

**Федеральное агентство по образованию
Федеральное агентство по науке и инновациям
Федеральное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Национальный исследовательский технологический университет
«Московский институт стали и сплавов»
Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева**

**XVI Международная научно-техническая конференция
«Безопасность техносферы» (охрана труда, защита в ЧС, БЖД,
экология, материаловедение демпфирующих сплавов,
общетехнические вопросы,
экономические и юридические аспекты БЖД)**

ТРУДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Москва, 2014 г.

УДК 669.017(063)

ББК 34.2

Рецензент: Президент Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ) доктор технических наук профессор О.Н. Русак

Б - 40 Шестнадцатая Международная научно-техническая конференция «Безопасность техносферы», Т. I. – Москва: НИТУ МИСИС, 2014. – 187 с.

ISBN 978-601-228-654-0

В материалах Шестнадцатой Международной научно-технической конференции «Безопасность техносферы» представлены работы ученых Казахстана, России, Таджикистана, Южной Кореи, Польши, Египта, Германии. Темы статей охватывают вопросы: защита человека в ЧС, охрана труда, экология, логистика, материаловедение демпфирующих сплавов.

Материалы конференции представляют ценность для специалистов, ученых, докторантов, аспирантов, магистрантов, студентов, производителей, для всех, кому интересны вопросы безопасности жизнедеятельности материаловедения

УДК 669.017(063)

ББК 34.2

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Адилов Ж.М., Кульдеев Е.И., Сулеев Д.К., Утепов Е.Б. (ответственный за выпуск),
Потоцкий Е.П., Турдалиев А.Т., Сейткулов А.Р., Касенов К.М., Шевцова В.С.

ISBN 978-601-228-654-0

*Тен Э.Б., Утепов Е.Б., Малгаждарова М.К., Дюсембеков К., Алимбетова А.Ж.,
Бейсебаева Ш.С., Уалибаев Р.*

Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева

ИССЛЕДОВАНИЕ ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ МАРГАНЦЕМ, НИОБИЕМ, КРЕМНИЕМ, ВАНАДИЕМ, ХРОМОМ, ЦЕРИЕМ

Исследованы вибрационные и диссипативные характеристики выплавленных демпфирующих сплавов на основе железа. Определены характеристики демпфирования: логарифмический декремент, скорость затухания звука, относительное рассеяние и внутреннее трение.

Investigated vibrational and dissipative characteristics of smelted damping iron-based alloys. The characteristics of damping: the logarithmic decrement, speed of sound attenuation, the relative scattering and internal friction are defined.

Акустическая экология рассматривает вопросы, связанные с загрязнением окружающей среды вредными шумами. Нынешний век стал самым шумным. Появляются все новые сверхмощные источники шума. Очень высок уровень промышленных шумов. На многих производствах он достигает 80-100 дБ и более.

Высокие уровни шума в металлургии общеизвестны. Грохот, стоящий в металлургических цехах вызывает дополнительную нагрузку на организм работника металлургических предприятий.

Известные способы снижения шума (звукоизоляция, звукопоглощение, средства индивидуальной защиты органов слуха и др.) малоэффективны и не всегда возможны для применения по причинам загромождения производственных площадей, пожароопасности, повышения запыленности, маскирования предупреждающих сигналов и др.). Одним из эффективных методов снижения шума в металлургических цехах является гашение шума в источнике возникновения. Использование демпфирующих металлических материалов для деталей металлургического оборудования – один из эффективных способов борьбы с шумом в источнике возникновения.

Острая проблема борьбы с шумом в металлургии вызвала широкий интерес к исследованию сплавов с повышенными демпфирующими свойствами.

Фавстов Ю.К., Отани Тосикацу, Такахара Хидэфуса, Лагунов Л.Ф., Наумкина Н.И., Рахштадт А.Г., Кочеткова Л.П., McCrary L.E., Venkateswararo P., Chatteijee L.K. и др. провели детальное исследование демпфирующих свойств цветных и черных металлов [1-4].

Следует отметить, что цветные сплавы характеризуются высокой стоимостью, дефицитностью, низкой стойкостью при повышенной температуре по сравнению с черными металлами. Поэтому эти сплавы мало используются в практике борьбы с шумом и вибрацией.

