Белорусский Государственный Университет

Биологический факультет

Биореакторы

# Реферат

студента 2-го курса

Бабицкого Мирослава

Минск 2003 г.

Биореакторы (ферментаторы) составляют основу биотехнологического производства. Масса аппаратов, используемых, например, в микробной биотехнологии, различна, и требования здесь определяются большей частью экономическими соображениями. Применительно к ферментаторам различают следующие типы их: лабораторные емкостью 0,5—100 л, пилотные емкостью 100л—10 м3, промышленные емкостью 10—100 м3 и более.

При масштабировании добиваются соответствия важнейших характеристик процесса, а не сохранения принципа конструкции.

Применяемое в биотехнологии оборудование должно вносить определенную долю эстетичности в интерьер цеха или отделения ("ласкать глаз"). В ходе его эксплуатации и вне ее оборудование должно быть легко доступным, содержащимся и функционирующим в определенных рамках требований гигиены и санитарии.

В случае замены каких-либо частей или деталей в аппарате, смазки и чистки узлов при текущем ремонте, и т. д., загрязнения не должны попадать внутрь биореакторов, в материальные поточные коммуникационные линии, в конечные продукты.

Техническую вооруженность биотехнологических процессов целесообразно условно ограничить аппаратурным оформлением производств, базирующихся на культивировании: 1) бактерий и грибов, 2) клеток и тканей растений, 3) клеток и тканей животных организмов и человека. Такое подразделение обусловлено тем, что бактерии и грибы в большинстве своем выращивают в однотипных биореакторах, имеющих почти однотипную обвязку, в которую входят: ферментатор, многокорпусный вентиль стерильный (для подачи питательной среды, посевного материала, подпитки и пр.), системы регулирования рН, 1°, подачи иеногасителя, система контроля расхода воздуха, пробоотборник, электродвигатель.

Растительные клетки, имеющие клеточную стенку (также как бактерии и грибы) растут, размножаются и развиваются значительно дольше, чем большинство бактерий и грибов, а это вносит определенные коррективы в аппаратурное оформление соответствующих биотехнологических процессов.

Культуры клеток животных и человека, не имеющие клеточных стенок, являются более ранимыми и требовательными к условиям своего существования, чем клетки других эукариот и прокариот. Поэтому оборудование для них можно отнести к разряду "тихоходного", обеспечивающего нежное обращение с биообъектами.

Несомненно, в отдельных случаях допустимы исключения, например, когда возможно культивирование в глубинных условиях некоторых растительных клеток (суспензионная культура женьшеня), используя ферментационное оборудование, рассчитанное на выращивание, например, бактерий или грибов.

К. Шюгерль в 1982 г. предложил подразделить биореакторы на 3 основные группы согласно способу потребления энергии для перемешивания и диспергирования г стерильного воздуха (газа):

- в биореакторах I типа энергия расходуется на механическое

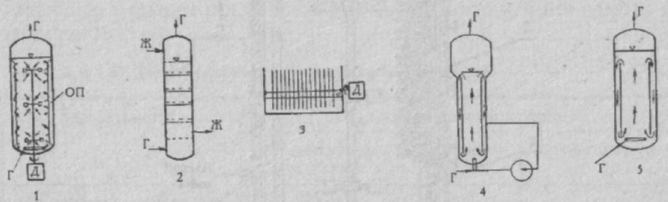
движение внутренних устройств;

- в биореакторах II типа энергия расходуется на работу

внешнего насоса, обеспечивающего рециркуляцию жидкости

и/или газа;

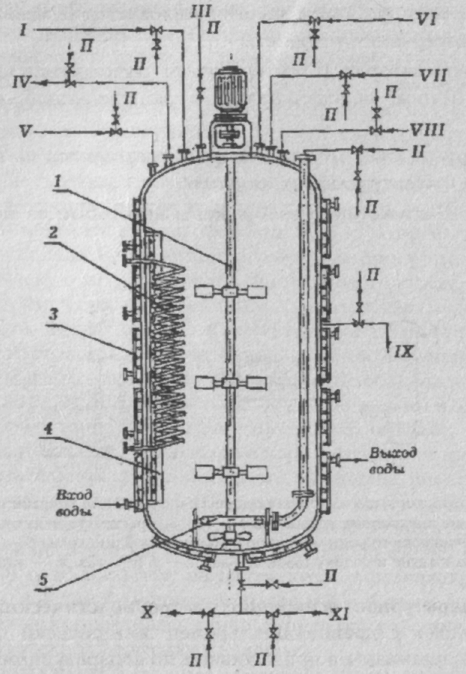
- в биореакторах III типа энергия расходуется на сжатие и подачу газа в культуралъную жидкость.



