

Мешалки с магнитным приводом Zeta типа BMR для оборудования фармацевтической, биотехнологической и пищевой промышленности

■ **Андреас Дил**, дипломированный инженер, руководитель направления технологий смешивания компании Цета Биофарма, Австрия

Сегодня невозможно представить производственные процессы с особыми требованиями к стерильности и гигиене без мешалок с электромагнитными муфтами. Такие технические характеристики как полная герметичность, низкие затраты на обслуживание и освобождение места на крышке корпуса для насадок и приборов разного рода, говорят в пользу этих мешалок. Основными областями применения смешивающих элементов на основе магнитных приводов являются биоферментационные процессы (рост, сбор культур и последующая дезактивация), процесс фракционирования плазмы крови, процессы производства вакцин и активных субстанций.

Использование мешалок с магнитным приводом осуществляется в основном по таким же принципам, что и традиционных мешалок, но с некоторыми особенностями.

Так, для мешалок с магнитным приводом типично эксцентрическое (смещенное относительно центра) позиционирование в днище корпуса. По гигиеническим соображениям в корпусе отсутствуют разделители потока. Исключениями из этого могут быть, например, соединенные с магнитным приводом ферментные мешалки или мешалки с магнитным приводом, установленным на поверхности корпуса.

Поскольку передаваемый крутящий момент определяет габаритный размер и стоимость электромагнитной муфты, оптимизированный крутящий момент, подходящий для цели смешивания, играет важную роль.

По этой же причине при помощи мешалок с магнитным приводом смешиваются преимущественно вещества в состоянии от водного до маловязкого (т.е. турбулентный режим потока $Re > 105$), с обычными частотами вращения в диапазоне от 200 до 500 об./мин.

Диапазон магнитных приводов ЦЕТА, основные характеристики

Тип мешалки	Ø импеллера	Мощность	Макс. частота вращения	Кольцевой зазор, защитная оболочка	Производительность мешалки в зависимости от перемешиваемой жидкости
	мм	кВт	об/мин	мм	литр
BMR 30 M	80	0,9	900	2,0	от 5 до 120
BMR 75	105	0,18	850	3,3	от 50 до 250
BMR 75 M	105	0,12	850	3,3	от 50 до 250
BMR 100	125	0,18	525	3,3	от 100 до 400
BMR 300	150	0,25	575	3,5	от 200 до 800
BMR 550	175	0,37	530	4,5	от 500 до 1700
BMR 550 M	110	0,75	1150	4,5	от 800 до 3000
BMR 850	200	0,55	500	7,0	от 800 до 3000
BMR 1200	250	0,75	325	7,0	от 1000 до 4000
BMR 2500	300	1,10	300	7,0	от 2000 до 8000
BMR 2500 M	165	2,20	900	7,0	от 3000 до 10000
BMR 4000	350	1,50	250	7,0	от 3500 до 12000
BMR 7500	400	2,20	250	7,0	от 6000 до 22000
BMR 13000	450	4,00	240	7,0	от 10000 до 33000
BMR 20000	500	7,50	230	7,0	от 15000 до 45000

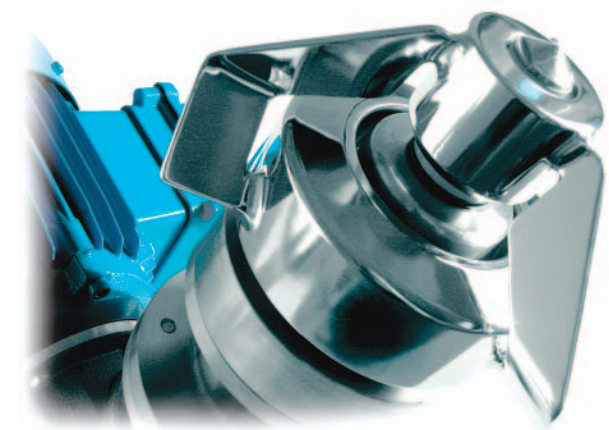
Очевидно, привод (мотор, редукторный двигатель) должен иметь соответствующий крутящий момент. Привод с избыточным размером не приносит никакой дополнительной пользы, поскольку размер электромагнитной муфты выступает в качестве ограничительного фактора.

Крутящие моменты встроенных электромагнитных муфт в большинстве своём не превышают 50 Нм. Но для больших корпусов объёмом более 30 м³ в распоряжении компании ЦЕТА имеются стандартные муфты с крутящими моментами Мт до 200 Нм.

