

Сүлеев Д.К., Өтепов Т.Е.,
Бүршікова Г.А., Баст Ю.,
Кәріпбаев С.Ж.

**Наноқұрылымдық
жабындысы бар көміртекті
болаттарды зерттеу**

Жоғары демпферлеуші қасиеттерге ие жаңа құйылған болаттар өндірістік шуды азайтуға және акустикалық ыңғайлылықты қамтамасыз етуге бағытталған. Осы мақалада құйылған болаттардың акустикалық, діріл, физикалық-механикалық және демпферленетін қасиеттерін бағалау қарастырылған, жоғары демпферленетін қасиеттерге ие наноқұрылымдық жабындысы бар құйылған болаттарды алудың тәсілдері қарастырылған. Қалыптандыру, босаңдату, шынықтыру сияқты термиялық өңдеу түріне байланысты наноқұрылымдық жабындысы бар құйылған болаттардың механикалық қасиеттері зерттелді. Қалыптандырудан, босаңдату мен шынықтырудан қорытпалардың дыбыс шығару сипаттамалары зерттелді. Қабат-қабатпен жағылған наноқұрылымдық жабынды жабындысыз қорытпаға қарағанда, 6-12 дБА төмен шудың түрленуін қамтамасыз етеді де, жақсартылған еңбек шарттарын құрайды. Наноқұрылымдық жабынды беріктік қасиеттердің артуын және дыбыс шығарудың азаюын қамтамасыз етті.

Түйін сөздер: болат, нанотехнология, демпферлеу, акустика, діріл, термиялық өңдеу, қасиеттер, жабынды.

Suleev D., Uteпов T.,
Burshukova G., Bast J.,
Karipbayev S.Zh.

**Study on carbon steels with
nanostructured coatings**

New alloy steel having increased damping properties are designed to ensure the reduction of industrial noise and creation of acoustic comfort. The article assesses the acoustic, vibrational, mechanical and damping properties of cast steels, this method for producing cast steel with nanostructured coatings with high damping properties. Conducted a study of the mechanical properties of cast steel with a nanostructured coating depending on the type of heat treatment: normalization, annealing and quenching with the release. Sound radiation characteristics of the alloys examined after normalizing, annealing, quenching. Nanostructured coating applied in layers to 30 nm, provides noise generation of mechanical origin n and 6-12 dB lower than without nanocoatings creating better working conditions. Nanostructured coatings ensured the growth of the strength characteristics and reduced sound radiation.

Key words: steel, nanotechnology, damping, acoustics, vibration, heat treatment, properties and coating.

Сүлеев Д.К., Утепов Т.Е.,
Буршукова Г.А., Баст Ю.,
Кәріпбаев С.Ж.

**Исследование углеродистых
сталей с наноструктурным
покрытием**

Новые литые стали, обладающие повышенными демпфирующими свойствами, призваны обеспечить снижение производственного шума и создание акустического комфорта. В статье проводится оценка акустических, вибрационных, физико-механических и демпфирующих свойств литых сталей, рассматриваются методы получения литых сталей с наноструктурным покрытием с повышенными демпфирующими свойствами. Провели исследование механических свойств литейных сталей с наноструктурным покрытием в зависимости от вида термообработки: нормализация, отжиг и закалка с отпуском. Характеристики звукоизлучения сплавов исследовали после нормализации, отжига, закалки. Наноструктурное покрытие, нанесенное послойно, обеспечивает генерирование шума механического происхождения на 6-12 дБА ниже, чем без нанопокрывтия, что создает улучшенные условия труда. Наноструктурное покрытие обеспечило рост прочностных характеристик и снижение звукоизлучения.

Ключевые слова: сталь, нанотехнологии, демпфирование, акустика, вибрация, термообработка, свойства, покрытие.