Биореакторы для аэробных процессов: с расходом энергии на механическое движение внутренних устройств а — 1, 2. 3; с расходом энергии на работу насоса, обеспечивающего рециркуляцию культуральной жидкости б — 4; с расходом энергии на сжатие и подачу газовой фазы в — 5 (г — газ. ж — жидкая фаза, д — двигатель).

Человек с древнейших времен эмпирически применял дрожжевые организмы в примитивных по аппаратурному оформлению биотехнологических процессах (хлебопечение, виноделие и пр.). Развитие промышленности антибиотиков продвинуло далеко вперед проблему создания специальной аппаратуры для культивирования микробов — продуцентов БАВ (аминокислот, антибиотиков, полисахаридов, витаминов, ферментов и других соединений). Были предложены различного типа биореакторы для выращивания микроорганизмов, однако все конструкции ферментаторов (ферментеров) оставались в основном сходными по большинству параметров и, усредненно, их можно подразделить на 2 типа: без подводки стерильного воздуха (для анаэробов) и с подводкой его (для аэробов). Аэрируемые биореакторы могут быть с мешалками и без них.

Ферментатор периодического действия (1 — турбинная трсхярусная мешалка, 2 — охлаждающий змеевик. 3 — секционная рубашка. 4 — отражательная перегородка. 5 - барботер. П-пар); I—XI — материальные и вспомогательные трубопроводы с запорно-регулирующими устройствами (I — посевная линия. I —подача стерильного сжатого воздуха. III — подача пара, IV — удаление отработанного воздуха. V — загрузочная линия, VI — линия введения добавок, VII подача пеногаситсля, VIII — подача моющего раствора. IX — пробоотборник. X -выдача продукта, XI — выдача в канализацию через нижний спуск).



В последние годы апробированы мембранные биореакторы, биореакторы с полыми волокнами и некоторые другие.

При расчете и конструировании биореакторов необходимо учитывать время протекания различных биологических процессов у представителей различных групп организмов.

Некоторые технические характеристики промышленного биореактора в сравнении с пилотным и лабораторным приведены в таблице:

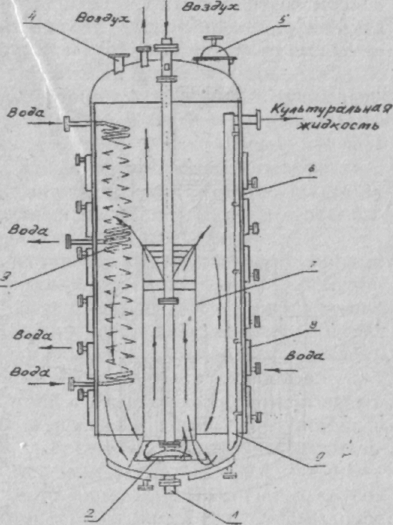
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Характеристика | Показатели для аппаратов | | |
| промышленного на 100 м3 | пилотного на 150 л | лабораторного на 10 л |
| Внутренний диаметр, мм | 3600 | 420 |  |
| Высота, мм | 15715 | 1140 |  |
| Рабочий объем, л | 1 | 100 | 2-6 |
| Диаметр турбин, мм | 900 | 140 |  |
| Число турбин | 1-2 (диаметр | 3 | 2 |
|  | рабочего колеса |  |  |
|  | 960 мм) |  |  |
| Число отбойников | 4 | 4 | ± |
| Частота вращения вала мешалки, об/мин | 173 | 125-990 | 200-1500 |
| Мощность |  |  |  |
| электродвигателя |  |  |  |
| мешалки, кВт | 160 | 2,2 | Не более 2 |
| Мощность |  |  |  |
| электродвигателя |  |  |  |
| пеногасителя, кВт | 4 | 0,73 |  |
| Максимальное |  |  |  |
| количество |  |  |  |
| отработанного |  |  |  |
| пеногасителем газа. |  |  |  |
| м3/мин | 100-110 | 0,3 |  |
| Частота вращения вала |  |  |  |
| пеногасителя. об/мин | 725 | 3000 |  |