В работе были выплавлены демпфирующие сплавы на основе железа и исследованы их вибрационные и диссипативные характеристики. Их химический состав приведен в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав сложнолегированных сплавов

Маркировка образца	Химический состав, %								
	C	Ce	Nb	Mn	Si	Ti	V	Cr	Fe
1	0,04	1,45	0,73	0,32	0,86	0,10	0,05	0,08	Ост.
2	0,06	0,95	0,53	1,52	0,14	0,08	-	-	Ост.
3	0,07	0,80	0,40	1,60	0,10	0,07	-	-	Ост.
4	0,07	0,32	0,63	0,32	0,08	0,10	0,52	0,88	Ост.
5	0,08	-	0,42	0,48	0,10	-	0,30	0,12	Ост.
6	0,06	-	0,38	0,35	0,25	-	0,40	1,00	Ост.
7	0,05	1,45	0,09	0,32	0,19	1,15	0,07	0,8	Ост.
8	0,06	1,30	-	0,95	0,87	1,09	-	0,48	Ост.
9	0,07	1,35	-	0,90	0,75	1,12	-	0,40	Ост.
10	0,06	0,325	0,93	1,40	0,08	1,15	0,07	0,08	Ост.
11	0,07	0,20	0,80	0,83	0,90	1,09	-	-	Ост.
12	0,07	0,20	0,70	0,80	0,80	0,80	-	-	Ост.
13	-	1,45	0,09	1,40	0,08	0,10	0,52	0,08	Ост.
14	0,06	1,30	-	0,83	0,87	-	0,40	-	Ост.
15	-	0,95	-	0,85	0,75	-	0,35	-	Ост.

Звуковой импульс от соударения исследуемого образца с ударником регистрировали с помощью запоминающего осциллографа, фотографировали и определяли характеристики демпфирования: логарифмический декремент, скорость затухания звука, относительное рассеяние и внутреннее трение.

На рисунке 1 показана сфотографированная осциллограмма затухания звукового импульса сплава 7 после соударения с ударником. По ней рассчитали логарифмический декремент δ этого сплава:

$$\delta = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_n} = \frac{1}{64} \ln \frac{33}{8} = 0,0221, \quad (1)$$

где A_0 – начальная, максимальная амплитуда звукового импульса;

A_n – конечная, минимальная амплитуда звукового импульса;

n – число импульсов на экране осциллографа.

относительное рассеяние:

$$\psi = 2\delta = 0,0442 \quad (2)$$

внутреннее трение:

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi} = 0,0070 \quad (3)$$

и скорость затухания вибрации:

$$V = \frac{103 - 92}{0,045} = \frac{11}{0,045} = 244,4(\text{дБА} / \text{с}). \quad (4)$$

Внутреннее трение определяли не только расчетом по осциллограмме затухания звукового импульса, но и экспериментально - методом изгибных колебаний.

Использовали автоматический прибор для непрерывной регистрации внутреннего трения при изгибных колебаниях стержней с электромагнитным возбуждением в диапазоне высоких частот (950–1000 Гц), амплитуд 10^{-7} – 10^{-4} и температур 20–600 °С [5].

Измерения внутреннего трения проводили с помощью дискриминатора и счетчика импульсов, рассчитывая по формуле [5]:

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{\pi \cdot n} \ln \frac{V}{V_n}, \quad (5)$$

где δ – логарифмический декремент;

V – начальная амплитуда;

V_n – конечная амплитуда;

n – число колебаний, совершенных образцом в диапазоне от начальной до конечной амплитуды.

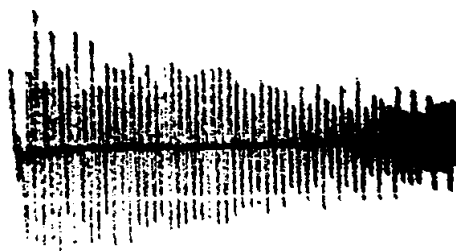


Рисунок 1 - Осциллограмма затухания звукового импульса от соударения сплава 7

Аппаратурные потери определяли с помощью кварцевого стержня, устанавливаемого вместо образца. Такие измерения позволили оценить величину фона установки, которая значительно меньше 10^{-5} , что на порядок ниже минимальных значений амплитуд затухания испытуемых образцов. Более подробно методика исследования изложена в работе [6]. Характеристики внутреннего трения исследовали на образцах размерами 50x50x5 мм послековки в диапазоне частот 950–1000 Гц при комнатной температуре (20°C). На каждом образце проводили пять замеров [7]. Металлографические исследования микроструктуры осуществлялись с помощью микроскопов МИМ-7 и МИМ-8 при 320 и 500 кратном увеличении. Размер зерна определялся согласно ГОСТ 5639-82. Определение неметаллических включений проводилось методом Л (варианты Л1, Л2) – линейным подсчетом включений согласно ГОСТ 1778-70.