НАНОҚҰРЫЛЫМДЫҚ ЖАБЫНДЫСЫ БАР КӨМІРТЕКТІ БОЛАТТАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Кіріспе

«Нанотехнология» термині затқа әсер етудің әр текті түсініктері мен әдістерін, сонымен қатар түрлі тәсілдерін біріктіреді. Жаңа ғылымның атауы «технология» сөзіне масштабты 1 миллиард есе кішірейтуді, яғни 1 нанометр 10^{-9} м тең мағынаны білдіретін «нано» қосымшасын қосу нәтижесінде пайда болды. Осы шаманың қаншалықты аз екендігін сутегі атомының үлгісінде пікір жасауға болады, себебі сутегі атомының диаметрі 1 ангстремге (1А) тең, бұл 0,1 нм құрайды.

Нанотехнология термині деп нанометрлік ауқымда, яғни атомдардың, молекулалардың және молекулярлы қосылыстардың ауқымында құрылымы реттелетін материалдарды, құрылғыларды және жүйелерді жасауды және қолдануды түсінеді. Нанотехнология принципалды жаңа молекулярлық құрылымға (нақтырақ айтқанда, молекулярлық үстінен) ие ірі құрылымдарды құруды және осындай көлемдермен жұмыс істеуді білдіреді. Атомды-молекулярлық элементтерді қолдану арқылы «бірінші қағидалардан» құрылған осындай наноқұрылымдар жасанды жолмен алынатын ұсақ объектілерді білдіреді. Олар жаңа физикалық, химиялық, биологиялық қасиеттермен және онымен байланысты құбылыстармен сипатталады. Осыған байланысты наноғылым, нанотехнология және наноинженерия ұғымдары пайда болды. Наноғылым наноматериалдар қасиеттерінің іргелі зерттеулерімен және нанометрлік ауқымдағы құбылыстармен айналысады, нанотехнология наноқұрылымдарды құрумен және наноинженерия наноқұрылымдарды тиімді пайдалану әдістерін іздеумен айналасады.

Нанотехнологиялар материалтану ғылымында кең қолданыс тапты, бірақ дірілдік демпферлеуші материалдарды жасау кезінде нанотехнологиялар сирек қолданылады.

Негізгі бөлім

Болаттардың қасиеттері

Зерттеу объектісі ретінде 50 және 55 көміртекті болаттар, қорытылған БГ-7, БГ-8 болаттары алынды. Қорытпаның акустикалық (дыбыс деңгейі, дыбыс қысымының деңгейі) және ді-

рілдік (діріл үдету деңгейі, жалпы діріл үдету деңгейі) сипаттамаларын зерттедік.

Осы жұмыстың алға қойылған міндеттерінің бірі болып темір негізіндегі жаңа демпферлеуші металл материалдарды жасау табылады. Осыған байланысты стандартты болаттардың химиялық құрамына қосындыланған элементтерді (никель және хром) қосу арқылы жаңа жоғары демпферлеуші қасиеттері бар болаттар алынды. Осы жұмыста қорытпаларды легірлеу қағидалары Fe-C, Fe-Cr, Fe-Ni; Fe-Si; Fe-Y күй диаграмма-

сын зерттеуге негізделген. Күй диаграммалары температура мен құрамдас бөлшектердің концентрациясына байланысты қорытпаның фазалық құрамын анықтайды және қорытпалардың көптеген физика-химиялық, механикалық және технологиялық қасиеттерін сапалы сипаттауға мүмкіндік береді (1, 2, 3-кестелер).

Негізгі металл шихталы материалдар ретінде металл сүймен, ферроқорытпалар және өзіндік өндірістің қалдықтары қолданылды.

Флюстер ретінде әктас қолданылды.

1-кесте – Болаттардың арналуы және жалпы сипаттамасы [1]

Болат	Арналуы
50	Қалыптандырудан және шынықтырудан кейін – тісті доңғалақтар, прокатты біліктер, соташық, ауырмен жүктелген біліктер, остер, құрсаулар, жеңіл жүктелген серіппелер мен рессорлар, трактардың саусақтары, буындардың саусақтары, сателлиттің осі, беріліс қорабының іліністер муфтасы, бүркігіштің тұрқысы, остер, эксцентриктер және басқа да бөлшектер.
55	

Балқыту технологиясы белгілі бір өнімділік кезінде болаттың қажетті, әрі тұрақты құрамын алуды және металдың жоғары температурасын қамтамасыз ету керек. Осы талаптар сәйкес кокстың шығынын және үрлеу әдісін таңдаудың есебінен орындалады.