Размеры ферментаторов определяются соотношением внешнего диаметра к высоте, который варьирует обычно в пределах от 1:2 до 1:6. Почти универсальными и чаще используемыми являются ферментаторы для анаэробных и аэробных процессов. Эти ферментаторы в свою очередь классифицируют по способу ввода в аппарат энергии для перемешивания газовой фазой (ФГ), жидкой фазой (ФЖ), газовой и жидкой фазами (ФЖГ).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Ферментаторы | Характеристика конструкции аппарата | Тип аппарата |
| ФГ с подводом энергии газовой фазой | Простота конструктивного осрормления и высокая надежность в связи с отсутствием движущихся узлов и деталей | Барботажный. барботажно-эрлифтный. колоночный (колонный), форсуночный |
| ФЖ с подводом энергии жидкой фазой | Обычно энергия передастся жидкой фазе самовсасынающсй мешалкой или насосом | Эжекционный. с циркуляционным контуром, с нсасывающей мешалкой |
| ФЖГ (комбинированные) | Основным конструктивным элементом является перемешивающее устройство, обеспечивающее высокую интенсивность растворения кислорода и высокую степень диспергирования газа. В то же время энергия газовой фазой выводится обычным способом | Барботажный с механическим перемешиванием |

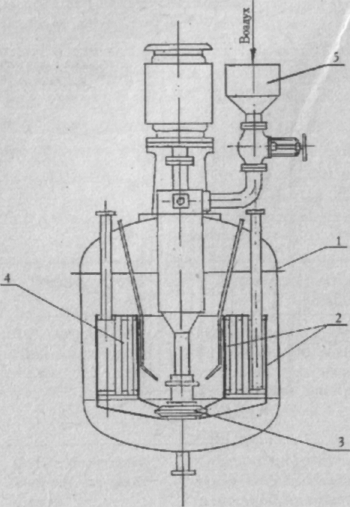
С использованием указанных выше классификаций удается разработать единые методы инженерных расчетов основных конструктивных элементов и режимов работы ферментаторов.

Ферментаторы указанных трех групп имеют большое количество общих элементов. Различие же состоит в конструкциях аэрирующих и перемешивающих устройств. Примером конструктивного оформления ферментатора группы ФГ может быть аппарат с эрлифтом вместимостью 63 м3. В аппарате отсутствует механическое перемешивание, поэтому проще поддерживать асептические условия. Воздух для аэрации среды подастся по трубе, расположенной вертикально в ферментаторе. Аэратор, конструкция которого обеспечивает вихревое движение выходящего воздуха, расположен в нижней части диффузора и насыщает питательную среду воздухом. Газожидкостная смесь поднимается по диффузору и перемешивается через его верхние края. В этой же зоне часть воздуха уходит из аппарата, и более плотная среда опускается вниз в кольцевом пространстве между корпусом ферментатора и диффузором. Так происходит многократная циркуляция среды в ферментаторе. Для отвода биологического тепла внутри ферментатора установлен змеевик, а также аппарат снабжен секционной рубашкой. Недостатком этих аппаратов является низкая интенсивность массообмсна по кислороду. Известны ферментаторы этого типа объемом 25, 49, 63 и 200м3.



Ферментатор с эрлифтом: 1 — штуцер для слива, 2 — аэратор, 3 — змеевик, 4 — штуцер для загрузки. 5 — люк, 6 — корпус аппарата, 7 — диффузор, 8 — рубашка, 9 — труба передавливания.