Демпфирующие свойства исследованных сталей представлены в таблице 2 (характеристики внутреннего трения Q^{-1} , логарифмического декремента δ и относительного рассеяния Ψ). Измеряли амплитуды колебания, зафиксированные осциллографом при соударении шара – ударника и пластины – образца, а уже по этим данным рассчитывали логарифмический декремент δ , внутреннее трение Q^{-1} и относительное рассеяние Ψ .

Характеристики логарифмического декремента изменяются в диапазоне (29,345–46,854) · 10^{-4} . Внутреннее трение изменяется в диапазоне (9,345–14,922) · 10^{-4} , относительное рассеяние в диапазоне 58,69–93,708 %.

Демпфирующие свойства разработанных легированных сталей несколько выше, чем у стандартных сталей, например, демпфирующая сталь 1 характеризуется внутренним трением Q^{-1} равным $10,967 \cdot 10^{-4}$, а стандартная сталь 15, значением $9,907 \cdot 10^{-4}$. Хотя способность гасить шум и вибрацию следует определять не только по значениям Q^{-1} , δ и Ψ , но и по значениям уровня звукового давления (УЗД), уровня звука (УЗ), уровня виброускорения (УВУ), общего уровня виброускорения (ОУВУ).

Таблица 2 – Демпфирующие свойства исследованных сплавов

№ сплава	Q^{-1} , внутреннее трение, 10^4	Ψ , относительное рассеяние, %	δ , логарифмический декремент, 10^{-4}
1	10,967	68,876	34,438
2	9,599	60,282	30,141
3	11,658	73,21	36,605
4	11,778	73,964	36,982
5	11,015	69,174	34,587
6	12,809	80,446	40,223
7	9,589	60,224	30,112
8	9,522	59,796	29,898
9	11,052	69,41	34,705
10	9,624	60,418	30,219
11	14,756	92,67	46,335
12	11,795	74,072	37,036
13	14,465	90,842	45,421
14	12,972	81,464	40,732
15	14,922	93,708	46,854
40X	9,735	61,138	30,569
У8	9,643	60,556	30,278
Ст.3	9,696	60,894	30,447
9ХС	9,345	58,69	29,345
Ст.20	9,798	61,53	30,765
Ст.15	9,907	63,618	31,109
Ст.35	9,593	60,242	30,121
Ст.45	9,762	61,306	30,653

Общие уровни виброускорения (ОУВУ) сталей, представлены в таблице 3. Они получены после соударения образцов с ударниками диаметрами 9,5-18,25 мм.

При соударении с ударником $d=9,5$ мм пониженная вибрация характерна для сталей 1 (118,4 дБ); 3 (121,7 дБ). Высокая вибрация наблюдается у сталей 45X (135,5 дБ); Ст. 3 (132,1 дБ); 9 ХС (135,6 дБ).

При соударении $d=15,85$ мм вибропоглощающими сталями можно считать: 2 (133,8 дБ), 13 (131,4 дБ), 1 (136,0 дБ), 4 (134,3 дБ), 5 (134,4 дБ), 7 (134,8 дБ). Стандартные стали 45X (139,6 дБ); 9ХС (139,4 дБ); Ст. 20 (139,4 дБ) не демпфируют вибрационные колебания.

При соударении с ударником $d=18,25$ мм вибропоглощающими можно считать стали: 4 (133,6 дБ), 13 (134,2 дБ), 14 (132,6 дБ), в то же время стандартные стали характеризуются повышенной вибрацией 45X (138,3 дБ); 45X (140,8 дБ); 9ХС (140,5 дБ); Ст. 20 (140,6 дБ).

Таблица 3 - Вибрационные характеристики исследованных сплавов

Маркировка сталей	ОУВУ, дБ при соударении с ударниками диаметрами			
	$d=9,5$ мм	$d=12,7$ мм	$d=15,85$ мм	$d=18,25$ мм
1	2	3	4	5
1	118,4	126,6	136,0	137,0
2	128,2	133,6	133,8	135,8
3	130,4	136,0	137,0	136,0
4	125,7	132,5	134,3	133,6
5	129,3	134,0	134,4	135,0

