АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XXV 1979 Вып. 3

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 534.286

ПОГЛОЩЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В СТАЛЯХ В АУСТЕНИТНОМ СОСТОЯНИИ ПРИ БОЛЬШИХ АМПЛИТУДАХ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИИ

А. В. Кулемин

В работе [1] изучалось поглощение звука в железе с различными примесями: хром, молибден и др., а также при различном содержании углерода. Представляет интерес исследовать поглощение звука в конструкционных и инструментальных сталях, в которых указанные примеси являются необходимыми компонентами для создания нужных свойств.

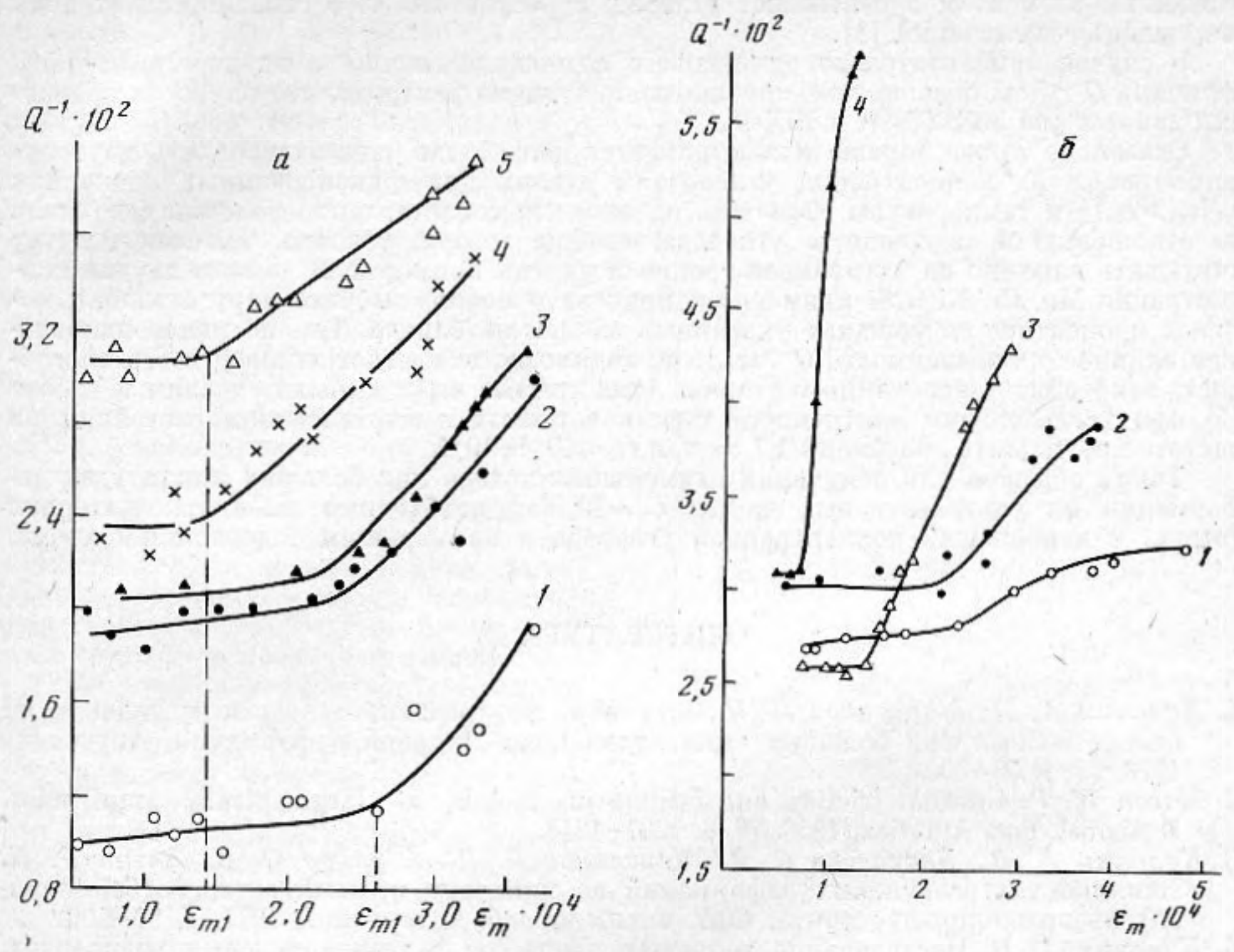
Поглощение звука мы будем характеризовать коэффициентом внутреннего трения Q^{-1}, который связан с обычно применяемым коэффициентом поглощения звука α соотношением $\alpha=\pi Q^{-1}/\lambda$, где λ – длина волны звука. Определение зависимости величины Q^{-1} от амплитуды деформации ε_m в сталях в аустенитном состоянии (при 790–1000° С) позволяет оценить интервал амплитуд деформации, в котором происходит движение и размножение дефектов кристаллической решетки – дислокаций под действием ультразвука, так как резкое возрастание Q^{-1} при превышении амплитудой деформации некоторого порогового значения ε_{m1} обусловлено размножением дислокаций [1, 2]. При $\varepsilon_m>\varepsilon_{m1}$ воздействие ультразвука вызывает ускорение кинетики фазовых превращений в сталях и изменение их свойств [3]. Таким образом, изучение зависимости $Q^{-1}(\varepsilon_m)$ играет вспомогательную роль при рассмотрении влияния ультразвука на свойства сталей. Однако количественная оценка зависимости $Q^{-1}(\varepsilon_m)$ в различных сталях при высоких температурах представляет и самостоятельный интерес как для исследования дислокационной структуры аустенитных сталей, так и для практических целей при выборе материала для колебательных систем, используемых в ультразвуковых технологических установках.

