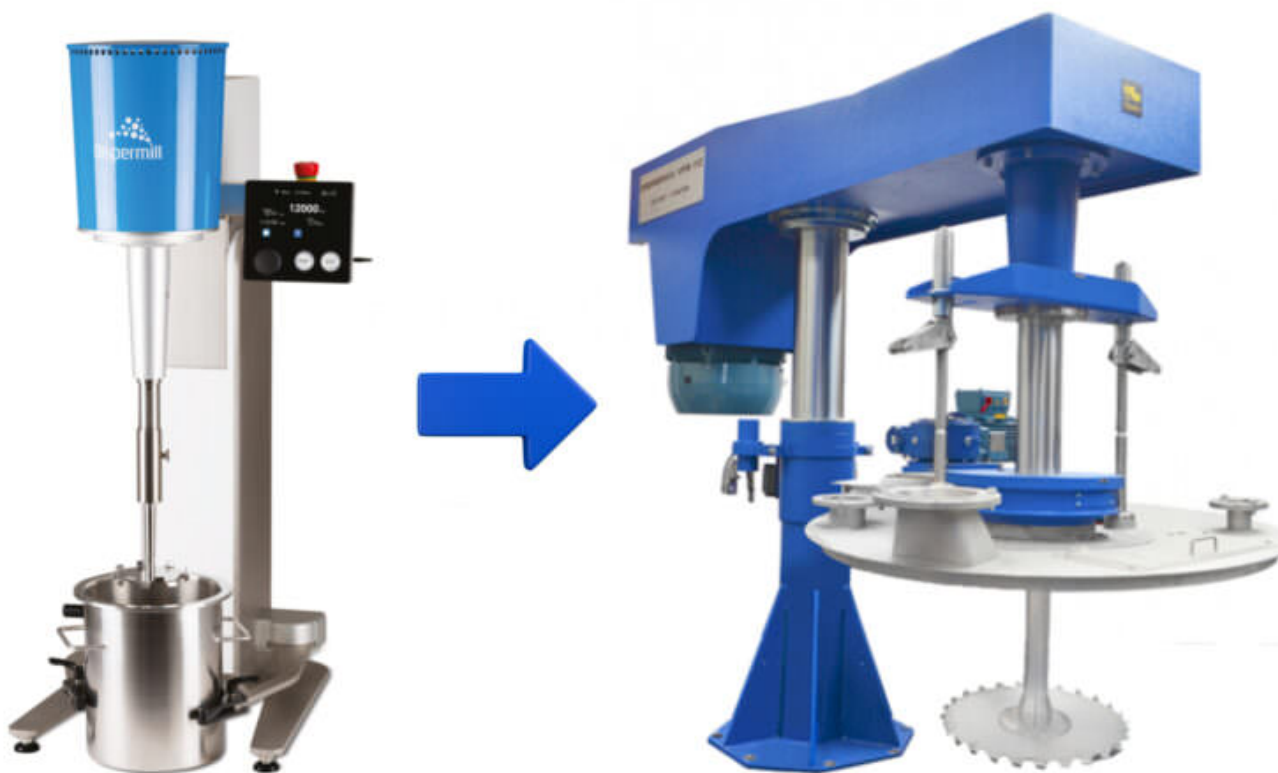
v = Окружна швидкість в м/с

π = 3,141...

d = Діаметр фрези в мм

n = Частота вращення об/мин

Точна кореляція між лабораторним та промисловим диспергуванням, безсумнівно, залежатиме і від температурних умов. Не варто забувати, що навіть незначне нагрівання на 1-2 градуси малих проб об'ємом, наприклад, 100 мл, яким часто нехтують, може нелінійно зростати зі збільшенням партії аналогічного продукту до 200 і тим більше до 1000 літрів. Це може мати вкрай негативні наслідки для диспергування і самого продукту. Тому для контролю та підтримування необхідної температури робочої маси рекомендується вже на етапах лабораторних досліджень використовувати ємності з охолоджувальною сорочкою.