6	130,1	136,0	135,0	135,0
7	133,8	134,8	134,8	136,0
8	135,2	136,7	135,8	137,0
9	127,4	135,0	136,2	135,4
10	126,0	133,6	141,0	135,2
11	127,0	134,4	135,6	135,4
12	125,0	133,0	134,0	137,0
13	121,7	126,8	131,4	134,2
14	125,2	125,4	134,8	132,6
15	133,4	135,8	136,0	136,0
40X з	127,2	138,6	135,3	138,2
40X н	133,4	132,6	137,1	138,9
У8 з	127,3	136,0	136,4	138,5
У8 н	129,6	134,4	132,8	137,9
Ст.3	132,1	137,4	136,8	137,2
45X н	132,7	137,4	137,2	138,3
45X з	135,5	138,1	139,6	140,8
9XC н	135,6	137,8	139,4	140,5
Ст.20	131,5	139,1	139,4	140,6
Ст.15	122,5	127,4	134,9	135,2
Ст.35	124,6	124,0	135,8	136,4
Ст.45	135,3	135,0	136,2	136,1

Примечание: н – нормализация, з – закалка.

Спектры виброускорения сплавов после соударения с ударниками диаметрами $d=9,5$ мм, $d=12,7$ мм, $d=15,85$ мм и $d=18,25$ мм, измеренные в октавных полосах частот в диапазоне от 31,5 до 31500 Гц, представлены на рисунках 2 и 3. Эффект амплитудно-зависимого демпфирования (АЗД) по спектрам УВУ, проявляющийся в том, что после соударения с более массивным ударником значение УВУ ниже, чем после соударения с менее массивным, выявлен у сплава 6 на частотах 250-31500 Гц.

На рисунке 2 представлены спектры виброускорения сплава 6. Эффект АЗД слабо выражен. После соударения с ударником $d=12,7$ мм он наблюдается на частотах 250 Гц (Δ УВУ =2,0 дБ), 500 Гц (Δ УВУ =1 дБ), 1000 Гц (Δ УВУ=1 дБ), 2000 Гц (Δ УВУ=3 дБ), 8000 Гц (Δ УВУ=4 дБ). После соударения с ударником $d=15,85$ мм АЗД имеет место на частотах 16000 Гц (Δ УВУ= 2 дБ) и 31500 Гц (Δ УВУ=5 дБ).

Таблица 4 - УВУ сплава 6

	9,5	12,7	15,85	18,25
31,5	68	70	73	74
63	64	76	77	79
125	60	68	74	77
250	56	54	74	86
500	55	54	81	94
1000	56	55	88	96
2000	57	54	85	94
4000	56	57	84	93
8000	69	65	84	92
16000	90	94	92	92
31500	94	93	88	92