Қю темірқорамға іске асырылды. Құм нысанмен салыстырғандағы темірқорамға құю бірқатар ерекшеліктерге ие: нысанның салыс-

тырмалы төзімділігі және үдетілген суыту, қалыптық материалдарды шығындаудың күрт азайтылуы немесе толықтай тоқталуы; қалыптық ауданды 2-6 есе ұлғайту, еңбек өнімділігін 1,5-6 есе ұлғайту, беттің кедір-бұдырлығының азайтылуы, құю дәлдігін жоғарылату, құю тығыздығын жоғарылату, кірістің көлемін азайту және көп жағдайда алып тастау.

Балқыту индукционды пеште іске асырылды.

2-кесте – Болаттардың механикалық қасиеттері (МЕМСТ 4543-71)

Болат	Термиялық өңдеу тәртібі (t, °C)	σ_T	σ_B	δ_5	φ	α_a , Дж/см ²	Босандатудан кейінгі (Отжиг) НВ, кем емес
		МПа		%			
		кем емес					
50	850	380	640	14	40		207
55	850	390	660	13	35	70	255
БГ-1	3, 900, м + Ов, 630, м	420	680	15	45	60-190	210
БГ-2	3, 900, м + Ов, 630, м	440	690	14	48	60-200	208

Ескерту. 1 кгс/мм² ≈ 10 МПа; 1 кгс/см² ≈ 10 Дж/см².

3-кесте – Зерттелген болаттардың химиялық құрамы

№	Болат	C	Si	Mn	Nb	B	La	НСП, м
1	50	0,47-0,55	0,17-0,37	0,50-0,80	-	-	-	-
2	55	0,52-0,60				-	-	-
3	БГ-4	0,48	0,30	0,60	0,85	0,7	0,22	-

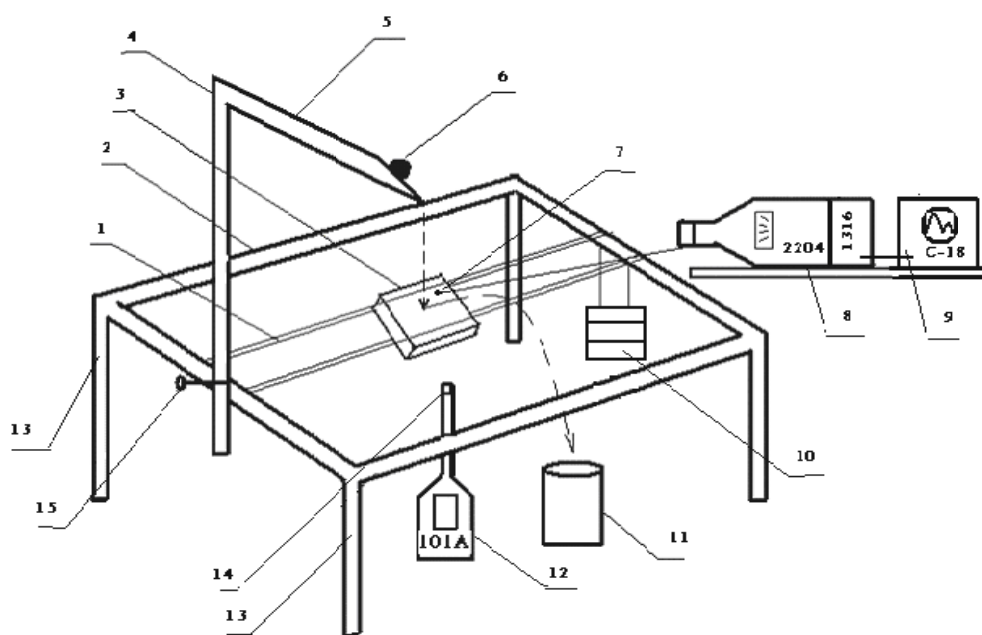
№	Болат	C	Si	Mn	Nb	B	La	НСП, м
4	БГ-5	0,55	0,28	0,62	0,60	0,82	-	-
5	50(НЖ)	0,47-0,55	0,17-0,37	0,5-0,8	-	-	-	310 ⁻⁷
6	БГ-4(НС)	0,48	0,30	0,60	0,85	0,70	0,22	310 ⁻⁷

