

Г. Ж. НУРУЛДАЕВА, Ж. О. ЖУМАДИЛОВА

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ СЛОЖНОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

(Представлена академиком НАН РК Д. К. Сулеевым)

Предложены результаты эксперимента новых разработанных демпфирующих сложнолегированных сплавов. Предложены механические свойства, диссипативные свойства сложнолегированных сплавов.

**Ключевые слова:** металлургия, материаловедение, химический состав, демпфирующие свойства сплавов.

**Введение.** Варьируя состав, можно получать стали с весьма различающимися свойствами – легированные, нержавеющие, инструментальные и др. Больше, чем всех других сортов, выплавляется углеродистой стали. Углеродистая сталь – это сплав железа с углеродом. Содержание углерода определяет механические свойства стали и может составлять от 0,1 до 1,2%. Сталь, содержащая 0,1–0,3% углерода, довольно прочна и достаточно пластична.

Одной из самых важных особенностей стали состоит в том, что ее свойства можно изменять в очень широком диапазоне простым изменением содержания углерода. Чем больше углерода в стали, тем больше ее предел прочности при растяжении, но тем меньше пластичность, т.е. деформация до разрушения. Нелегированная сталь со средним содержанием углерода пригодна для таких изделий, от которых требуются прочность и сопротивление износу, например, для рельсов.

В последнее время появился спрос на демпфирующие стали и сплавы, которые обеспечивают гашение вредных шумов, тем самым не только повышают срок службы деталей машин и механизмов, но и улучшают условия труда металлургов.

Свойства железоуглеродистых сплавов определяются химическим составом и структурой, которые являются результатом получения материала и его дальнейшей обработки. Для разработки материалов и технологий необходимо знать

физические и химические явления и процессы, протекающие в материалах на различных стадиях их получения, обработки и эксплуатации, их предсказание, описание и управление ими. Поэтому научные исследования в области металлургии и материаловедения, направленные на создание материалов, обладающих достаточными диссипативными свойствами являются актуальными.

**Проведение эксперимента и результаты работы.** В работе были выплавлены сложнолегированные сплавы ДСЖ-1, ДСЖ-2, обладающие демпфирующими свойствами.

Была поставлена задача разработать стали с повышенными демпфирующими свойствами, оценить демпфирующие характеристики применяемых марок сталей в промышленности. Одна из задач исследования – не допустить снижения прочностных свойств разработанных сплавов.

Опытные сплавы выплавляли в тигельной индукционной печи емкостью 12 кг с основной футеровкой. Исходным материалом служило армко-железо. Легирование производили 97,6 %-ным металлическим марганцем, 77,5 %-ным FeSi, 80%-ным металлическим церием. Углеродосодержащей добавкой служил синтетический чугун с содержанием углерода 3,9%. Стали отливали в металлическую изложницу размерами 210x115x115 мм.

Демпфирующие свойства разработанных легированных сталей выше, чем у стандартных сталей, например, демпфирующая сталь ДСЖ-3 характеризуется внутренним трением  $Q^{-1}$  равным

Таблица 1. Химический состав стандартных сложнолегированных сталей

Маркировка сталей	Химический состав, %							
	C	Mn	Si	Cr	Ti	Ni	V	Fe
20ХГНТР	0,18	0,82	–	0,4	0,03	0,4	–	Ост.
60С2ХФА	0,56	0,40	1,40	0,9	–	0,25	0,10	Ост.

Таблица 2. Химический состав демпфирующих сложнолегированных сталей

Маркировка сплавов	Химический состав, %							
	C	Се	Nb	Mn	Si	Ti	V	Cr
ДСЖ-1	0,48	0,88	0,65	1,44	0,28	0,08	–	–
ДСЖ-2	0,02	0,58	0,48	1,36	0,28	0,08	–	–
							Ост.	Ост.

Таблица 3. Механические характеристики исследованных сталей

№ сплава	у <sub>в</sub> , предел прочности при растяжении, МПа	у <sub>0,2</sub> , предел текучести условный, МПа	д <sub>5</sub> , относительное удлинение после разрыва, %	III, относительное сужение, %	а <sub>н</sub> , Дж/см <sup>2</sup>	HB*, не более
ДСЖ-1	1100	610	10	72	85	280
ДСЖ-2	800	660	17	70	90	290
20ХГНТР	1200	1000	9	50	80	270
60С2ХФА	1900	1700	5	20	65	285

Таблица 4. Демпфирующие свойства исследованных сплавов

№ сплава	Q <sup>-1</sup> , внутреннее трение, 10 <sup>4</sup>	III, относительное рассеяние, %	д, логарифмический декремент
ДСЖ-1	23,7	148,836	74,418
ДСЖ-2	25,5	160,14	80,07
20ХГНТР	5,33	33,4724	16,7362
60С2ХФА	4,66	29,2648	14,6324

28,8·10<sup>4</sup>, а стандартная сталь Ст.45, значением 8,33·10<sup>4</sup>. Это доказывает влияние химического состава на демпфирующую способность сталей.