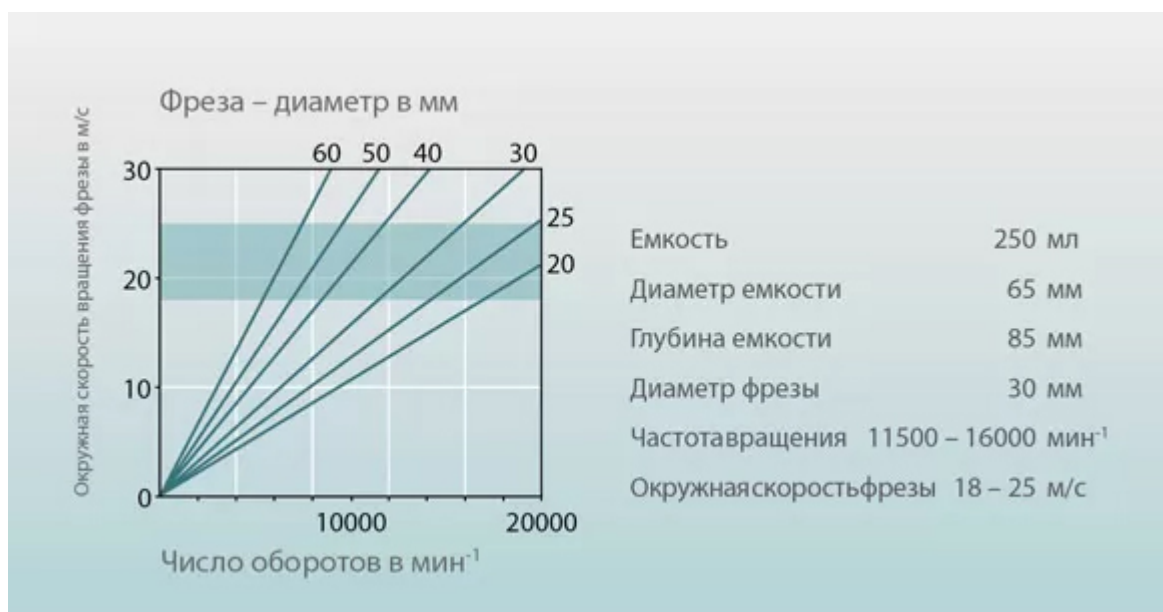
Наприклад, виробник лабораторних та пілотних дисольверів ATP Engineering (Нідерланди)

створює свою лінійку приладів у тісній співпраці з іспанською компанією OLIVER + BATLLE, яка займається проектуванням промислового обладнання для лакофарбової галузі. Це дозволило врахувати всі основні моменти, пов'язані з геометрією та механікою процесу, внаслідок чого їхнє обладнання добре узгоджується і дозволяє отримувати легко відтворювані у виробничих умовах результати.

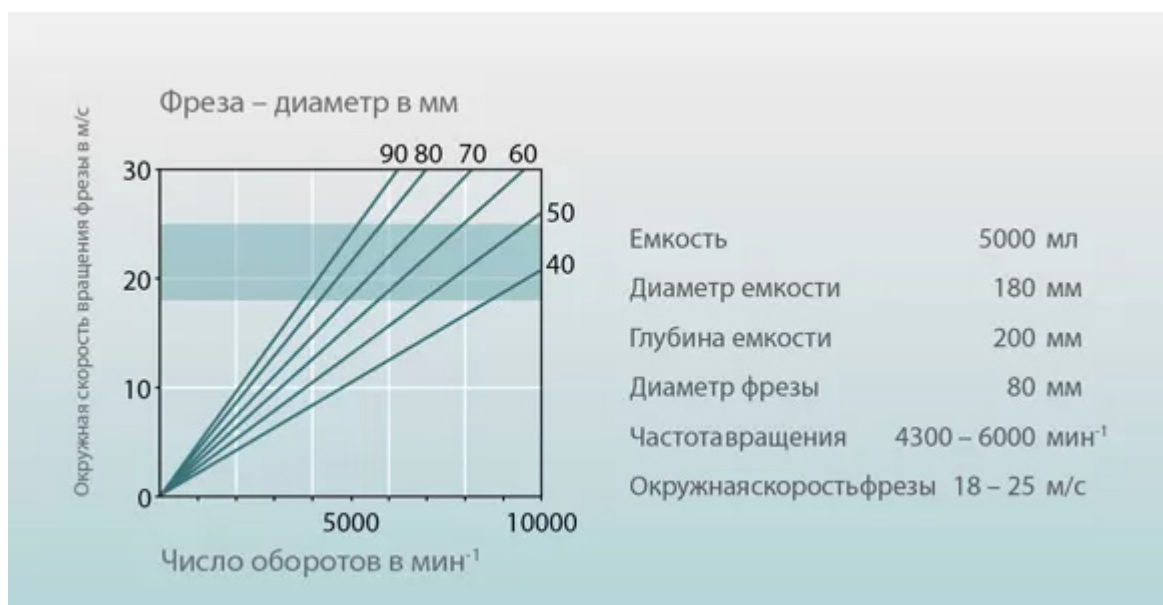
2. Кутова швидкість обертання в залежності від кількості обертів та діаметру фрези

