

УДК 628. 517: 669

Исследования диссипативных свойств сталей в зависимости от вида термической обработки

Е.Б. Утепова, А.С. Беркинбаева, Г.М. Ибраева

г. Алматы, Казахстан

Казахский Национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

Аннотация: Исследовали акустические свойства литых сталей (как стандартные, так и вновь выплавленные). Оценивали влияние термической обработки на эффект диссипации звуковой энергии. Пониженным звукоизлучением обладает опытная литая сталь БА-2.

Ключевые слова: Внутреннее трение, деформация, нормализация, отжиг, закалка.

В нормативных документах для производственных предприятий различного назначения уделяется особое значение вопросам охраны труда и снижению травматизма на рабочих местах. Подземные горные работы всегда являлись одними из наиболее опасных сфер трудовой деятельности человека, требовавшей постоянного внимания к обеспечению безопасности горнорабочих. Горнодобывающая отрасль характеризуется использованием оборудования самых разных видов. Это оборудование отличается высоким уровнем шума (110-130дБА), возникающего при работе оборудования (рычаги, шкивы, маховики, шестерни, храповики, детали буровых труб и др.; перфораторы, бурильные молотки, станки ударно-вращательного бурения, станки вращательного бурения режущими коронками, экскаваторы). Детали этих машин и механизмов (буровая штанга, буровые коронки, шестерня коробки передач бурильного станка СБШ-250, буровой снаряд, штанга с пневмоударником станка СБУ-12 и др.) испытывают ударно-вращательные действия, генерируя шум и вибрацию повышенных уровней, вредно влияющих на организм работающих. [1]

Известны научно-исследовательские работы (выполненные в Московском институте сталей и сплавов, Кировском техническом университете и др.), посвященные проблеме снижения шума и вибрации. Методы снижения шума непосредственно в источнике возникновения (замена ударных механизмов безударными, использование демпфирующих материалов, применение виброгасителей и др.) Объектом исследования является производственное оборудование горнодобывающей промышленности, генерирующее шум повышенного уровня.

Целью работы является разработка демпфирующих сплавов с повышенными диссипативными свойствами, обеспечивающие снижение шума при работе горного оборудования и благоприятные условия труда на рабочих местах.

Звуковой импульс от соударения исследуемого образца с ударником фиксировали не только шумомером, но и регистрировали с помощью запоминающего осциллографа PCS-500 который присоединяли к персональному компьютеру. По зафиксированному сигналу на мониторе определяли характеристики демпфирования. На рис.1 показан фотографированный звуковой импульс от соударения образца БА-3. Логарифмический декремент это натуральный логарифм двух последовательных пиковых значений уровней звука, который определяли следующим образом:

$$\delta = \frac{l}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}, \quad (1)$$

где A_0 - начальная, максимальная амплитуда звукового импульса;

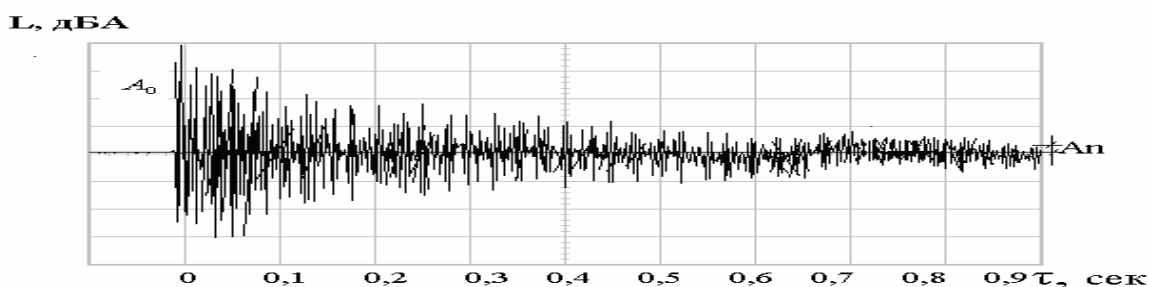
A_n - конечная, минимальная амплитуда звукового импульса;

n - число импульсов на экране осциллографа.

