АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том IV 1958 Вып. 2

СКОРОСТЬ УЛЬТРАЗВУКА В ЖИДКИХ СПЛАВАХ ОЛОВО-ВИСМУТ И ИХ СЖИМАЕМОСТЬ

И. Г. Полоцкий и З. Л. Ходов

Исследована концентрационная зависимость скорости ультразвука и адиабатической сжимаемости как в доэвтектических, так и заэвтектических жидких сплавах олово-висмут. Показано, что по обе стороны от сплава эвтектического состава концентрационная зависимость скорости ультразвука имеет линейный характер с разным наклоном к оси концентраций. Обнаружено, что кривые адиабатической сжимаемости, так же как и скорости ультразвука для сплавов олово-висмут, имеют точку пересечения, лежащую в области эвтектической концентрации.

Определение скорости ультразвука в жидких металлических системах представляет большие трудности. Однако при помощи ультразвукового импульсного метода уже удалось произвести измерение скорости ультразвука в некоторых легкоплавких жидких металлах.

Джэкоб [1] определил скорость звука в жидком олове и свинце и их температурные коэффициенты. Клепша [2—3] измерил скорость ультразвука в 12 чистых металлах вблизи их точки плавления. Им показано, что значение величины Грюнайзена для исследованных металлов, за исключением галлия и висмута, не изменяется заметно при переходе из твердой в жидкую фазу. Полученные данные по сжимаемости жидких металлов подтверждают то представление, что при плавлении многих металлов сохраняется упорядоченность в размещении атомов, которая сохраняет в общем черты взаимной координации атомов, имеющейся в кристалле. Пошапский и Куимби [4] определили скорость распространения ультразвука в жидком натрии в температурном интервале от точки плавления до 272°. Полоцким и Ходовым [5] было проведено измерение скорости ультразвука в некоторых жидких сплавах олово-висмут.

Особый интерес представляет изучение скорости ультразвука и адиабатической сжимаемости жидких сплавов, в том числе и жидких эвтектических сплавов. Исследование концентрационной и температурной зависимости скорости ультразвука и, особенно, сжимаемости в бинарных жидких сплавах может дать представление о характере изменений в структуре жидких сплавов. В связи с этим нами было проведено исследование концентрационной зависимости скорости ультразвука и адиабатической сжимаемости как в доэвтектических, так и в заэвтектических жидких сплавах олово-висмут при температурах, превышающих их точку плавления на 10—15°.

Для указанной системы олово-висмут была также определена скорость распространения ультразвука и адиабатическая сжимаемость при 300°. Коэффициент адиабатической сжимаемости для жидких сплавов олово-висмут вычислялся по найденной нами величине скорости ультразвука и имеющимся литературным данным о плотностях олова, висмута и их жидких сплавов [6—7]. Для некоторых концентраций плотность вычислялась путем интерполяции.

Определение скорости звука производилось ультразвуковым импульсным методом. Отличие применявшейся методики * от описанной дру-

* Экспериментальная ультразвуковая установка создана в Институте металлофизики АН УССР.

гими исследователями [2—4], заключается в том, что измерение производилось при перемещении рефлектора, причем определялось время прохождения импульсом дополнительного пути. В целях предотвращения окисления жидких сплавов поверхность их покрывалась слоем парафинированного воска. Такого рода покрытия применяются при различных исследованиях расплавленных металлов, в том числе и при рентгенографии жидких сплавов. Закристаллизовавшиеся после опыта образцы сплавов олово-висмут имели блестящую поверхность, что указывает на надежность применявшегося покрытия. Предварительные опыты, проведенные на чистых металлах, показали, что изменения в величине скорости ультразвука не превышают ошибки опыта. Заметим, что Клеппа [3], Пошапский и Куимби [4] отмечают, что малые количества примесей не оказывают заметного влияния на величину скорости ультразвука в жидких металлах. Плохое смачивание металлом стержня, служащего для передачи ультразвуковых импульсов, препятствует прохождению их в жидкий металл; устранение этого затруднения достигалось покрытием поверхности стержня тонкой пленкой парафинированного воска.