В настоящей работе изучалось внутреннее трение в различных сталях и в чистом железе при больших амплитудах деформации $\varepsilon_m\geqslant10^{-4}$ и высоких температурах t=790–1000° С на частоте продольных колебаний образцов, равной 19,5 *кгц*. Коэффициент внутреннего трения определялся термоакустическим методом с точностью ±8% [1, 4]. Химический состав исследованных сталей и железа дан в таблице.

Результаты исследований представлены на фиг. 1; разброс значений Q^{-1} составлял при измерениях ±8% по отношению к представленным на графиках величинам.

Из фиг. 1, *а* видно, что при амплитудах деформации, больших некоторого порогового значения ε_{m1}, внутреннее трение резко возрастает. Величина Q^{-1} при фикси-

Марки сталей	Примеси, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
						не более	
ШХ-15	1,00	0,38	0,29	1,6	–	0,02	0,027
30ХГСН2А	0,3	1,00	1,00	1,00	1,88	–	–
07Х7Н2	0,07	0,18	0,38	7,0	2,0	–	–
45Х2Н4М	0,47	0,34	0,32	1,55	3,48	0,013	0,001
Fe	0,003	–	–	–	–	–	–

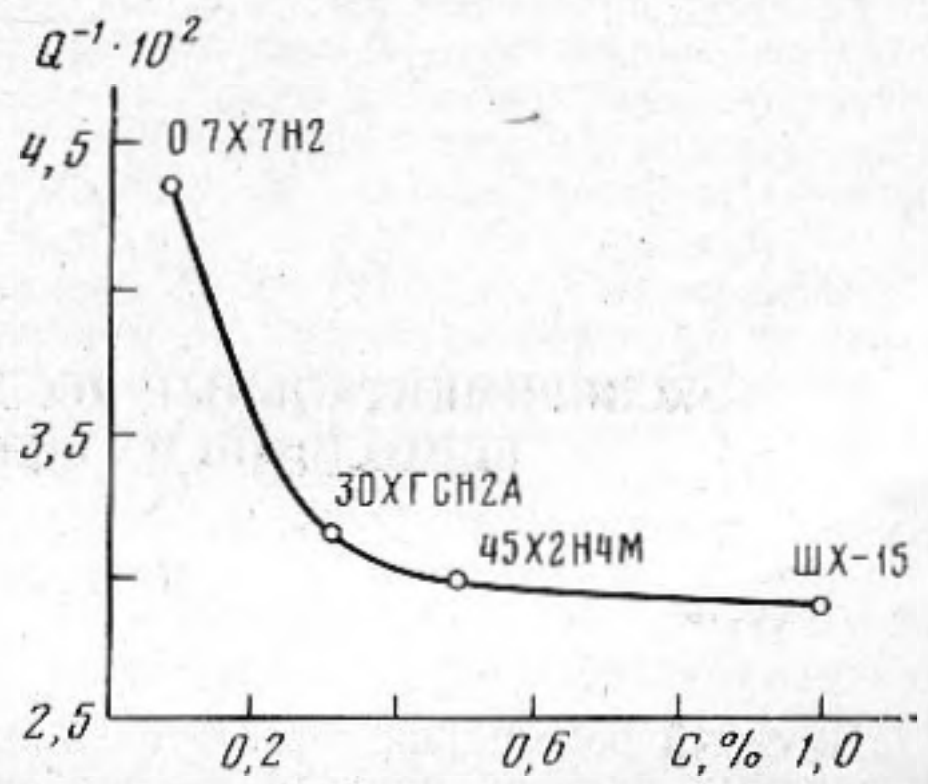


Фиг. 1. Зависимости коэффициента внутреннего трения от амплитуды деформации для сталей и чистого железа при различных температурах: *а* – 30ХГСН2А *1* – 790°, *2* – 840°, *3* – 870°, *4* – 940°, *5* – 980°; *б* – *1* – ШХ-15, *2* – 45Х2Н4М, *3* – 07Х7Н2, *4* – Fe все при 940° С

рованной амплитуде деформации с повышением температуры монотонно возрастает, а пороговая амплитуда ε_{m1} имеет тенденцию к уменьшению.

Так, для $t=790°$ величина $\varepsilon_{m1}=2{,}6\cdot 10^{-4}$ (кривая *1*), а для $t=980°$ $\varepsilon_m=1{,}4\cdot 10^{-4}$ (кривая *5*, фиг. 1, *а*).