Работа, совершаемая силой трения за определенное время представляет собой потерю энергии за один цикл. Отношение этой потери к средней энергии за тот же цикл характеризует быстроту затухания колебательного процесса и называется относительным рассеянием. Среднее относительное рассеяние колебаний на исследуемом участке можно найти по формуле:

$$\psi = 2 \cdot \delta, \quad (2)$$

Рисунок 1 – Осциллограмма затухания звукового импульса от соударения образца БА-3



Временной интервал экрана осциллографа составляет 2 ms. Внутреннее трение определяли не только расчетным методом. Учитывая то, что в пластине при ударе возбуждаются в основном изгибные волны, внутреннее трение разработанных сплавов исследовали методом изгибных колебаний. Для этого был использовали автоматический прибор для непрерывной регистрации внутреннего трения при изгибных колебаниях стержней с электромагнитным возбуждением в диапазоне высоких частот (950-1000 Гц), амплитуд 10^4 и температур 20-600°C .

Внутреннее трение – свойство твердого тела, характеризующее его способность необратимо рассеивать энергию. Одно из проявлений внутреннего трения - затухание свободных колебаний твердого тела. Измерения внутреннего трения производят при больших и малых амплитудах. Внутреннее трение определяется по формуле.

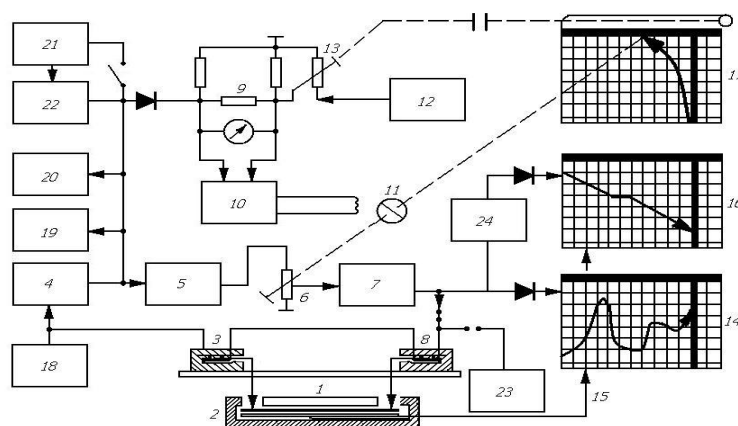
$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi}, \quad (3)$$

где δ - логарифмический декремент; $\pi = 3,14$;

ψ - относительное рассеяние.

Измерения внутреннего трения проводили с помощью дискриминатора и счетчика импульсов. Блок-схема прибора приведена на рис. 2 [2].

Рисунок 2 – Блок-схема автоматической установки для непрерывной регистрации внутреннего трения и модуля упругости



1 - нагревательное (охлаждающее) устройство; 2 - образец; 3 - датчик колебаний; 4 - усилитель; 5 - фильтр; 6 - потенциометр; 7 - усилитель мощности; 8 - возбудитель колебаний, 9 - блок сравнения; 10 - сервоусилитель (от КСП-4); 11 - серводвигатель; 12 - стабилизирующий блок напряжений; 13 - потенциометр; 14 - самописец; 15 - термопара; 16 - самописец; 17 - потенциометр; 18 - ламповый вольтметр; 19 - осциллограф; 20 - частотомер; 21 - дискриминатор; 22 - счетчик импульсов; 23 - генератор; 24 - блок: ограничитель амплитуды - частотная цепь – детектор

Электрические колебания, поступающие от звукового генератора, преобразуются в механические и подаются на образец через тонкую вольфрамовую проволочку. Механические колебания с помощью аналогичной проволочки снимаются и подаются на электромагнитный преобразователь, где они преобразуются в электрические сигналы.

