

Таким образом, применение коленообразного интерферометра, работающего в режиме стоячих волн, обеспечивает увеличение эффективности одномерного отклонения светового пучка, а при работе в режиме смешанных волн обеспечивает получение двумерного сканирования при одном излучателе ультразвука. Последнее также увеличивает эффективность сканирования, так как отпадает необходимость в одном из каналов усиления питающих излучатели напряжений; в результате увеличивается к.п.д. сканирующего устройства. Кроме того, устраняются эффекты, связанные с неидентичностью пьезопреобразователей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. И. А. Дерюгин. Лазерное излучение как носитель информации. В сб.: Проблемы передачи информации лазерным излучением. Изд-во Киевск. гос. ун-та, 1969, 7—31.
2. В. А. Шутлов. Об углах и характере отклонения светового пучка в ультразвуковом поле. Акуст. ж., 1966, 12, 2, 239—246.
3. И. А. Дерюгин, В. В. Котов, Ю. Л. Обозненко. Двумерное сканирование оптического луча посредством рефракции света в ультразвуковом поле. В сб.: Проблемы передачи информации лазерным излучением. Изд-во Киевск. гос. ун-та, 1969, 568—576.
4. В. К. Балакший, В. Н. Парыгин. Ультразвуковой рефракционный дефлектор инфракрасного диапазона. Вестн. МГУ. Сер. III, 1968, 5, 112—115.
5. В. М. Фомченков, О. А. Шадриков. Применение пьезокерамики ЦТС-19 при ультразвуковом сканировании лазерного луча. В сб.: Проблемы передачи информации лазерным излучением. Изд-во Киевск. гос. ун-та, 1969, 588—595.
6. H. S. Aas, R. K. Erf. Application of ultrasonic standing waves to the generation of optical beam scanning. J. Acoust. Soc. Amer., 1964, 36, 10, 1906—1913.
7. Р. Липник, А. Рейх, Г. Шен. Одно- и двумерное немеханическое сканирование света. Тр. Ин-та инженеров по электротехнике и радиотехнике, М., «Мир», 1965, 53, 3, 368—369.
8. D. E. Flinchbaugh. Focusing ultrasonic system applicable to two-dimensional optical beam scanning. J. Acoust. Soc. Amer., 1965, 37, 6, 975—985.
9. С. Н. Ржевкин. Курс лекций по теории звука. Изд-во МГУ, 1960.

Институт биологической физики  
Академии наук СССР

Поступила  
9 февраля 1973 г.

УДК 534.29 : 66.084

### ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ В ВЫСОКОЧАСТОТНОМ УЛЬТРАЗВУКОВОМ ПОЛЕ

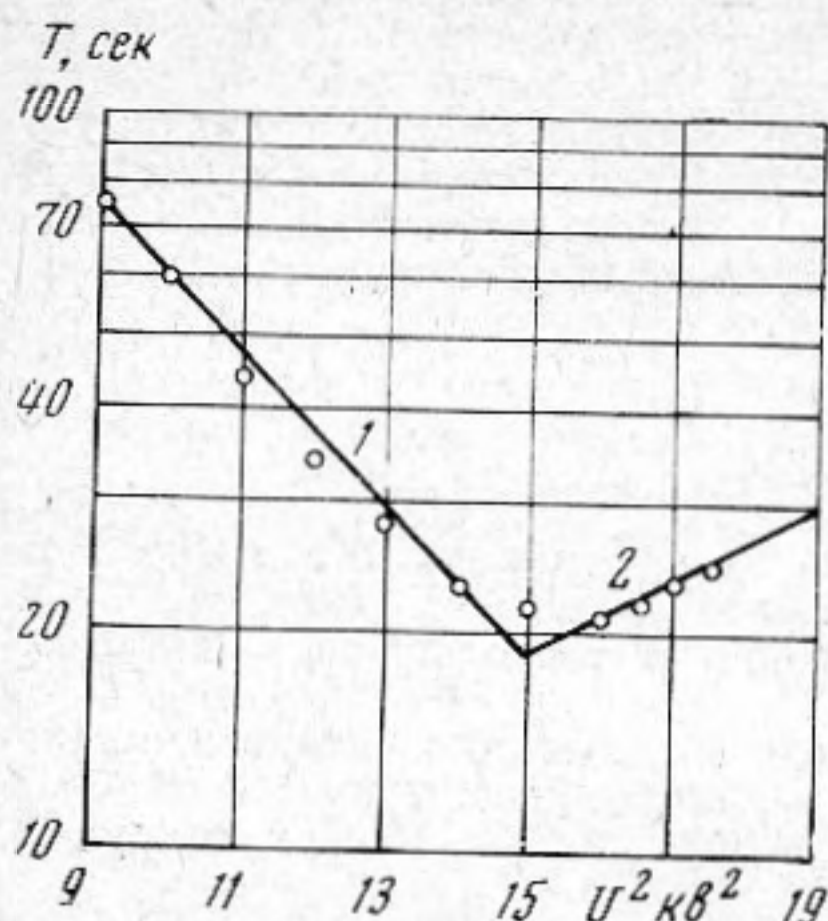
*И. Н. Каневский*

В настоящее время в химической технологии большую роль играют процессы экстракции, которые применяются при извлечении фенола из надсмольных вод, в производстве анилина, капрона, брома, иода и многих других веществ [1]. В редкометаллической промышленности этот процесс используется для разделения элементов [2, 3].