Пороговая амплитуда ε_{m1} для разных сталей при фиксированной температуре различна (фиг. 1, *б*). Наименьшее значение ε_{m1} наблюдается у чистого железа ($\varepsilon_{m1}=0{,}9\cdot 10^{-4}$), а наибольшее – у сталей ШХ-15 и 45Х2Н4М ($\varepsilon_{m1}\approx(2{,}1-2{,}3)\cdot 10^{-4}$). Из фиг. 1, *б* также следует, что зависимости $Q^{-1}(\varepsilon_m)$ при $\varepsilon_m>\varepsilon_{m1}$ в сталях более пологие, чем в железе. Это отчетливо проявляется при последовательном переходе от сталей 07Х7Н2, 30ХГСН2А, 45Х2Н4М и ШХ-15. Отметим, что в данной работе внутреннее трение сталей сопоставлялось с внутренним трением железа в γ-фазе (полиморфное превращение $\alpha\to\gamma$ в чистом железе происходит при 910° С), т. е. во всех случаях мы имели дело с одним типом решетки – гранецентрированной.



Фиг. 2. Зависимость коэффициента внутреннего трения от концентрации углерода в сталях при $t=940°$ и $\varepsilon_m=3\cdot 10^{-4}$

Наблюдаемые особенности зависимости $Q^{-1}(\varepsilon_m)$ обусловлены меньшей подвижностью дислокаций и бо́льшим критическим напряжением $\sigma_{m1}=E\varepsilon_{m1}$ (E – модуль упругости) в сталях, чем в чистом железе, так как дислокации в сталях в значительной степени закреплены различными примесями и главным образом углеродом. Наибольшие потери для фиксированных значений $\sigma_m>\varepsilon_{m1}$ и температуры, наименьшее значение ε_{m1} для сходственной температуры и наиболее крутая зависимость $Q^{-1}(\varepsilon_m)$ наблюдаются у стали 07Х7Н2, что может быть объяснено сравнительно малой концентрацией углерода и большим содержанием хрома. Примеси хрома являются карбидооб-

разующим элементом и связывают углерод, в результате чего ослабляется степень закрепления дислокаций [1].