Поддержание амплитуды колебаний на одном уровне обеспечивается с помощью электронно-моторной следящей системы, изготовленной на базе

самопишущего потенциометра 17 типа КСП-4. Сигнал с предварительного усилителя через выпрямитель поступает на вход блока сравнения 9, где сравнивается с постоянным напряжением от блока 12. Величина разбаланса подается в сервоусилитель 10, который управляет работой сервоэлектродвигателя 11. Двигатель 11 изменяет коэффициент усиления K с помощью потенциометра 6. Величина амплитуды деформации измерения задается и регулируется потенциометром 13. В такой системе затухание колебаний пропорционально коэффициенту усиления K или напряжению U_B .

Характеристики внутреннего трения исследовали на образцах размерами 50x50x5 мм после горячей прокатки в диапазоне частот 950-1000 Гц при комнатной температуре 20°C. На каждом образце проводили пять замеров.

Задачей исследования являлось разработка сплавов с повышенными демпфирующими свойствами (литейные стали) для деталей горного оборудования (рычаги, шкивы, маховики, шестерни, храповики и др.) Химический состав и содержание элементов, как в стандартных, так и вновь разработанных литейных сталей приведены в табл.1.

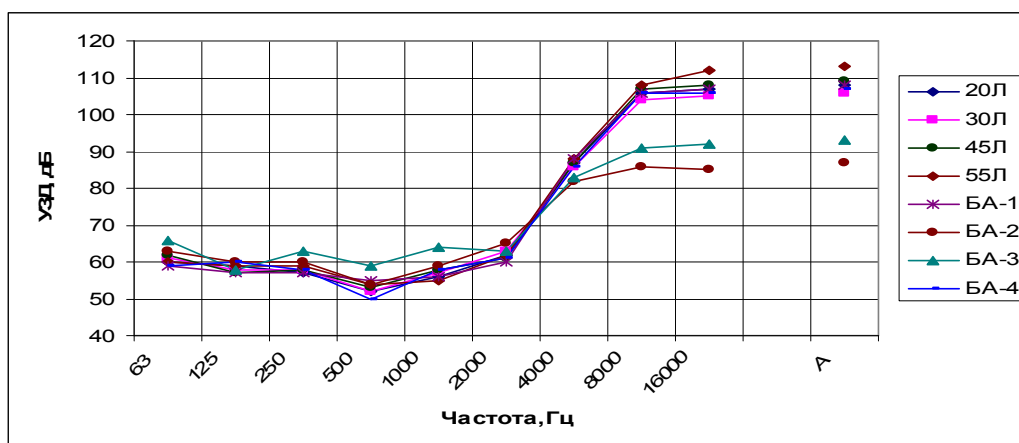
Содержание меди (не более 0,30%), серы (не более 0,05%) и фосфора (не более 0,05%) взяты в соответствии с содержанием в стандартных литейных сталях без изменения.

Таблица 1

Акустические характеристики литейных конструкционных сталей после литья при соударениях

Марка образца	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
20Л	60	59	57	52	56	62	87	106	107	108
30Л	61	58	58	52	57	63	86	104	105	106
45Л	62	57	58	53	58	61	87	107	108	109
55Л	60	59	59	54	55	62	88	108	112	113
БА-1	59	57	57	55	56	60	88	106	107	108
БА-2	63	60	60	54	59	65	82	86	85	87
БА-3	66	58	63	59	64	63	83	91	92	93
БА-4	59	60	58	50	58	61	86	106	106	107