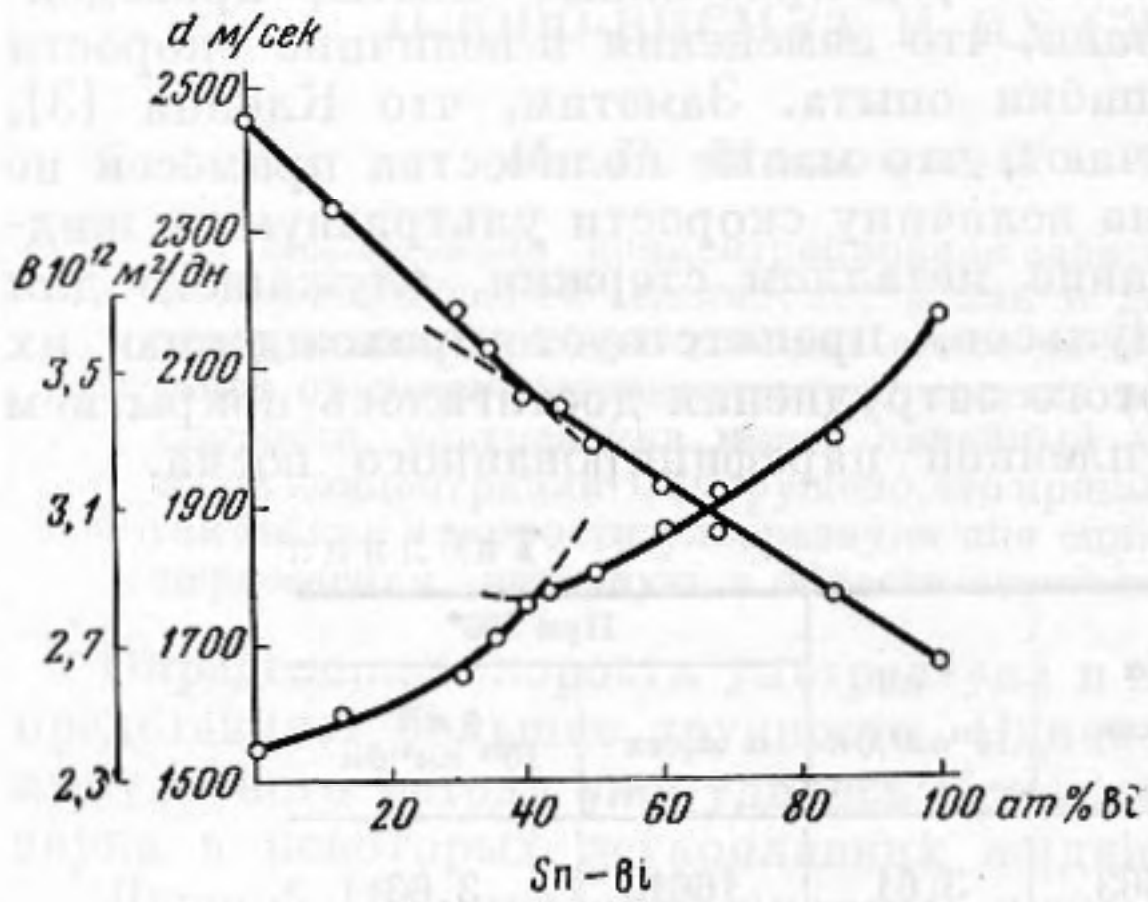
Таблица

Атомный процент висмута	t °C	a м/сек	β_{ad} 10^{12} см²/дн	При 300°	
				a м/сек	β_{ad} 10^{12} см²/дн
100,0	287	1663	3,61	1661	3,63
85,0	240	1760	3,30	1758	3,32
69,4	201	1856	3,12	1850	3,17
60,0	188	1924	3,00	1919	3,05
50,0	173	1990	2,88	1995	2,91
45,0	150	2034	2,82	2024	2,89
40,0	163	2056	2,80	2070	2,80
35,0	173	2113	2,70	2125	2,71
30,0	183	2174	2,60	2170	2,65
12,4	219	2327	2,47	2325	2,54
0,0	247	2454	2,39	2455	2,40

В таблице представлены найденные величины скорости ультразвука и адиабатической сжимаемости для жидких сплавов олово-висмут вблизи точки плавления. Указанные в таблице данные являются средними из пяти определений. Для всех исследованных жидких сплавов оказалось возможным определить скорость ультразвука с точностью до 0,7%. В таблице указаны концентрация в атомных процентах, скорость распространения ультразвука *ам/сек*, коэффициент адиабатической сжимаемости — $\beta_{ad} \cdot 10^{-12}$ *см²/дн*.