ЦЕЛИ СМЕШИВАНИЯ

«Смешивание» в Техническом Задании / Проектной Спецификации часто обозначается как цель смешивания, то есть на этапе базового проектирования точная цель смешивания проектировщику ещё однозначно не известна. В этом случае при конструировании мешалки обходятся упрощёнными расчётами, обязательным элементом которых, наряду с теми или иными показателями (например, размер корпуса, отношение уровня заполнения к диаметру корпуса (В/Д) или повышенная вязкость) является опыт компетентных производителей мешалок.

Точные параметры требуют подробного определения цели смешивания и данных о продукте (вязкость, плотность, текучесть), которые часто определяются вместе со специалистами по оборудованию. Таким образом возможно предотвратить ненужные расчёты с запасом (капитальные затраты, занимаемая площадь, потребление энергии, вес), а также слишком слабое конструктивное исполнение.



Головка смешивания, магнитный привод ЦЕТА

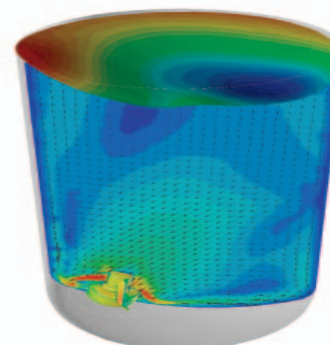
ГОМОГЕНИЗАЦИЯ

В случае максимально полного понижения степени концентрации и разности температур в хорошо смешиваемых друг с другом жидкостях говорят о гомогенизации как цели смешивания. В этом случае интерес представляет время смешивания на фоне определённого качества смешивания (как правило, $\Delta c / c < 5\%$). В лабораторных условиях часто применяются характеристики времени смешивания $n \times \theta$ по Re, при помощи которых – при геометрическом сходстве – может быть рассчитано достигаемое время смешивания в производственном масштабе. При отличающихся геометрических условиях (другое отношение диаметров смешивающего элемента и корпуса d2/D, другое соотношение В/Д) существуют приблизительные возможности пересчёта [1, 2, 3].

На примере корпуса объёмом 12 м³ для приготовления сред в биотехнологическом оборудовании расчетная характеристика времени для импеллеров с магнитным приводом Zeta (эксцентрической сборки без разделителей потока) была подтверждена экспериментальным путём. Для этого датчики электропроводности устанавливались в днище корпуса, на уровне половинного заполнения и близко к поверхности жидкости. Изменение электропроводности было вызвано добавлением NaCl в качестве твёрдого вещества в предварительно залитую деминерализованную воду.

Время между добавлением NaCl и постоянным показателем электропроводности на всех трёх датчиках было отмечено многоканальным самопишущим прибором. Испытание было проведено с разным числом оборотов, чтобы определить время смешивания при различных числах Рейнольдса.

Было получено интересное подтверждение: при использовании импеллера с магнитным приводом Zeta даже при неблагоприятном геометрическом соотношении В/Д > 1 было достигнуто прекрасное и быстрое перемешивание.



Компьютерное моделирование процесса перемешивания (магнитный привод ЦЕТА донного эксцентрического крепления)

Стоит отметить, что определение времени смешивания позволяет сделать существенно более точное технологическое суждение, чем указание сложного в верификации количества перемешиваемого вещества [4].

ТЕПЛОБМЕН

Поддержание процесса нагрева и охлаждения содержимого корпуса – распространённая цель перемешивания. Так, при охлаждении мешалка подаёт теплообменнику (стенка корпуса с двойным кожухом или половинчатым змеевиком, при определённых условиях – дополнительные теплообменники в корпусе) жидкость с максимально большим температурным градиентом, и одновременно распределяет жидкость из окружения теплообменника с малым температурным градиентом в объёме корпуса.

С известными показателями типа / модели смешивающего элемента С можно довольно точно рассчитать внутренний теплообмен Ci (жидкость / стенка корпуса). Эксцентрическая сборка в днище корпуса принципиально сокращает воздействие мешалки на теплообмен, однако преимущественно радиальное направление потока импеллера Zeta обеспечивает большое значение С и тем самым хорошую теплопередачу.

В процессе охлаждения особенно важно точное конструктивное исполнение мешалки, поскольку установленная мощность привода мешалки переходит в тепло и, как следствие этого, дополнительно увеличивает количество тепла, необходимое к отводу.

Именно рассмотрение всей системы «корпус – имеющиеся в распоряжении системы теплообмена – мешалка» и пре-

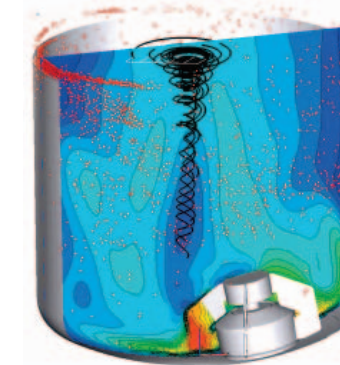
доставление заказчиком всех калориметрических данных о продукте позволяют максимально точно произвести расчёт времени подогрева и охлаждения.