В случае приблизительно одинакового содержания хрома в количестве 1–1,5% величина Q^{-1} тем больше, чем меньше концентрация углерода, что видно из сравнения данных для 30ХГСН2А и ШХ-15.

Сказанное также хорошо иллюстрируется фиг. 2, где дана зависимость внутреннего трения от концентрации углерода в сталях при фиксированных значениях ε_m ($\varepsilon_m > \varepsilon_{m1}$) и температуры. Отметим, однако, что сопоставление величин Q^{-1} лишь по отношению к содержанию углерода, вообще говоря, условно, так как следует учитывать влияние на внутреннее трение и других примесей. В данном случае концентрация Mn, Cr, Ni и Si примерно одинакова и можно выбрать пару сталей, у которых процентное содержание указанных элементов близко. Тем не менее наибольшее влияние на зависимость $Q^{-1}(\varepsilon_m)$, по-видимому, оказывает углерод и его способность закреплять дислокации в сталях. Аналогичные выводы были сделаны в работе [5] при исследовании внутреннего трения в сталях в мартенситном состоянии на частоте крутильных колебаний 1,7 *гц* при $\varepsilon_m \leqslant 10^{-4}$–$10^{-3}$.

Таким образом, для получения наименьших потерь при больших амплитудах деформации на ультразвуковых частотах ~20 *кгц* необходимо выбирать материал (сталь) с наибольшей концентрацией углерода и наименьшим содержанием хрома.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кулемин А. В., Манаенков В. П.* Затухание ультразвука в железе и сплавах на основе железа при больших амплитудах колебательной деформации. Акуст. ж., 1976, *22*, 1, 53–60.
2. *Mason W. P.* Internal friction and fatigue in metals at large strain amplitudes. J. Acoust. Soc. America, 1956, *28*, 6, 1207–1218.
3. *Кулемин А. В., Некрасова С. З., Манаенков В. П., Абрамов О. В., Энтин Р. И.* Влияние ультразвуковых деформаций на кинетику промежуточного (бейнитного) превращения аустенита. Физ. и хим. обраб. материалов, 1977, *3*, 96–100.
4. *Кулемин А. В.* Исследование тепловых процессов в ультразвуковых волноводах, работающих на больших интенсивностях звука. В сб.: Новые разработки в ультразвуковой технике. Л., Дом научно-техн. пропаганды, 1972, 3.
5. *Саррак В. И., Суворова С. О., Энтин Р. И.* О взаимодействии дислокаций с атомами углерода в мартенсите. В сб.: Проблемы металловедения и физики металлов, вып. 58. М., «Металлургия», 1968, 151.

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии им. И. П. Бардина

Поступила 10 апреля 1978 г.
После повторной доработки 2 ноября 1978 г.

УДК 534.836.2:629.735.45.03

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ ПОЛЕТА ВЕРТОЛЕТОВ НА СОЗДАВАЕМЫЙ ИМИ ШУМ

Б. Н. Мельников

Быстрый рост парка вертолетов и их эксплуатация вблизи городов и крупных населенных пунктов привели в ряде стран к обострению проблемы вертолетного шума и активизации работ по ограничению и уменьшению его воздействия. Одно из актуальных направлений этих исследований связано с разработкой сертификационных требований по шуму вертолетов [1], проводимых в рамках Международной организации гражданской авиации (ИКАО) Комитетом ИКАО по авиационному шуму, поскольку, как известно, этот класс воздушных судов не охвачен требованиями существующего норматива ИКАО по шуму [2].

В настоящее время накоплен достаточный опыт, позволяющий приступить непосредственно к разработке системы ограничений по шуму вертолетов. В частности, установлено, что достаточно полная информация о характеристиках создаваемого шума при хорошей сопоставимости полученных результатов возможна на основе