Исследование концентрационной зависимости скорости ультразвука в жидких сплавах олово-висмут (см. фигуру) показало, что изменение скорости звука как в доэвтектических, так и в заэвтектических сплавах имеет зависимость линейного характера, с различным наклоном по обе стороны эвтектической концентрации. При возрастании концентрации висмута скорость ультразвука в жидких сплавах олово-висмут уменьшается, причем для доэвтектических сплавов изменение происходит более резко, чем для заэвтектических. Наличие излома на прямой концентрационной зависимости скорости ультразвука в области эвтектического состава указывает на существенные структурные изменения в жидком сплаве при переходе к эвтектической концентрации. Следует отметить, что найденные нами скорости ультразвука в жидких сплавах олово-висмут при 300° (см. табл.) в пределах ошибки опыта совпадают с полученными данными для этих же жидких сплавов вблизи их точки плавления. Следовательно, температурный градиент скорости ультразвука для этих сплавов очень мал и нам кажется, что полученные Клеппа [3] величины температурных градиентов для некоторых чистых металлов преувеличены.

Сжимаемость жидких сплавов олово-висмут растет с увеличением концентрации висмута. Так же как и скорость, кривые адиабатической сжимаемости для сплавов олово-висмут имеют точку пересечения, лежащую в области эвтектической концентрации. Указанные кривые сжимаемости состоят из двух ветвей, имеющих небольшую выпуклость, обращенную к оси концентраций. Интересно отметить, что сжимаемость для соответствующих жидких сплавов олово-висмут вблизи точки плавления и при 300° мало отличается. Полученные нами данные для эвтектического сплава находятся в полном согласии с рентгенографическими исследованиями жидкого сплава олово-висмут эвтектического состава, проведенными Лашко [8], который показал, что строение сплава при температурах, близких к температуре плавления, в значительной степени сохраняется и при 400°.



Наблюдавшееся изменение адиабатической сжимаемости в области эвтектического состава указывает на структурные изменения в жидком сплаве олово-висмут при переходе к эвтектической концентрации и, вероятно, объясняется тем, что в случае эвтектического состава существует квазиэвтектическая структура в жидкой фазе [9]. Так как с повышением температуры от 150 до 300° скорость ультразвука и сжимаемость в сплаве эвтектического состава не изменяется, то это позволяет сделать заключение, что резкого изменения структуры (статистики ближнего порядка) сплава при этом не наблюдается.

Таким образом, на основании сопоставления данных о сжимаемости жидких сплавов и рентгенографических исследований можно сказать, что ультразвуковые и рентгенографические методы исследования взаимно дополняют друг друга и, применяя их, можно умножить успехи в изучении жидких сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. W. Jacob. Die Bestimmung der Schallgeschwindigkeit am Schmelzpunkt leichtschmelzbarer Metalle sowie von Wasser und Eis. Цит. по Л. Бергману «Ультразвук и его применение в науке и технике», М., ИЛ, 1956, стр. 260.
2. O. J. Kleppa. Ultrasonic velocities of sound in some liquid metalls. J. Chem. Phys., 1949, 17, 7, 668.
3. O. J. Kleppa. Ultrasonic velocities of sound in some liquid metalls. Adiabatic and isotermal compresibilities of liquid metalls at their melting points. J. Chem. Phys., 1950, 18, 10, 1331—1336.
4. T. E. Pochapsky, S. — L. Quimby. Temperature variation of the compressibility of molten sodium. J. Phys. Rev., 1950, 79, 5, 892.
5. И. Г. Полоцкий и З. Л. Ходов. Ультразвуковой интерферометр для измерений при повышенных температурах. Вопр. физ. метал. и металловед., 1955, 6, 70—76.
6. K. Bornemann, P. Siebe. Dichtemessungen von Metallen und Legierungen bei hohen Temperaturen mit besonderer Berücksichtigung des flussigen Zustandes. Z. Metallkunde, 1922, 14, 8, 329—334.
7. Landolt-Börnstein. Phys. chem. Tab. B — 11, 1931, 324.
8. А. С. Лашко. Про структуру рідкого сплаву вісмут-олово. Доповіді АН УРСР, 1957, 1, 30—32.
9. В. И. Данилов, И. В. Радченко. О структуре жидких металлов вблизи точки кристаллизации. Ж. эксперим. и теор. физ., 1937, 7, 9—10, 1153—1157.

Институт металлофизики АН УССР
Киев

Поступила в редакцию
17 июня 1957 г.