Қорытпалардың акустикалық және діріл қасиеттерін зерттеу

Болаттардың акустикалық (дыбыс деңгейі, дыбыс қысымының деңгейі) және дірілдік (дірілді үдету деңгейі, жалпы дірілді үдету деңгейі) қасиеттерін зерттеу үшін арналған қондырғыларды талдау негізінде қатпарлы және құбырлы үлгілердің акустикалық және дірілдік қасиеттерін кешенді зерттеу үшін арналған құрылғы таңдалды [2].

Қондырғы келесі тәртіппен жұмыс жасайды (1-сурет). Соққыш шар 6 көлбеулік жазықтықта 5 орнатылды. Соққыш шар 6 көлбеулік жазықтықтан 5 төменге қарай түседі және қатпарлы үлгінің 3 геометриялық ортасына еркін құлайды. Соққыш шар 6 қайта секіреді және шарлар-

ды қабылдағышқа 11 келіп түседі. Соққыш шар 6 мен 3 үлгінің соғылысуынан пайда болатын шу «ОКТАВА-101А» шу өлшегішпен 12 тіркеледі. Капрон жіптерінің 1 ширатылысында тербелетін 3 үлгі (қатпарлы) дірілдің пайда болуына алып келеді. Бұл діріл «Briel&Kjer» фирмасының 2204 үлгілі аспабымен 8 бағаланады. Үлгінің капрон жіптерімен 1 тартылуы әрдайым тұрақты болады, себебі жүк 10 осы тартылуды бақылайды. Шардың құлау биіктігі соққыш тірегінің 15 бекіткіш бұрамасының көмегімен өзгертіліп отыруы мүмкін. Үлгіні 3 және соққыш шарды 6 бекіту жүйесі толығымен рамаға 2 орнатылған, ол тіреуіштердің 13 көмегімен еденнен белгілі бір биіктікте орнатылады.



- 1 – капрон жіптер; 2 – рама; 3 – қатпарлы (50x50x5 мм) үлгі; 4 – раманы тіреуіш; 5 – көлбеулік жазықтық; 6 – соққыш шар; 7 – «Briel & Kjer» фирмасының шу өлшегіштің діріл датчигі; 8 – «Briel & Kjer» фирмасының 1613 октавалы сүзгісі бар 2204 үлгілі шу өлшегіші; 9 – осциллограф С-18; 10 - жүк; 11 – шарларды қабылдағыш; 12 – «Октава 101А» шу өлшегіш; 13 – раманы тіреуіштер; 14 – «Октава 101А» шу өлшегіштің микрофоны; 15 – соққыш тіреуішті бекіту бұрамасы

1-сурет – Қатты үлгілердің акустикалық және дірілдік қасиеттерін кешенді зерттеу үшін арналған қондырғы

Өлшеу кезінде келесі диаметрдегі болат (ШХ15) соққыш шарлар қолданылды: 9,5 мм; 12,7 мм; 15,2 мм; 18,3 мм (сәйкесінше соққыш шардың массасы: 2,5 г; 5 г; 9 г және 25 г).

Қондырғыда болат қатпарлы үлгілер (50x50x5) мм зерттелді.

Шардың массасы, үлгінің тығыздығы, соғылысу нүктесінен үлгіге дейінгі қашықтық, үлгінің қалыңдығы [3] формуласы бойынша өзара байланысқан:

$$m < 4,6 \cdot \rho \cdot l \cdot h^2 \quad (1)$$

мұнда m – қатпарлы үлгінің массасы, г;

ρ – қатпарлы үлгінің тығыздығы, г/см³;

l – соғылысу нүктесінен қатпарлы үлгінің ең жақын шетіне дейінгі қашықтық, см;

h – қатпарлы үлгінің қалыңдығы, см.