У цьому розділі наведено три приклади, що показують залежність кутової швидкості від кількості обертів та діаметра фрези. Зеленим кольором виділено оптимальний інтервал величини кутової швидкості (18 – 25 м/с).

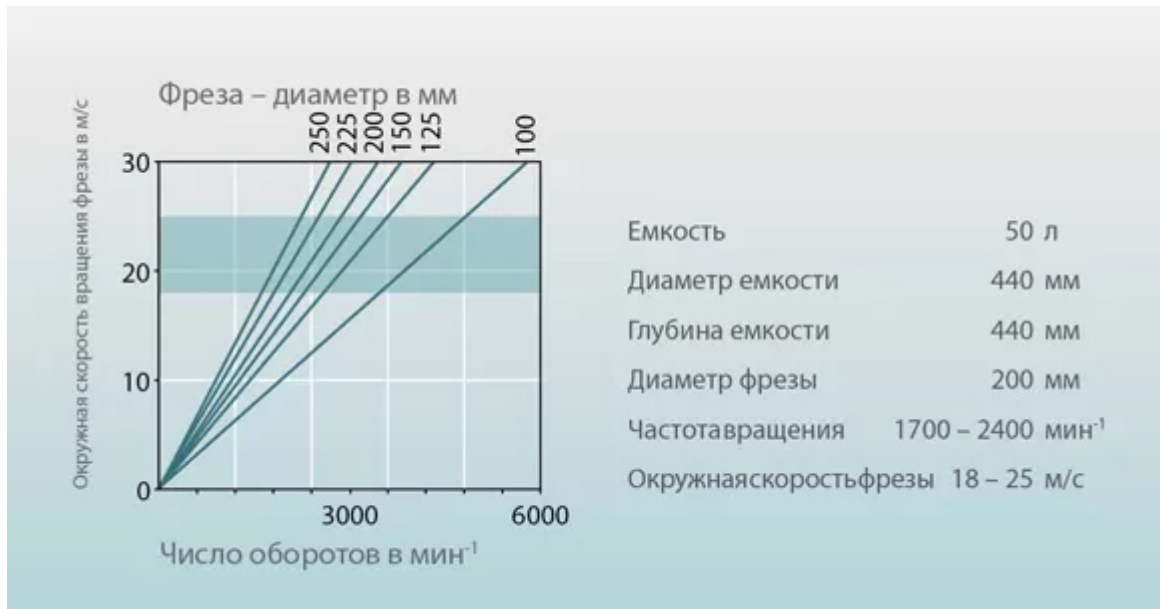
- Суміш об'ємом 100 мл. Для невеликих об'ємів для досягнення необхідної швидкості потрібно було використовувати високі обороти.



- Суміш об'ємом 2,5 л.



- Суміш об'ємом 25 л.



З наведених прикладів чітко видно вплив кількості оборотів і діаметру фрези на досягнення оптимальної кутової швидкості зі збільшенням об'ємів суміші.

3. Як підвищити ефективність диспергування?