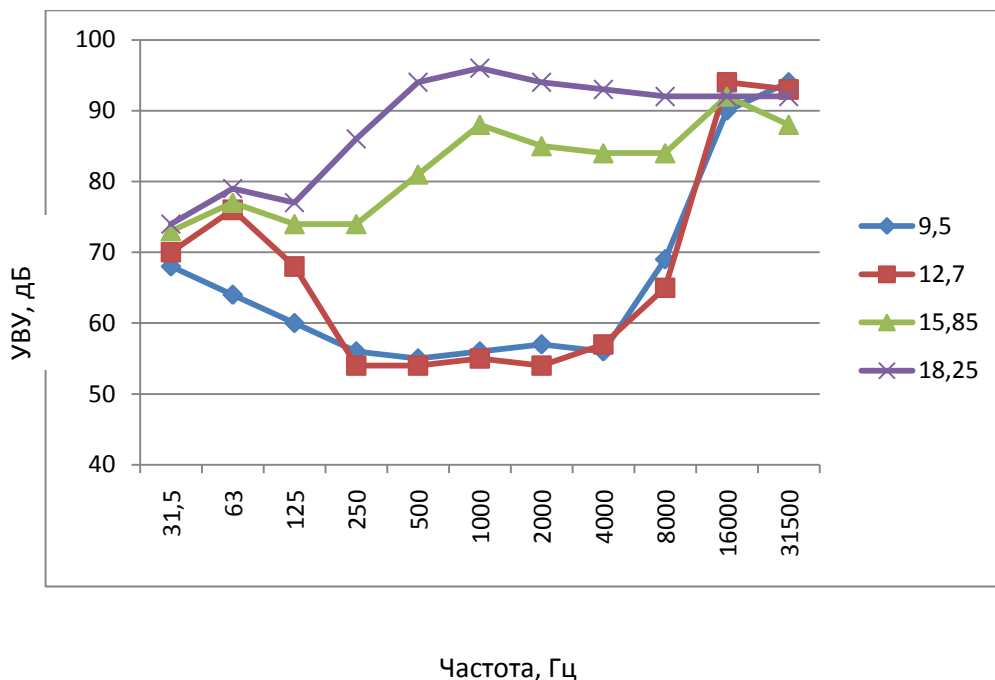


Рисунок 2 - Спектр виброускорения сплава 6

Спектры УВУ сплава 7 представлены на рисунке 3. Эффект АЗД наблюдается после соударения с ударником $d=12,7$ мм на частоте 16000 Гц (Δ УВУ=3 дБ) и на частоте 250 Гц после соударения с ударником $d=15,85$ мм (Δ УВУ =4 дБ).

Таблица 4 – УВУ сплава 7

	9,5	12,7	15,85	18,25
31,5	54	70	79	108
63	57	66	74	99
125	60	72	77	94
250	62	80	76	97
500	59	65	74	92
1000	53	56	74	85
2000	46	60	72	93
4000	53	54	75	93
8000	54	55	85	103
16000	79	76	98	109
31500	63	64	94	95

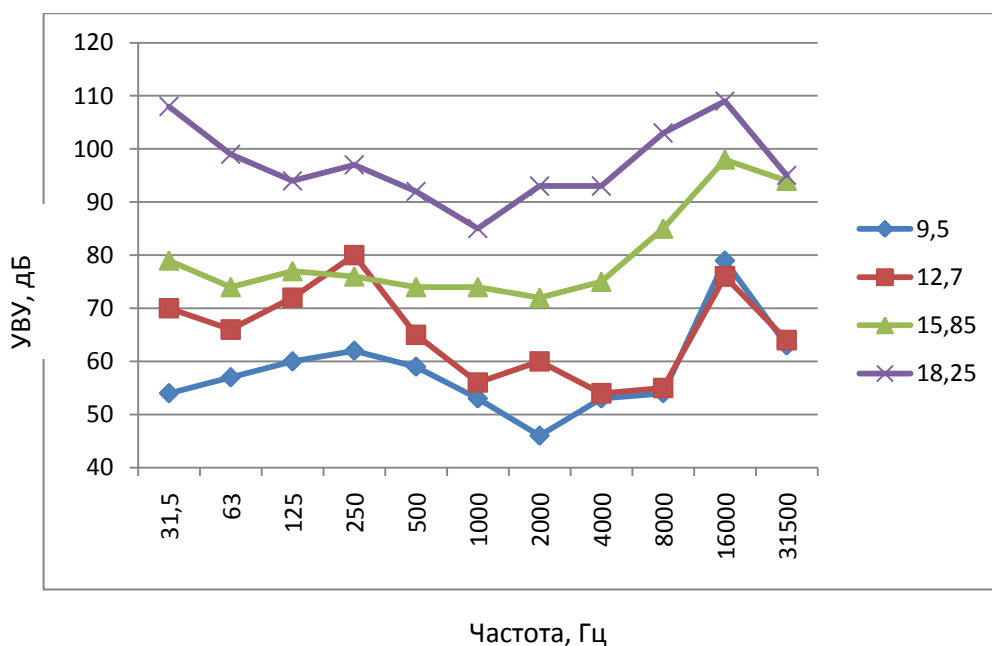


Рисунок 3 – Спектр виброускорения сплава 7

Закключение. Исследованы вибрационные и демпфирующие свойства известных марок сталей (40Х, У8, Ст.3, Ст.20, 15, 35, 45) и опытных сплавов (1-15). Результаты эксперимента показали, что пониженные значения вибрации определяются у выплавленных сплавов 1, 4, 6, 13, 14.

Список литературы

1. Сулеев Д.К. Высокодempфирующие сплавы в технике борьбы с шумом. Монография. Алматы: НИЦ Гылым, 2002 – 301 с.
2. Лагунов Л.Ф. Борьба с шумом в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1980 – 150 с.
3. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Раштадт А.Г. Металловедение высокодempфирующих сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с., ил.
4. Керженцев В.В., Деденко Л.Г. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. – М.: МГУ, 1971. – 110 с.
5. Кришталл М.А., Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов. – М.: Металлургия, 1976. – с. 376.
6. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. – М.: Металлургия, 1974. – с. 352., ил.
7. Cremer H., Cremer L. Theorie der Entstehung des klopts – challts// Erequenz, 1948. – Bd. 2 №3. – P. 61-71.