Мұнда қатпарлы үлгінің ені мен ұзындығы оның қалыңдығынан кем дегенде 5 есе артық болуы керек. Өлшемдері 50x50x5 мм болатын зерттелетін тілімше осы талаптарға сәйкес келеді.

Дыбыс қысымының деңгейлері 31,5-31500 Гц ауқымындағы жиіліктердің октавалы жолақтарында зерттелді, дірілді үдету деңгейлері де 31,5-31500 Гц ауқымында зерттелді. Дыбыс деңгейі – «А» шкаласы бойынша, жалпы дірілді үдету деңгейі – «Lin» сипаттамасы бойынша зерттелді.

ЗГ-10 дыбыс генераторы дыбыс сигналының өлшемдерін калибрлеу үшін қолданылды. Атмосфералық қысымнан дыбыс сигналының өзгеруіне түзету PF-101 маркалы пистонфонның көмегімен іске асырылды. Зертханадағы ауа температурасы мен ылғалдылығы тұрақты. Акустикалық өлшеулер бес өлшемнің орташа мәні ретінде алынды.

Эксперименттің нәтижелері математикалық өңдеуден өткізілді және әдістемеге сәйкес сенімді аралықтар анықталды [4]. Жұмысты бастамас бұрын эталонды үлгінің дыбыстық қысым деңгейін тексеру арқылы өлшеу тракты реттеліп отырды.

Көміртекті болаттың жұмыс беттерінде көпфункционалды жабындыларды қалыптастыру бойынша негізгі ережелерді іске асыру үшін ННВ-6.6-Из (Мәскеу болат және қорытпа институты) жетілдірілген вакуумды-доғалық агрегаттың негізіндегі арнайы қондырғы пайдаланылды [5].

Сондай-ақ, қондырғы бейтарап бөлшектерді (микротамшылы фаза) бөлуге мүмкіндік береді. Тамшылы құрамдас бөлшекті бөлу қуатты магнитті өріспен зарядталған ионды ағынды (ион-

дар, электрондар) қайырып тастау нәтижесінде іске асырылады. Бұдан басқа, сепаратор плазмалық ағынды үдеткіш рөлін атқара алады, аспапты термиялық белсендіру үшін электрондардың көзі және аспапты химия-термиялық өңдеуді ынталандыру үшін аса қуатталған газ иондарының (мысалы, азот) көзі бола алады.

Хром-кремний болаттан жасалған тілімшенің бетіне жабындыны жағу жетілдірілген ионды-вакуумды қондырғыда үш катодпен іске асырылды, оның екеуі катод дағының электромагнитті тұрақтандыруға және плазмалық ағынды (стандартты буландырғыш) плазмаоптикалық фокустауға ие болды. Біреуі плазмалық ағынды бөлуді үдету үшін арналған жүйемен жабдықталған.

Көміртекті болаттан жасалған тілімше қондырғының камерасының ішіндегі айналу механизмінің үстеліне орнатылды, ол газ-металл плазмадағы ағында аспаптың орын алмас-тыруын іске асырды. Камерадағы қалдық қысым вакуумды жүйенің және автоматты ретте-гіштің көмегімен жасалды және реттелді, тілімшелердің температурасын ауқымы 150–900°C, жұмыс спектральді ауқымы 1,8–3,8 мкм, нысаналау көрсеткіші 1:500 (номиналды мәні) және көрсеткіштерді орнату уақыты 0,025 с болатын пирометрикалық жүйенің көмегімен бақы-ланды.

50, 55, 50НЖ (тілімшелердің өлшемі 50x50x5 мм) зерттелген болаттардың және БГ-1, БГ-2, БГ-1(НЖ) жасалған болаттардың акустикалық сипаттамалары 4-5 кестелерде және 1-2 суреттерде келтірілген.

4-кестеде 50, 55 және 50 (НЖ) стандартты көміртекті болаттардың акустикалық сипаттамалары көрсетілген.

