

*Мукашлы А., Утепов Е.Н.*

## ХАРАКТЕРИСТИКА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ БИМЕТАЛЛОВ

*A. Mukashuly, E.N. Uteпов*

### DESCRIPTION OF INTERNAL FRICTION BIMETAL

УДК: 628.517.2:669 (043)

*Исследованы характеристики внутреннего трения биметаллов в зависимости от амплитуды деформации.*

*Characteristics of an internal friction of bimetals depending on amplitude of deformation are investigated*

Использование демпфирующих свойств металлических материалов в технике борьбы с шумом стало актуальным. Известны работы, рекомендуемые биметаллы для деталей машин и механизмов, работающих в режиме соударений.

Исследовано звукоизлучение биметаллических материалов промышленного производства: сталь 45 – медь М1, сталь Х18Н10Т – сплав Амг6, сталь Х18Н10Т – медь М1, полученных горячей прокаткой на воздухе и сваркой по технологии, указанной в работе А.В.Белова (МИСиС).

Сравнение звукоизлучения биметаллических образцов со звукоизлучением образцов из исходной стали показывает, что наибольшее снижение УЗД биметаллических образцов происходит в полосах частот 2000–16000 Гц и достигает 23 дБ в полосе частот 8000 Гц. Снижение общего УЗД составляет 18 дБ.

По сравнению с УЗД образцов из исходной меди М1 снижение уровней звука, излучаемого биметаллическими образцами, наблюдается в интервале частот 8000–16000 Гц и составляет 8–18 дБ. Снижение общего УЗД составляет 10 дБ.

Исследованы УЗД биметалла, состоящего из стали Х18Н10Т и сплава Амг6. Установлено, что при возбуждении колебаний со стороны стали общий УЗД и в полосе частот 16000 Гц выше, чем при возбуждении колебаний со стороны плакирующего слоя (сплав Амг6), на 8 дБ. Это объясняется повышенными демпфирующими свойствами сплава Амг6 в высокочастотном интервале. Значительное снижение УЗД биметаллических образцов Х18Н10Т – Амг6 по сравнению с УЗД исходных материалов происходит в средне- и высокочастотном интервалах, а также в общем УЗД. Максимальное снижение наблюдается в полосе частот 8000 Гц и составляет 39–42 дБ; в общем УЗД снижение составляет 18–24 дБ в зависимости от направления возбуждения колебаний.

Снижение уровней звука, излучаемого биметаллическими образцами, полученными горячей прокаткой на воздухе, по сравнению с уровнями звука, излучаемого составляющими их мономерами, объясняется возникновением потерь энергии упругих колебаний в зоне контакта и наличием

различного акустического сопротивления образующих биметалл монометаллов.

Исследованы звукоизлучения биметаллического образца (сталь Х18Н10Т – сплав Амг6), полученного сваркой взрывом. Снижение уровня звука, излучаемого биметаллическим образцом, по сравнению с уровнями звука, излучаемого образцами из составляющих его материалов, происходит в высокочастотном диапазоне и составляет в полосах частот 8000–16000 Гц и соответственно 11–9 дБ. Наблюдается также снижение общего УЗД на 9 дБ. Из представленных результатов исследования звукоизлучения биметаллического образца сталь Х18Н10Т – медь М1, полученного сваркой взрывом, видно, что уровни звука, излучаемого биметаллическим образцом, не зависят от направления возбуждения колебаний в исследуемом интервале частот. Сопоставление уровней звука, излучаемого биметаллическим образцом, с уровнями звука, излучаемого образцами из составляющих биметалл материалов показывает, что максимальное снижение УЗД биметаллического образца по сравнению с УЗД медного образца наблюдается на частоте 16000 Гц и составляет 25 дБ, а по сравнению с УЗД стального образца максимальное понижение происходит на частоте 16000 Гц и составляет 16 дБ. В полосе частот 8000 Гц и в общем УЗД наблюдается превышение уровней звука, излучаемого биметаллическим образцом, над уровнями звука, излучаемого образцом из исходной стали.

Это, по-видимому, связано с явлениями резонанса в биметаллическом образце.

Для биметаллического образца сталь 45 – медь М1, полученного сваркой взрывом, наблюдаются зависимости, аналогичные приведенным выше. Сравнение уровней звука, излучаемого одинаковыми биметаллическими материалами, но полученными разными методами, показывает, что технологический процесс получения и обработки биметаллических материалов оказывает существенное влияние на их звукоизлучение. Представляет интерес установление сущности этого влияния, рассматривая процессы, происходящие в зонах контакта биметаллов при различных методах получения и их связи со звукоизлучением.

В биметаллическом соединении сталь Х18Н10Т – сплав Амг6, полученном горячей прокаткой на воздухе, отчетливо видна зона контакта, которая имеет ширину 5–10 мкм и расположена вдоль линии соприкосновения этих поверхностей материалов.