Рисунок 3 – диапазон исследованных частот 63-16000Гц

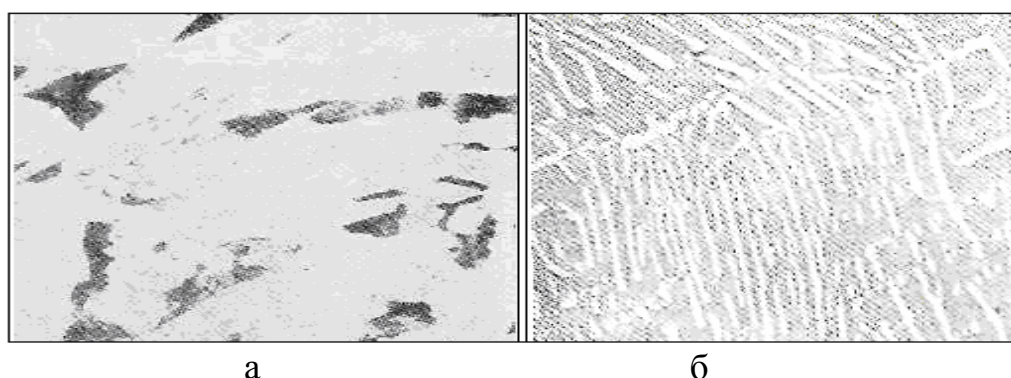


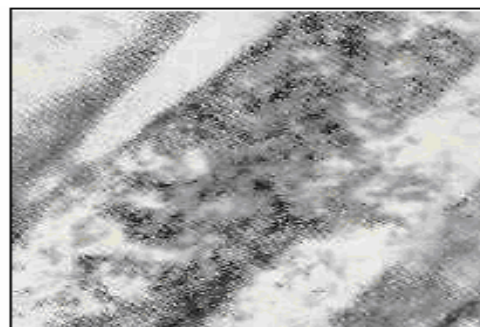
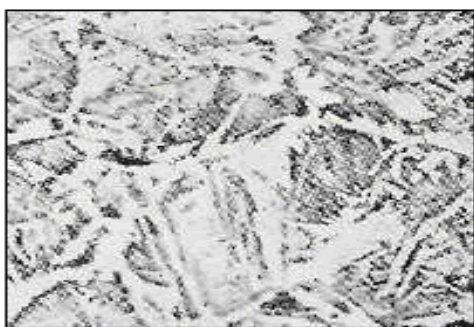
Для дальнейшего исследования влияния термообработки на акустические характеристики сплавы подвергались нормализации. Нормализация заключается в нагреве до эвтектоидной стали до температуры превышающей точку A_{C3} на $50^{\circ}C$ с охлаждением на воздухе. Нормализация вызывает полную фазовую перекристаллизацию структуры стали и устраняет крупнозернистость, полученное при литье. Охлаждение на воздухе приводит к распаду аустенита при более низких температурах, что повышает дисперсность феррито-цементитной структуры и увеличивает количество перлита.

По рис.3. видно, как изменяются уровни звукового давления после отжига. Наиболее «звонкие» сплавы при соударении это 55Л (113 дБА), 45Л (111 дБА), 30Л (107 дБА). Демпфирующий сплав БА -2 выделяется из всех сплавов низким значением уровня звука (90 дБ) и сравнительно невысокими значениями уровней звукового давления.

Нормализация обеспечивает большую производительность при обработке резанием и получение более чистой поверхности, изделия будут подвергнуты меньшей деформации по сравнению с получаемой при закалке. [3.4]

Рисунок 4 – Микроструктура сплава БА-2(увеличение 500)





В

Г

(а) литье, (б) нормализация,
(в) отжиг, (г) закалка

Нормализацию с последующим высоким отпуском (600-650⁰С) часто используют для исправления структуры легированных сталей вместо полного отжига, так как производительность первых двух операций выше, чем одного отжига. Микроструктура сплава БА-2 дана на рисунке 4 . Микроструктурный анализ показывает образование весьма крупнопластинчатого перлита с толстыми пластинами цементита, который в свою очередь не повлиял на акустические свойства исследуемых образцов, т.е. не проявились демпфирующие свойства.