Эксперименттердің нәтижелері және дыбыстық қысымның қысық деңгейінің сипаты келесі түрде келтіріледі:

- зерттелген үлгілердің дыбыстық қысымдарының деңгейлері 46-84 дБ ауқымда болады;

- дыбыстық қысымдардың деңгейлерінің максимумдары 4000 Гц және 8000 гЦ (79-81 дБ) жиіліктерінде байқалады;

- дыбыстық қысымдардың деңгейлерінің минимумдары 1000-31500 Гц (45-49 дБ) жиіліктеріне тән;

- салыстырылатын үлгілердің дыбыстық қысым деңгейлерінің максималды мәндері диаметр $d=18,3$ мм болатын шармен соғылысуға тән;

- салыстырылатын үлгілердің дыбыстық қысым деңгейлерінің минималды мәндері диаметр $d=9,5$ мм және $d=15,2$ мм болатын шарлармен соғылысуға тән;

- «А» сипаттамасы бойынша 50, 55 болаттардың дыбыс деңгейлерінің максимумдары диаметрі $d=18,3$ мм (83-84 дБ) болатын шармен соғылысуға тән;

Үлгілердің дыбыс шығару үрдісін зерттеу барысында дыбыс шығарудың амплитудалық

тәуелді демпферлеу (ДАТД) құбылысы байқалды, бұл құбылыстың мәнісі соққы күшін ұлғайтқанда, құрылымдық демпферлеудің арқасында соғылысу әсерінен шу деңгейінің барабар емес (адекватты емес) төмендетілуі іске асырылады.

4-кесте – 50, 55 және 50 (НЖ) көміртекті болаттардың акустикалық сипаттамалары

P/C№	Болаттың маркасы	Соғысатын шардың диаметрі, d, мм	Орташа геометриялық жиіліктері бар, Гц, октавалық жолақтардағы дыбыс қысымының деңгейі, дБ						УЗ, дБА
			1000	2000	4000	8000	16000	31500	
1	50	9,5	46	51	68	65	57	51	69
		12,7	50	55	67	68	68	47	71
		15,2	48	70	77	77	69	49	78
		18,3	57	70	80	79	69	68	83
2	55	9,5	50	53	70	68	61	53	73
		12,7	58	57	71	70	71	52	74
		15,2	51	72	78	76	66	52	80
		18,3	60	71	80	79	71	65	83
		18,3	60	73	80	81	67	60	84
3	50(НЖ)	9,5	47	52	65	64	58	51	66
		12,7	49	56	66	65	65	48	68
		15,2	49	69	74	75	69	50	75
		18,3	56	68	77	75	69	69	79

* НЖ – нанокұрылымдық жабынды

2-суретке сәйкес 1000 Гц жиілікте 50 үлгі диаметрі $d = 12,7$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 50 дБ болады, ал 50 үлгі диаметрі $d = 15,2$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 48 дБ болады. Эффект ДАТД = 2 дБ.

2000 Гц жиілікте 50 үлгі диаметрі $d = 15,2$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 70 дБ болады, ал 50 үлгі диаметрі $d = 18,3$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 70 дБ болады. Эффект ДАТД = 0 дБ.

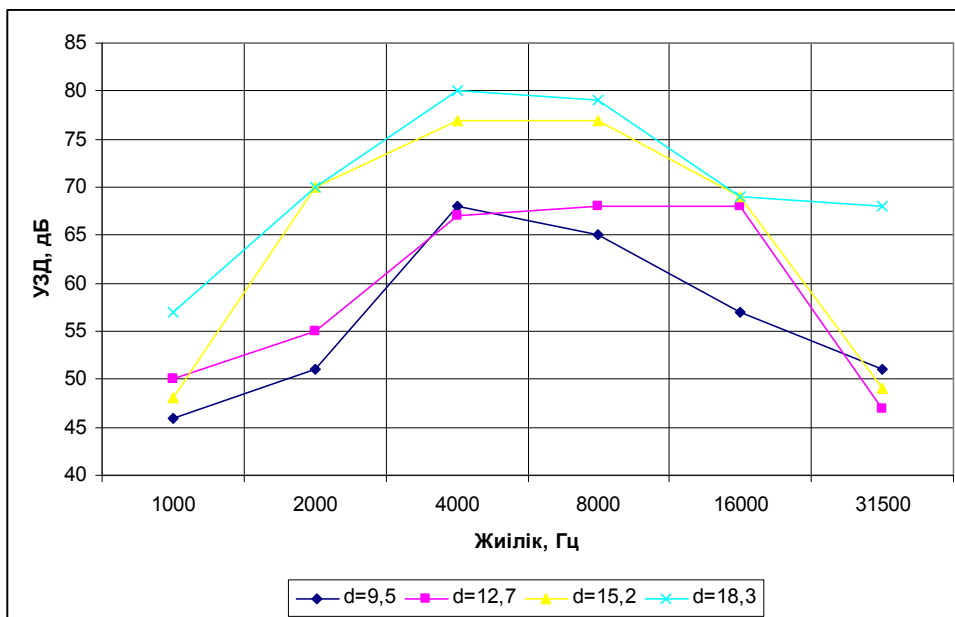
4000 Гц жиілікте 50 үлгі диаметрі $d = 9,5$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 68 дБ болады, ал 50 үлгі диаметрі $d = 12,7$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 67 дБ болады. Эффект ДАТД = 1 дБ.