Процесс экстракции состоит из двух основных этапов — смешивания двух жидкостей (экстрагента и водной фазы) и их разделения. Как правило, первый этап протекает достаточно быстро, в то время как второй этап (разделение или расслаивание) протекает медленно и лимитирует скорость всего процесса экстракции. Поэтому для увеличения скорости процесса необходимо прежде всего увеличить скорость расслаивания жидких фаз.

Мы провели предварительные исследования процесса расслаивания в ультразвуковом поле на системе масло — вода. В химический стакан наливали по 50 см<sup>3</sup> трансформаторного масла и дистиллированной воды, стакан помещали в термостат и в течение 3 мин перемешивали масло с водой при помощи электрической мешалки, вращающейся со скоростью 1200 об/мин. Затем смесь наливали в делительную воронку и помещали в сосуд с водой, в дно которого был вмонтирован пьезокварцевый излучатель диаметром 70 мм, работающий на резонансной частоте 800 кгц. Сосуд и излучатель охлаждались проточной водой. Излучатель питался от высокочастотного генератора с выходной мощностью 1,6 квт.

На фигуре приведена зависимость времени расслаивания жидкостей  $T$  от квадрата напряжения на излучателе, пропорционального потоку ультразвуковой энергии; по оси ординат принят логарифмический масштаб. Вдоль линии 1 время расслаива-



ния сокращается с ростом  $U^2$ , вдоль линии 2 — увеличивается. Аналитически график описывается экспонентой  $T=A \exp\{\alpha U^2\}$ , причем для линии 1 —  $A=660$ ,  $\alpha=-0,24$ , для линии 2 —  $A=3,2$ ,  $\alpha=0,116$ .

Ускорение расслаивания (линия 1) происходит, во-первых, вследствие роста температуры масла, в котором поглощение ультразвука больше, чем в воде и, во-вторых, за счет наличия в ультразвуковом поле пондеромоторных сил [4], ускоряющих всплывание частиц масла.

Замедление расслаивания (линия 2) происходит из-за перемешивающего действия потоков, которые преобладают над процессом расслаивания при достаточно больших значениях интенсивности ультразвукового поля, а также благодаря кавитации.

Нами была исследована возможность ускорения расслаивания смеси трибутилфосфата и водной фазы при экстракции редкоземельных элементов.

Эксперименты проводились таким же образом, как на системе масло — вода. Отличие состояло только в том, что смесь трибутилфосфата и водной фазы наливали в две делительные воронки и перемешивали на качающемся столе в течение 3 мин. Одну из воронок облучали ультразвуком до полного расслаивания в заведомо невыгодных условиях, когда температура воды над излучателем была  $4^\circ\text{C}$ . В другой воронке — контрольной — наблюдали расслаивание при комнатной температуре ( $19-21^\circ\text{C}$ ). Результаты четырех выборочных экспериментов приведены в таблице, в которой  $\tau$  — время расслаивания в мин, индекс «э» относится к расслаиванию

Время расслаивания гетерогенной системы под действием ультразвукового поля с частотой 800 кГц при различных напряжениях на пьезокварце

Номера опытов	Напряжение на излучателе $U$ , кВ	Экстракция, мин		Ускорение при экстракции $\tau_{\text{э}}/\tau_{\text{э}}$ , уз	Реэкстракция, мин		Ускорение при реэкстракции $\tau_{\text{р}}/\tau_{\text{р}}$ , уз	Общее время процесса, мин		Общее ускорение $\tau_{\text{о}}/\tau_{\text{о}}$ , уз
		$\tau_{\text{э}}$ , уз	$\tau_{\text{э}}$		$\tau_{\text{р}}$ , уз	$\tau_{\text{р}}$		$\tau_{\text{о}}$ , уз	$\tau_{\text{о}}$	
1	5,0	28,0	53,0	2,3	1,1	5,9	5,4	24,1	58,9	2,5
2	4,8	4,4	37,3	8,6	0,7	4,3	6,1	5,2	42,1	8,1
3	3,8	5,2	29,0	5,6	0,4	5,8	14,5	5,6	34,8	6,2
4	3,6	2,8	23,2	8,3	0,4	5,6	14,0	3,2	28,9	9,1

при экстракции, «р» — при реэкстракции, «о» — общее время расслаивания при экстракции и реэкстракции; индекс «уз» означает, что расслаивание проведено под воздействием ультразвукового поля. Как видно из таблицы, наилучшие результаты получаются при  $U=3,6$  кВ, что близко к оптимальному напряжению  $U=3,9$  кВ для системы масло — вода. При переходе солей из водной фазы в трибутилфосфат (экстракция) ультразвук сокращает время расслаивания от 2,3 до 8,6 раза, при вымывании солей из трибутилфосфата (реэкстракция) — от 5,4 до 14,5 раза. Общее время расслаивания можно сократить от 2,5 до 9,1 раза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Общая химическая технология (под ред. И. П. Мухленова). «Высшая школа», М., 1970, 190—191.
2. Г. В. Корпусов, И. В. Ескевич, Е. П. Жиров. Групповое разделение редкоземельных элементов методом противоточной экстракции. В сб.: Экстракция. М., Госатомиздат, 1962, 1, 125—142.
3. Экстракция неорганических веществ (под ред. А. В. Николаева). Новосибирск, «Наука», 1970.
4. И. Н. Каневский. Постоянные силы, возникающие в звуковом поле. Акуст. ж., 1961, 7, 1, 3—17.

Научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности

Поступила 19 апреля 1973 г.