**Характеристики диссипации демпфирующих сложнолегированных сталей.** Звуковой импульс от соударения исследуемого образца с ударником фиксировали не только шумомером, но и регистрировали с помощью запоминающего осциллографа. Зафиксированный сигнал фотографировали и далее определяли характеристики демпфирования: логарифмический декремент, скорость затухания звука. Относительное рассеяние и внутреннее трение определяли расчетным путем.

На рис. 1 показан сфотографированный звуковой импульс от соударения образца стали ДСЖ-1. Логарифмический декремент этого сплава определяли следующим образом:

$$\delta = \frac{l}{n} \ln \frac{A_0}{A_n} = \frac{1}{45} \ln \frac{92}{68} = 74,418, \quad (1)$$

где  $A_0$  – начальная, максимальная амплитуда звукового импульса;  $A_n$  – конечная, минимальная амплитуда звукового импульса;  $n$  – число импульсов на экране осциллографа.

Относительное рассеяние:

$$\psi = 2\delta = 148,836. \quad (2)$$

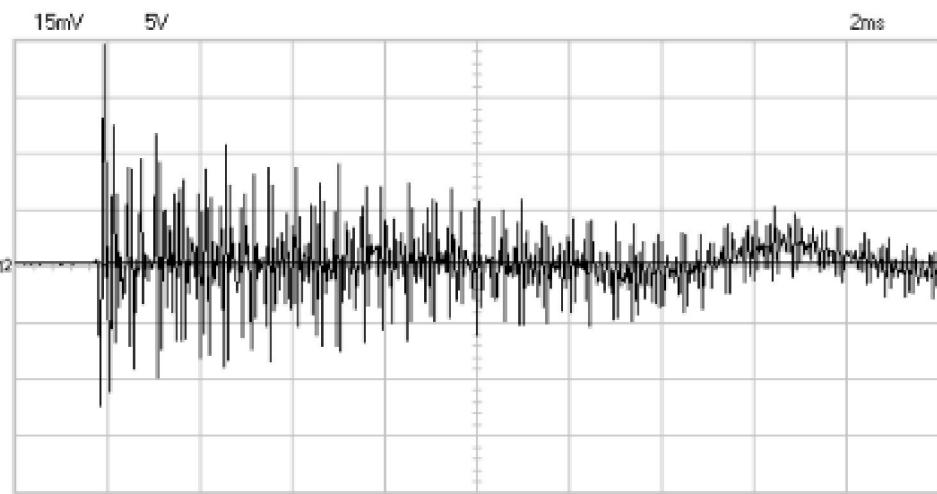
Внутреннее трение:

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi} = \frac{29,2648}{2\pi} = 23,7. \quad (3)$$

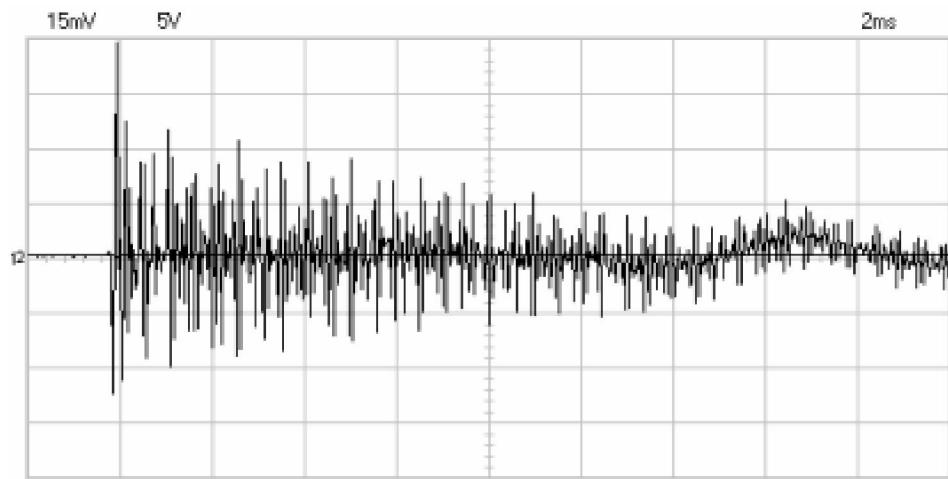
Используя устройство для исследования материалов по звукоизлучению свойств пластинчатых образцов, разработанное автором, с помощью осциллографа PCS-500 записаны осциллограммы затухания звукового импульса от соударения образцов сталей с ударником с различной кинетической энергией. По этим осциллограммам определены такие демпфирующие свойства, как логарифмический декремент, относительное рассеяние и внутреннее трение.