16000 Гц жиілікте 50 үлгі диаметрі $d = 15,2$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 69 дБ болады, ал 50 үлгі диаметрі $d = 18,3$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 68 дБ болады. Эффект ДАТД = 1 дБ.

31500 Гц жиілікте 50 үлгі диаметрі $d=9,5$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 51 дБ болады, ал 50 үлгі диаметрі $d = 12,7$ мм болатын соққыш шармен соғылысқанда, УЗД = 47 дБ болады. Эффект ДАТД = 4 дБ.

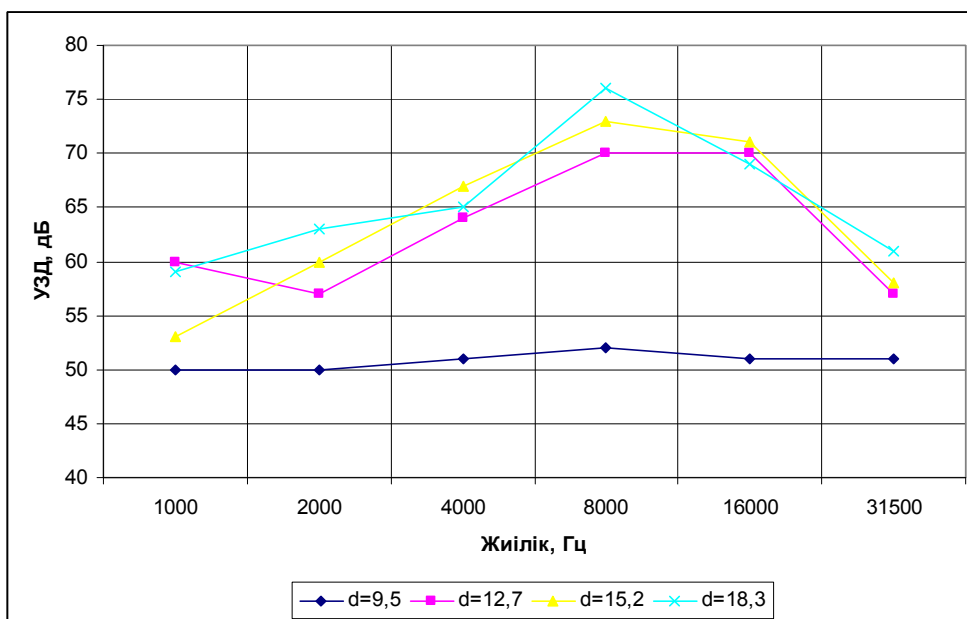
5-кестеде түрлі диаметрдегі соққыш шарлармен соғылысу кезіндегі БГ-1 және БГ-2 қорытылған легіріленген болаттардың акустикалық сипаттамалары келтірілген.

3-суретте соққыш шарлармен ($d=11,5÷20,3$ мм) соғылысу кезіндегі БГ-1 (НЖ) үлгінің дыбыс шығару сипаттамасы келтірілген.