Электронно-микроскопические исследования показали, что структура этой зоны напоминает измельченную структуру алюминия. По твердости зона контакта занимает промежуточное положение между сталью и алюминием. Установлено, что твердость стали X18H10T-370 кгс/мм<sup>2</sup>, твердость сплава Амг6-53 кгс/мм<sup>2</sup>, твердость зоны контакта-135 кгс/мм<sup>2</sup>. Повышение твердости в переходной зоне связано, вероятно, со взаимной диффузией железа и алюминия. В зоне контакта замечены отдельные участки с твердостью 870 кгс/мм<sup>2</sup>, что свидетельствует о неоднородности зоны контакта и присутствии железоалюминиевых интерметаллидов типа Fe<sub>3</sub>Al. Таким образом, металлографический и рентгеноструктурный анализы, а также измерение микротвердости в зоне контакта позволили установить наличие в зоне контакта структурно-неоднородной переходной зоны, которая оказывает влияние на потери энергии упругих колебаний за счет рассеяния последней на неоднородностях.

Исследование зоны контакта биметалла (сталь X18H10T– сплав Амг6), полученного взрывным методом, показало наличие границы раздела, характерной для взрывных заготовок и имеющей волнистый характер. В зоне контакта было обнаружено наличие участков с окисными пленками и характерная для взрывных заготовок зона перемешивания составляющих биметалл компонентов.

Внутреннее трение – это свойство твердого тела необратимо рассеивать энергию колебаний. Под влиянием механических напряжений в твердом теле происходит целый ряд процессов, которые зависят главным образом от дефектов кристаллического строения решетки. Такими дефектами являются примесные дислоцированные атомы, вакансии, дислокации всех видов.

Диссипацию звуковой энергии в биметаллах можно объяснить внутренним трением. Внутреннее трение чувствительно к незначительным изменениям структуры. В работе исследовали характеристики внутреннего трения биметаллов. В таблице 1 представлены результаты исследования внутреннего трения биметаллов.

У биметалла ТЕБМ-5 (две пластины из стали 20Х) с возрастанием амплитуды от  $6,9 \cdot 10^{-6}$  до  $34,5 \cdot 10^{-6}$ , внутреннее трение растет от  $3,21 \cdot 10^{-3}$  до  $6,02 \cdot 10^{-3}$ . Можно сказать, внутреннее трение возрастает монотонно в соответствии с ростом амплитуды

деформации образца. Биметалл ТЕБМ-3 (пластины из стали ТЕ-3 и Ал2, соединенные клеем, при этом размеры пластин: 50×50×5 мм). Амплитуднозависимое деформирование наблюдается у этого биметалла без всплесков, резких скачков. Этот биметалл можно использовать в технике борьбы с шумом и вибрацией, т.к. внутреннее трение достигает  $11,56 \cdot 10^{-3}$  гашение шума и вибрации будет обеспечено. Причиной снижения шума при использовании биметалла ТЕБМ-1 является незначительное затухание в структуре стали ТЕ-3 и разницей в скоростях звука на границе двух пластин.

Биметалл ТЕБМ-3 (пластины из стали ТЕ-3, размерами 50×50×5 мм) определенного химического состава (0,22% С; 0,28% Si; 1,2% Mn; 0,85% Cr; 1,1% Ti; 0,32% РЗМ, остальное – железо) при исследовании амплитудной зависимости внутреннего трения по методу изгибных колебаний Тульского технического университета показал следующие результаты: с возрастанием амплитуды деформации от  $6,9 \cdot 10^{-6}$  до  $34,5 \cdot 10^{-6}$  внутреннее трение растет от  $8,11 \cdot 10^{-3}$  до  $12,16 \cdot 10^{-3}$ . Здесь также наблюдается амплитуднозависимое деформирование: с ростом амплитуды деформации растет внутреннее трение. Можно оценить демпфирующие свойства биметалла ТЕБМ-3 как высокие. Стандартная сталь 45 при исследовании амплитуднозависимого демпфирования ведет себя следующим образом: с ростом амплитуды деформации от  $6,9 \cdot 10^{-6}$  до  $40,25 \cdot 10^{-6}$  внутреннее трение растет весьма незначительно: от  $2,55 \cdot 10^{-3}$  до  $3,92 \cdot 10^{-3}$ .

Биметалл ТЕБМ-2 (пластины из стали Т4) при возрастании амплитуды деформации от  $6,9 \cdot 10^{-6}$  до  $40,25 \cdot 10^{-6}$  внутреннее трение растет от  $12,16 \cdot 10^{-3}$  до  $17,99 \cdot 10^{-3}$ . Это также значительное возрастание внутреннего трения. Для техники борьбы с шумом этот биметалл представляет ценность.