Звичайно ж, питання, що найбільше цікавить користувачів – що слід зробити, якщо не вдається досягнути бажаного ступеня диспергування? Нижче наведено параметри, на які слід звернути увагу:

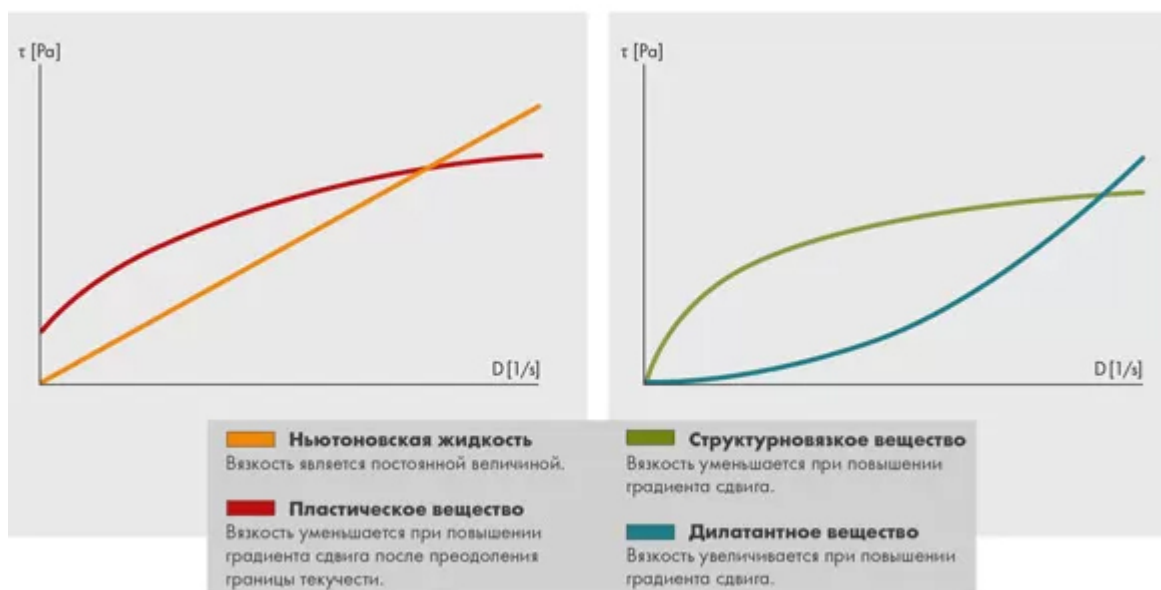
<p>Тривалість диспергування Оптимальне диспергування досягається протягом 10-15 хв. Роботи. Тривалість роботи більше 20хв., як правило, не призводять до покращення результатів.</p>	<p>Флокуляція Утворенню пластівцеподібних агрегатів (флокуляція) з дрібних частинок дисперсної фази можна запобігти за допомогою додавання відповідних добавок – антифлокулянтів.</p>
<p>Ефект пончика Протягом всього процесу необхідно контролювати збереження форми потоку у вигляді воронки</p>	<p>Температура В процесі диспергування до продукту прикладається енергія, що призводить до підвищення температури продукту. При цьому рух потоку продукту порушується і негативно впливає на якість. В таких випадках рекомендується використання робочих ємностей з охолоджуючою сорочкою.</p>
<p>Частота обертання Збільшення частоти обертання валу (і тим самим збільшення кутової швидкості обертання) дозволяє прикладати до суміші додаткову механічну енергію, не порушуючи ефект пончика.</p>	<p>Компоненти суміші Можлива часткова корекція рецептури з заміною компонентів. Слід враховувати, що дисольвери призначені для диспергування, а не для розмолу компонентів. Дисольвер не може подрібнювати первинні частинки речовини.</p>
<p>Геометрія ємності Спробуйте виміряти відстань між фрезою та дном ємності.</p>	<p>Вакуум Для мінімального потрапляння повітря в продукт та зменшення спінення рекомендовано опрацювати високов'язкі продукти під вакуумом.</p>
<p>Фреза Експериментуйте з фрезами різного діаметру та форми/розміру зубців на фрезах.</p>	<p>Адитиви Додавання різноманітних адитивів може значно покращити та прискорити процес диспергування і якість.</p>
<p>Об'єм суміші Якщо немає можливості вплинути на геометрію ємності чи фрезу, інколи слід зменшити або збільшити об'єм суміші.</p>	<p>Вміст пігментів та наповнювачів Дилатантна течія потоку суміші, що загусає з додаванням сухих компонентів не руйнує структуру потоку в формі пончика.</p>