Таблица 4

Акустические характеристики литейных конструкционных сталей после отжига при соударениях

Марка образца	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
20Л	67	67	65	60	63	69	92	104	105	106
30Л	68	53	66	62	62	73	88	104	106	107
45Л	68	68	62	58	61	69	94	109	109	111
55Л	71	67	63	60	60	68	84	112	111	113
БА-1	68	63	62	57	59	67	87	106	102	106
БА-2	64	59	62	58	58	64	84	89	89	90
БА-3	64	64	58	54	56	65	90	92	91	94
БА-4	68	64	56	58	62	68	86	105	103	106

На высоких частотах у исследуемых образцов БА-1 и БА-4 (от 2000 и 16000Гц) значения уровней звукового давления практически одинаковы (УЗД₂₀₀₀=67 и 68 дБ; УЗД₄₀₀₀=87 и 86 дБ; УЗД₈₀₀₀=106 и 105 дБ; УЗД₁₆₀₀₀=102 и 103 дБ при УЗ=106 дБА). По-видимому, отжиг не обеспечил значительного укрупнения зерен и утолщения границ зерен.

Для деталей оборудования, которые используются в отожженном состоянии целесообразно использовать сплавы БА-2 и БА-3. УЗД на низких частотах (63-

500 Гц) от 71 до 53 дБ ; на средних частотах (1000-4000 Гц) от 59 -87 дБ и 54-90 дБ; на высоких частотах (8000-16000 Гц) от 103 -112 дБ А.

Рисунок 5 – диапазон исследованных частот 63-16000Гц

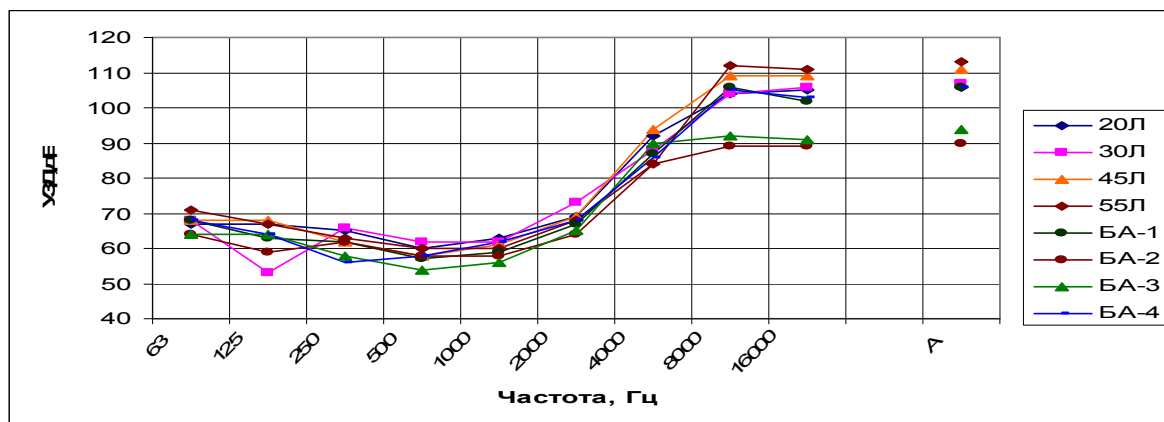


Таблица 5

Акустические характеристики литейной стали БА-2 после различных видов обработки сплавов при соударении

Вид термообработки	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
литье	63	60	60	54	59	65	82	86	85	87
нормализация	66	64	53	56	57	67	82	87	87	89
отжиг	64	59	62	58	58	69	84	88	89	90
закалка	65	60	53	54	58	65	82	84	82	85

Таким образом, по результатам термообработки необходимо отметить, что при всех этапах термической обработки (нормализация, отжиг, закалка) наилучшие показатели по улучшению акустических показателей и повышению демпфирующих свойств имеет сталь БА-2, у которой в целом УЗД уменьшился по всем видам термообработки на 8-10 дБ, а уровень звука уменьшился на 10-12 дБА.