($d=9,5\div 18,3$ мм) – соғысылатын шарлардың диаметрлері

2-сурет – Соғылысу кезіндегі 50 болаттың дыбыс шығару сипаттамасы



($d=9,5\div 18,3$ мм) – соғысылатын шарлардың диаметрлері

3-сурет – Соғылысу кезіндегі БГ-1(НЖ) үлгінің дыбыс шығару сипаттамасы

5-кесте – Соққыш шарлармен соғылысу кезіндегі легірленген болаттардың акустикалық сипаттамалары

Р/с №	Болаттың маркасы	Соғысатын шардың диаметрі, d, мм	Орташа геометриялық жиіліктері бар, Гц, октавалық жолақтардағы дыбыс қысымының деңгейі, дБ						УЗ, дБА
			1000	2000	4000	8000	16000	31500	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	БГ-1	9,5	45	50	57	62	59	43	64
		12,7	51	57	62	72	63	45	72
		15,2	53	60	64	76	63	54	74
		18,3	57	66	67	77	71	62	80
2	БГ-2	9,5	44	54	60	64	59	50	66
		12,7	57	58	65	69	64	49	71
		15,2	54	61	66	73	80	54	74
		18,3	56	55	64	69	77	67	77
3	БГ-1 (НЖ)	9,5	50	50	51	52	51	51	52
		12,7	60	57	64	70	70	57	72
		15,2	53	60	67	73	71	58	75
		18,3	59	63	65	76	69	61	76

* НЖ – нанокұрылымдық жабынды

Қорытынды

50 және 55 көміртекті (белгілі) болаттардың акустикалық сипаттамаларын эксперименталды зерттеу олардың дыбыс шығару сипаттамасын анықтады. ниобий, бор және лантанмен қоспа-

ланған БГ-1, БГ-2 қорытылған болаттар дыбыс шығаруы төмен және механикалық қасиеттері жеткілікті қорытпаларды алуға мүмкіндік берді. Нанокұрылымдық жабынды қосымша демпферлеуді және механикалық қасиеттердің жоғарылауын қамтамасыз етті.

Әдебиеттер

- 1 Журавлев В.Н., Николаева О.И. Машиностроительные стали Справочник. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981. – 391 с., ил.
- 2 Утепов Ю.Б., Сүлеев Д.К., Бисакәев С.Т. і др. Утепов Ю.Б., Сүлеев Д.К., Бискаев С.Т. и др. Акустическая экология: демширующие материалы и конструкции. – Алматы, 2001. – 330 с.
- 3 Cremer H., Cremer L. Theorie der Entstehung des klopts – chalts // Erequenz, 1948. - Bd. 2, № 3. – P. 61-71.
- 4 Kerzhencev V.V., Dedenko L.G. Керженцев В.В., Деденко Л.Г. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента. – М.: МГУ, 1971. – 110 с.
- 5 Сүлеев Д.К., Утепов Ю.Б., Урикбаева Г.А., Утепова Г.Е. Применение демширующих наноструктурированных материалов в технике борьбы с шумом и вибрацией. – Алматы, КазНТУ им.К.И. Сатпаева, 2008. – 76 с.

References

- 1 Zhuravlev V.N., Nikolayeva O.I. Mashinostroitelnie staly. Spravochnik. Izd. 3-e, pererab. i dop. – М.: Mashinostroenie, 1981. – 391 s., il.
- 2 Uteпов Y.B., Suleev D.K., Bisakayev S.T. i dr. Akusticheskaya ecologia: demphiruyushie materialy I konstrukcii. – Almaty, 2001.- 330 s.
- 3 Cremer H., Cremer L. Theorie der Entstehung des klopts – chalts // Erequenz, 1948. - Bd. 2, № 3. - P. 61-71.
- 4 Kerzhencev V.V., Dedenko L.G. Matematicheskaya obrabotka i oformlenie rezul'tatov ekspirementa. – М.: MGU, 1971. –110 s.
- 5 Suleev D.K., Uteпов Y.B., Urikbayeva G.A., Uteпова G.E. Primenenie demphiruyushih nanostrukturnih materialov v tehnikе borbi s shumom I vibratsiei. – Almaty, KazNTU im.K.I. Satpaeva, 2008. – 76 s.