4. Реологія сумішей

Для досягнення оптимальних результатів диспергування необхідно контролювати реологічні властивості суміші. На жаль, реологічні властивості не можна охарактеризувати одним параметром, наприклад лише в'язкістю. В'язкість – здатність речовини розтікатися під дією зовнішніх сил зсуву і піддаватися незворотним деформаціям.

$$\text{Вязкость } \mu = \frac{\text{Напряжение сдвига } \tau}{\text{Градиент сдвига } D} \quad [\text{Pa} \cdot \text{s}]$$

Коефіцієнт в'язкості, часто називається просто в'язкістю, залежить від властивостей речовини і визначається як співвідношення дотичної напруги зсуву до швидкості зсуву. Тільки в ньютонівських рідинах в'язкість є постійною (наприклад, у воді, мінеральних оліях). Всі інші рідини, що не мають такої властивості та називаються неньютонівськими, вони зустрічаються набагато частіше. У рецептурах сумішей використовуються складні за реологічними властивостями речовини. Для їх характеристики використовуються такі терміни, як в'язкість, пластична поведінка, межа плинності, тиксотропія, реопексія і дилатансія.



Суміш повинна демонструвати помірну дилатансію без яскраво вираженого значення межі плинності, що може перешкоджати вільній циркуляції суміші під час диспергування. Реологічні властивості не повинні надто сильно змінюватися в процесі диспергування зі збільшенням або зниженням кількості обертів диспергуючого диска.

Тому, для контролю в'язкості та інших реологічних параметрів суміші рекомендується використовувати ротаційні віскозиметри та реометри. Для контролю на виробництві найзручніше застосовувати портативні та промислові віскозиметри. Якщо перші, крім свого розміру та мобільності, практично нічим за своїми характеристиками не відрізняються від лабораторних, то датчик промислового віскозиметра може бути встановлений безпосередньо у робочу ємність із продуктом або навіть у трубопровід. Це дозволяє проводити онлайн

вимірювання у процесі диспергування без додаткового відбору проб.

Також корисно знати, як рідини поділяються на групи залежно від діапазонів в'язкості:

- низька в'язкість $\mu < 500$ мПа * с
- середня в'язкість $\mu = 500 - 5000$ мПа * с
- висока в'язкість > 5000 мПа * с

5. Переваги диспергування у вакуумі

У процесі диспергування за допомогою дисольверів часто спостерігається захоплення сумішшю досить великої кількості повітря і, як наслідок, спінювання продукту.

Якщо у випадках з речовинами низької та середньої в'язкості повітря виходить із суміші самостійно ще під час або згодом після закінчення диспергування (часто для цього також можуть використовуватися піногасники), то для обробки продуктів з більш високим ступенем в'язкості та межею плинності, захоплене повітря не завжди може самостійно вийти з суміші.

У таких випадках диспергування рекомендується проводити у вакуумі. Це допомагає уникнути попадання мікробульбашок повітря через дрібні пори та отвори на поверхні. Що важливо, за допомогою вакуумного диспергування вдається досягнути помітно вищої якості продукту (поліпшується тонкодисперсність).

Із застосуванням вакууму можна легко отримувати продукти, які вступають у реакції з киснем або вологою повітря.

Крім того, для підвищення ефективності у роботі з в'язкими речовинами має сенс застосовувати скребкову систему для видалення налипаючої до внутрішніх стінок ємності суміші і повернення її в робочий об'єм. Завдяки такому підходу у процесі диспергування буде задіяно весь завантажений матеріал.

Сподіваємося, ця інформація була для Вас корисною. Якщо залишилися питання або потрібна консультація для підбору диспергуючого обладнання, зв'яжіться з нами, і ми намагатимемося Вам допомогти.

У наступному циклі статей ми плануємо розглянути важливі моменти використання бісерних млинів у виробництві тонкодисперсних лакофарбових продуктів.

З питань придбання лабораторних та промислових дисольверів - звертайтеся до офіційного представника Олівер+Батлі та ATP Engineering в Україні - компанії Текса!

Джерело: <http://www.coatings.net.ua/drukujpdf/artykul/1325>