На рис. 1, 2 представлены осциллограммы затухания звукового импульса от соударения сложнолегированных сталей с ударником с различной кинетической энергией.

На рис. 1 представлена осциллограмма затухания звукового импульса от соударения выплавленной сложнолегированной стали ДСЖ-1 с



**Рис. 1.** Осциллограмма затухания звукового импульса от соударения стали ДСЖ-1:  
 $d = 74,418$ ;  $ш = 148,836$ ;  $Q^{-1} = 23,7$



**Рис. 2.** Осциллограмма затухания звукового импульса от соударения стали ДСЖ-2:  
 $d = 80,07$ ;  $ш = 160,14$ ;  $Q^{-1} = 25,5$

ударником ( $h_1$ ). По осциллограмме, приведенной на рис. 1, определены демпфирующие характеристики сложнолегированной стали ДСЖ-1, которые равны  $d = 74,418$ ;  $ш = 148,836$ ;  $Q^{-1} = 23,7$ .

На рис. 2 представлена осциллограмма затухания звукового импульса от соударения разработанной сложнолегированной стали ДСЖ-2 с ударником ( $h_1$ ). По осциллограмме определены демпфирующие характеристики сложнолегированной стали ДСЖ-2, которые равны:  $d = 80,07$ ;  $ш = 160,14$ ;  $Q^{-1} = 25,5$ .

**Заключение.** Определены параметры демпфирования (внутреннее трение –  $Q^{-1}$ , относительное рассеяние –  $Ш$ , логарифмический декремент –  $d$ ) и затухание звукового импульса стандартных и разработанных сталей.

Затухание упругих колебаний в разработанных ферромагнитных сплавах выше, чем в неферромагнитных; это объясняется тем, что наряду с рассеянием энергии при механических колебаниях, которое обусловлено механизмами, присущими большинству твердых тел, ферромагнитным материалам свойственны также магнитные потери, связанные с магнитомеханическим гистерезисом, от макровихревых токов и от микровихревых токов.

В исследованных сплавах одним из механизмов демпфирования является упругое двойникование, заключающееся в обратимом смешении двойниковых границ при реориентации в полидоменном кристалле или в возникновении и росте двойников при приложении нагрузки и полном или частичном их исчезновении при снятии нагрузки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. Металловедение высокодемпифицирующих сплавов / Под ред. А. Г. Рахштадта. М.: Металлургия, 1980. С. 271 с. ил.
2. Zhumadilova Zh.O. Metallographic researches of the developed steels // Изв. Научно-Технического Общества «КАХАК». Association of Science and Technology, Review. Алматы, 2010. № 1(26). С. 45.
3. Zhumadilova Zh.O., Uteporov E.B. Thermal Analysis of Damping Alloys // Journals of Minerals & Materials Characterization & Engineering. USA. 2009. Р. 1111-1121.
4. Инновационный патент 21121 KZ. Железоуглеродистый сплав «КазНТУ II» / Жумадилова Ж.О., Сулеев Д.К., Утепов Е.Б.; опубл. 15.04.2009. Бюл. № 4.
5. Zhumadilova Zh.O. Economic efficiency from application developed damping steels // Поиск. Сер. естеств. и технич. наук. 2008. № 2. С. 259.
6. Жумадилова Ж.О., Делян В.И., Нурулдаева Г.Ж. Звукоизлучение и звукоизоляция // Труды XI Междунар.

научно-техн. конф. «Новое в безопасности жизнедеятельности» (Защита человека в ЧС, охрана труда, экология, логистика, экономика, материаловедение демпифицирующих сплавов). Алматы: КазНТУ, 2009. С. 87.

## Резюме

Жанадан дайындалған демпферлі күрделі легірленген қорытпалардың тәжірибелік жұмыс нәтижелері ұсынылды. Күрделі легірленген болаттардың механикалық, дисипативті қасиеттері көлтірілді.

**Түйінді сөздер:** металлургия, материалтану, химиялық құрам, қорытпаның демпферлік қасиеттері.

## Summary

In work the results of the experiment of the new developed damping multiple alloyed alloys present are offered mechanical, dissipative properties of multiple alloyed alloys.

**Keywords:** metallurgy, materials science, chemical compound, damping properties of alloys.

УДК 628.517.2:669

КазНТУ им. К. И. Сатпаева,  
г. Алматы

Поступила 11.06.10г.