Широкое распространение в производстве кормового белка получили ферментаторы с самовсасывающими мешалками (рис. 91). Это ферментаторы из группы ФЖ. Для выращивания чистой культуры дрожжей созданы ферментаторы вместимостью 0.32, 3.2 и 50 м3. Ферментатор представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, снабженный циркуляционными, теплообменными и аэрирующими устройствами. В качестве циркуляционных устройств использованы системы направляющих диффузоров, разграничивающих восходящие и нисходящие потоки. Теплообменные устройства выполнены в виде трубок, установленных в трубных решетках диффузоров.



Ферментатор с самовсасывающей мешалкой непрерывного действия: 1 — корпус, 2 — диффузор, 3 — самовсасывающая мешалка. 4 — теплообменник, 5 — фильтр.

На предприятиях микробиологической промышленности при выращивании дрожжей в средах с жидкими парафинами также применяют ферментаторы с самовсасывающими мешалками непрерывного действия. Емкость его 800 м3 (рабочий объем 320 м3) разделена на 12 секций. Ферментационная среда последовательно проходит все секции, и из последней выходит культуралъпая жидкость с минимальным содержанием н-парафинов и максимальной концентрацией биомассы. В каждой секции установлено перемешивающее и аэрирующее устройство и змеевики для отвода тепла. Ферментаторы периодического действия из групп ФЖГ применяют с 1944 г. в

промышленности для получения антибиотиков, витаминов и других биологически активных веществ (см. рис. 88). Его конструкция обеспечивает стерильность ферментации в течение длительного времени (нескольких суток) при оптимальных условиях для роста и жизнедеятельности продуцента. Ферментаторы такой конструкции изготавливают на 1,25; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 5,0; 6,3; 10,0; 16,0; 20,0; 32,0; 50,0; 63,0; 100,0 и 160,0 м3. Как видно из рисунка, это цилиндрический вертикальный аппарат со сферическим днищем, снабженный аэрирующим, перемешивающим и теплопередающим устройствами. Воздух для аэрации поступает в ферментатор через барботер, установленный под нижним ярусом мешалки. С точки зрения эффективности диспергирования воздуха конструкция барботера принципиальной роли не играет при наличии мешалки, однако, с точки зрения эксплуатации, наиболее удобным является квадратный барботер, который получил наибольшее распространение. Отверстия в барботере направлены вниз, во избежание засорения биообъектами. Общая площадь отверстий должна быть на 25% больше площади поперечного сечения трубопровода, подводящего воздух. Барботер по своим размерам должен соответствовать диаметру мешалки, чтобы выходящий из него воздух попадал в зону ее действия.

Эффективность работы ферментатора определяется прежде всего необходимой интенсивностью перемешивания. Перемешивающие устройства служат для сохранения равномерного температурного поля по всему объему аппарата, своевременного подвода продуктов питания к клеткам и отвода от них продуктов метаболизма, а также интенсификации массопередачи кислорода. Для создания в ферментаторе условий "полного отражения", во избежание образования вращательного контура, который резко снижает интенсивность перемешивания, в аппарате устанавливают отражательные перегородки (отбойники). Ширина их составляет (0,1—0,12) dM. Обычно рекомендуют устанавливать 4 отражательных перегородки, несколько отступая от стенок ферментатора.

Важным элементом в конструкции ферментатора являются теплообменные устройства. Применение высокопродуктивных штаммов биообъектов, концентрированных питательных сред, высокий удельный расход мощности на перемешивание — все эти факторы сказываются на существенном возрастании тепловыделений, и для отвода тепла в ферментаторе устанавливают наружные и внутренние теплообменные устройства. Промышленные ферментаторы, как правило, имеют секционные рубашки, а внутри аппарата — четыре змеевика.

Разработчики аппаратуры в нашей стране и за рубежом постоянно совершенствуют конструкции биореакторов. Так, например, фирма New Brunswick Scientific Co., Inc. (США) предложила следующие типы ферментаторов: Био-Фло III — для периодического и непрерывного культивирования микробных, животных и растительных клеток, совмещенный с микропроцессором и персональным компьютером; Микрос I — для культивирования микроорганизмов (совмещен с микропроцессором) и промышленные ферментаторы емкостью от 40 до 4000 литров и более (совмещены с микропроцессорами). В Датской мультинациональной компании Gist-Brocades в 1987 г. сконструирован и изготовлен самый большой промышленный ферментатор для производства пенициллина (200 м3).