РАСТВОРЕНИЕ И СУСПЕНДИРОВАНИЕ

Под растворением понимают перевод в раствор твёрдых веществ в растворителе, таком как вода или этанол (учитывать взрывозащиту согласно Директиве 94/9/EG «ATEX»), например, при изготовлении буферных растворов, при подготовке сред в процессе ферментации или в производстве биологически активных веществ. Растворение – это химический процесс, который косвенно поддерживается мешалкой. Задачей мешалки при этом является перемешивание твёрдого вещества (супендирование), чтобы вся поверхность была доступна для массопередачи. Кроме того, жидкость с максимально возможной движущей разницей концентрации подаётся к твёрдому веществу.

Плотность твёрдого вещества, размер частиц и количество твёрдого вещества являются важными данными для настройки мешалки на приготовление суспензии. Исходя из этого рассчитывается скорость оседания твёрдых веществ в скоплении и вытекающая отсюда необходимая производительность мешалки [см. также 5].

Радиальное направление потока импеллера с магнитным приводом Zeta вдоль дна корпуса предотвращает отложение твёрдого вещества, в то время как в случае аксиально смешивающих элементов это является распространённой проблемой.



Компьютерное моделирование распределения твердых частиц при супендировании с использованием магнитного привода ЦЕТА

КОМБИНИРОВАННЫЕ ЦЕЛИ СМЕШИВАНИЯ

Цели смешивания часто представляются в комбинированной форме. В качестве примера может послужить процесс ферментации, при котором сложно справиться с такими задачами, как поддержание микроорганизмов в подвешенном состоянии, однородное распределение питательной среды, снабжение кислородом (газирование) и всё усложняемый с увеличением объёма корпуса теплоотвод. При этом преобладающая задача смешивания определяет конструктивное исполнение мешалки. Последующие контрольные расчёты подтверждают, что также выполняются все вышестоящие задачи смешивания.



Пример магнитных мешалок ЦЕТА, используемых в биореакторах для клеточных культур

ОСОБЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА

Часто приходится учитывать более широкие технологические характеристики процесса. Предотвращение срезывающих усилий, например, является наиболее важным при ферментации клеточных культур или при фракционировании плазмы крови. Некоторые процессы требуют образования завихрения, которое облегчает всасывание порошкообразных твёрдых веществ, в других процессах, наоборот, нужно избегать завихрений, поскольку нельзя допускать попадания газа в жидкость.



Лабораторная установка ЦЕТА для проверки параметров и результатов смешивания

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компания Цета располагает более чем 20-летним опытом в области механического дизайна и технологических испытаний смешивающих элементов, многие разработки в области магнитных приводов являются ноу-хау компании и защищены патентами. Обладая механической надёжностью и гигиеничностью [6], магнитные приводы ЦЕТА позволяют решать все, перечисленные выше задачи. Знание технологии процесса является важной предпосылкой для правильного конструктивного исполнения мешалок с магнитным приводом и, как следствие, для последующего безупречного функционирования процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Henzler, H.J.: Untersuchungen zum Homogenisieren von Flüssigkeiten und Gasen, VDI Forschungsheft 587, 1978
- [2] Liepe, Sperling, Jembere: Rührwerke, Theoretische Grundlagen, Auslegung und Bewertung, Eigenverlag FH Köthen 1998
- [3] Zlokarnik, Marko: Rührtechnik, Theorie und Praxis, Springer Verlag 1999
- [4] Kipke, K.D.: Die Bedeutung der Umwälzmenge in der Rührtechnik, Chemie-Technik 5 (1976) Nr. 5
- [5] Kipke, K.D.: Suspendieren in einem 21 m³ Behälter, Chem.-Ing.-Tech. 64 (1992) Nr.7
- [6] Diel, Andreas: Harte Prüfung, Magnetrührwerke im Test, Process – PharmaTec 2 2004



ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЛИНИИ «ПОД КЛЮЧ»

По стандартам GMP

Высокотехнологичные установки для фармацевтических и биотехнологических производств, индивидуально разработанные для конкретного клиента

- Биотехнология: системы для процессов Upstream и Downstream
- Линии производства готовых жидких стерильных лекарственных форм
- CIP-/SIP-системы и системы подачи сред
- Решения по автоматизации
- Шеф-монтаж стерильных установок
- Магнитные приводы и мешалки различной конфигурации



ООО ЦЕТА, 115093 г. Москва, Б. Серпуховская ул., д. 44, Тел. +7 495 / 721 3941, eMail russia@zeta.com, Web www.zeta.com