Сплав БА-2 является самым «тихим» (после отжига 90 дБА, после закалки 86 дБА) и его можно использовать для деталей оборудования, используемое в отожженном или закаленном состоянии. Тогда как сплав БА-3 среди разработанных и исследованных сплавов занимает промежуточное положение (после отжига – 94 дБА, после закалки – 92 дБА), но в то же время превосходит, все стандартные стали (20Л, 30Л, 45Л, 55Л), выпускаемые промышленностью. Отжиг и закалка мало изменяют звукоизлучение этого сплава в частотном диапазоне, что является особенностью этого сплава и позволяет его

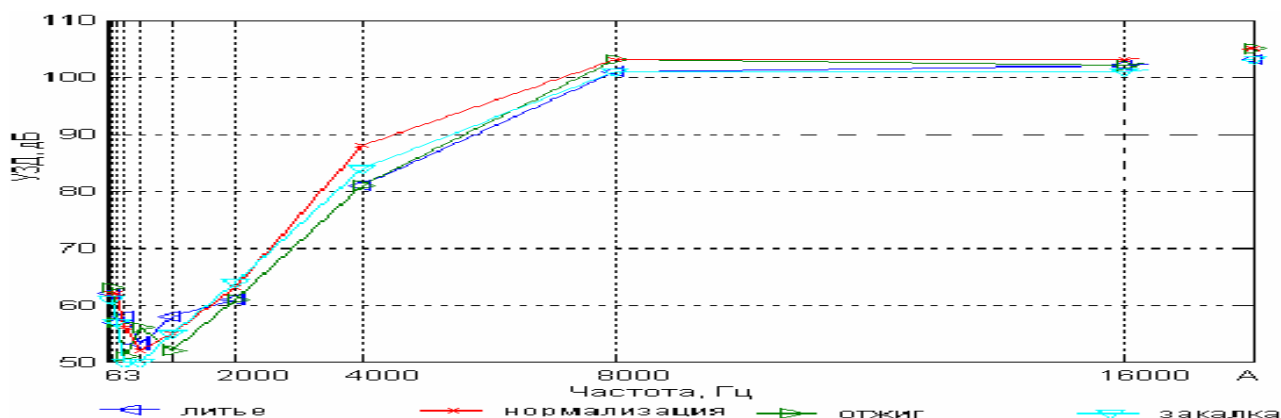
специальное применение, когда резко изменяющаяся рабочая температура детали может изменить демпфирующие свойства.

Таблица 4

Акустические характеристики литейной стали БА-3 после различных видов обработки сплавов при соударении

Вид термообработки	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									УЗ, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	
литье	66	58	63	59	64	63	83	91	92	93
нормализация	65	59	53	58	54	63	83	93	92	95
отжиг	64	64	58	54	56	65	90	92	91	94
закалка	63	59	52	52	57	66	86	90	92	92

Рисунок 7 – Акустические характеристики звукоизлучения образца 45Л после различных видов обработки сплавов при соударении



Закключение. Исследовали акустические свойства литых сталей после различных видов термической обработки (нормализация, отжиг, закалка), а также после литья в кокиль. Пониженным звукоизлучением обладает сталь БА-2 (после закалки)-85дБА. Что связано со структурой мартенсита закалки.

Использованная литература.

1. Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Кожухан А.К. и др. Проблемы снижения шума транспортных машин // Материалы второй Международной научно-практической конференции молодых ученых. - Алматы: КазНТУ, 2002. - Ч.2. – 728 с.
2. Кристал М.А.; Головин С.А. Внутреннее трение и структура металлов.-М: Металлургия, 1976-376 с.
3. Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. - М: Металлургия 1974,352 с.
4. Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахштадт А.Г. Металловедение высокодемпфирующих сплавов. - М.: Металлургия, 1980. – 272 с.