Биметалл Т3:Т3 (две пластины из стали Т3, размерами 50×50×5 мм) показывает следующие характеристики демпфирования: внутреннее трение биметалла растет от  $13,88 \cdot 10^{-3}$  до  $16,98 \cdot 10^{-3}$  при возрастании амплитуды деформации от  $6,9 \cdot 10^{-6}$  до  $46,0 \cdot 10^{-6}$ . Наблюдаются высокие значения внутреннего трения. Амплитуднозависимое демпфирование наблюдается у биметалла ТЕБМ-4.

Таблица 1.

Характеристики внутреннего трения исследованных биметаллов в зависимости от амплитуды деформации

Номер сплава	Амплитуда деформации 10 <sup>6</sup>	Внутр. трение, Q <sup>-1</sup> ×10 <sup>3</sup>	Дисперсия S <sup>2</sup> ×10 <sup>3</sup>	Номер сплава	Амплитуда деформации	Внутр. трение, Q <sup>-1</sup> ×10 <sup>3</sup>	Дисперсия S <sup>2</sup> ×10 <sup>3</sup>
ТЕБМ-5	6,9	3,21	0,021	ТЕБМ-3	6,9	8,11	0,044
	9,2	3,85	0,033		9,2	8,22	0,155
	11,5	3,89	0,351		11,5	8,44	0,235
	13,8	4,42	0,052		13,8	8,55	0,126
	16,1	4,87	0,311		16,1	8,68	0,085
	18,4	4,95	0,161		18,4	8,75	0,084
	20,7	5,36	0,087		20,7	8,84	0,031
	23,0	5,75	0,265		23,0	8,95	0,036
	25,3	5,81	0,433		25,3	9,12	0,225
	27,6	5,96	0,211		27,6	9,16	0,181
	29,9	5,98	0,312		29,9	9,18	0,525
	32,2	5,99	0,854		32,2	9,22	0,155
	34,5	6,02	1,210		34,5	12,16	1,655
Т4	6,9	2,12	0,115	Ст. 45	6,9	2,55	0,145
	9,2	2,32	0,116		9,2	2,61	0,156
	11,5	2,41	0,145		11,5	2,68	0,171
	13,8	2,41	0,036		13,8	2,75	0,048
	16,1	2,72	0,064		16,1	2,89	0,085
	18,4	2,81	0,081		18,4	2,92	0,211
	20,7	2,84	0,074		20,7	3,11	0,185
	23,0	2,95	0,065		23,0	3,24	0,055
	25,3	2,96	0,081		25,3	3,25	0,84
	27,6	2,98	0,082		27,6	3,51	0,088
	29,9	3,16	0,095		29,9	3,68	0,211
	32,2	3,52	0,088		32,2	3,70	0,115
	34,5	3,61	0,032		34,5	3,75	0,135
	40,25	3,81	0,254		40,25	3,88	0,155
-	-	-	46,0	3,92	0,118		
Т4:Т4	6,9	12,16	0,155	ТЕБМ-1	6,9	5,51	0,165
	9,2	12,28	0,166		9,2	7,11	0,411
	11,5	12,55	0,174		11,5	7,42	0,181
	13,8	12,51	0,411		13,8	7,15	0,116
	16,1	12,64	0,112		16,1	7,35	0,115
	18,4	12,68	0,333		18,4	8,24	0,415
	20,7	15,88	0,195		20,7	8,41	0,129
	23,0	16,12	0,154		23,0	8,91	0,323
	25,3	16,55	0,165		25,3	9,15	0,702
	27,6	16,81	0,158		27,6	9,45	0,554
	29,9	16,88	0,110		29,9	10,16	0,155
	32,2	17,85	1,280		32,2	11,24	0,118
	34,5	17,98	0,654		34,5	11,44	0,211
	40,25	17,99	1,555		40,25	11,56	0,265
	Т5:Т5	6,9	8,16		0,115	Т3:Т3	6,9
9,2		8,26	0,265	9,2	13,96		0,155
11,5		8,48	0,264	11,5	14,21		0,303
13,8		8,92	0,311	13,8	14,41		0,165
16,1		9,12	0,401	16,1	14,65		0,116
18,4		9,16	0,551	18,4	14,85		0,155
20,7		9,26	0,162	20,7	14,96		0,202
23,0		9,44	0,121	23,0	15,24		0,715
25,3		9,56	0,255	25,3	15,41		0,116
27,6		10,22	0,164	7,6	16,22		0,150
29,9		11,44	0,211	29,9	16,43		0,410

32,2	11,35	0,165	32,2	16,65	0,211
34,5	11,48	0,301	34,5	16,85	0,325
40,25	12,22	0,016	40,25	16,92	0,415
46,0	12,46	0,211	46,0	16,98	0,325

**Заключение:** исследованы характеристики внутреннего трения биметаллов в зависимости от амплитуды деформации.

**Рецензент:** д.т.н. Осмонов К.А.

---