

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии PhD
по специальности: 6D071000 - Материаловедение и технология новых
материалов

Алимановой Мадины Унгаровны

РАЗРАБОТКА ВИБРОДЕМПФИРУЮЩИХ СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА, ЛЕГИРОВАННЫХ НИКЕЛЕМ, ВАНАДИЕМ И БОРОМ

Предлагаемая диссертационная работа посвящена исследованию и созданию демпфирующих металлических материалов на основе железа, легированных никелем, ванадием и бором, которые можно использовать для деталей промышленного оборудования, работающих в режиме соударений.

Актуальность исследований. Одной из важнейших проблем промышленного производства является снижение производственного шума и вибрации. Это связано с применением высокоскоростных механизмов и машин. Среди разновидностей шума выделяется механический шум. Его уровни достигают 120-130 дБА. Разновидности механического шума – импульсные и ударные, характеризуются как наиболее вредные.

Шум соударений характерен для отраслей промышленности: металлообработка, черная металлургия, общее машиностроение, энергетика и др. Шум соударений очень вреден, а методы его снижения крайне затруднительны. Традиционные методы снижения шума (звукоизоляция, звукопоглощение, СИЗ, организационные и др.) недостаточно эффективны из-за загромождения рабочих площадей (звукоизоляция, звукопоглощение), маскирования предупреждающих сигналов (использование СИЗ органов слуха), неэффективностью, пожароопасностью, дополнительной запыленностью на рабочем месте (звукопоглощение).

Снижение шума в источнике возникновения – замена ударных процессов на безударные, замена зубчатых передач на клиноременные, использование неметаллических материалов вместо металлических и др., являются эффективными способами гашения производственного шума. Однако по технологическим критериям зачастую эти способы нерациональны.

Для снижения шума в источнике возникновения эффективным является применение металлических материалов с повышенными диссипативными свойствами. Но в настоящее время, конструкторы и технологи имеют недостаточные сведения о диссипативных характеристиках используемых сталей и сплавов. Известная сталь 20ХНР, легированная никелем, хромом и бором, после определенной термической обработки имеет не только различные физико-механические свойства, но и измененные акустические и демпфирующие характеристики. Этот факт при проектировании машин и механизмов зачастую не учитывается.

Анализ литературы показал, что ученые разных стран мира (США, Япония, Венгрия, Россия, Казахстан и др.) ведут поиски в создании новых демпфирующих металлических материалов (Такахара Х., Хидео Н., Хекл М., Писаренко Г.С., Заборов В.И., Фавстов Ю.К., Головин С.А., Сулеев Д.К. и др.), однако в этих работах отсутствуют исследования, посвященные созданию демпфирующих высокопрочных сталей, легированных никелем, ванадием и бором, используемых для ответственных деталей машиностроения (детали из стали 20ХНР, 30ХН2МФА и 38ХН3МФА).

Исследование демпфирующих, акустических и физико-механических свойств широко используемых сталей и сплавов и создание новых сталей с повышенными демпфирующими свойствами является актуальной проблемой в современном материаловедении.

Целью работы является разработка вибродемпфирующих сплавов, на основе железа, легированных никелем, ванадием и бором для изготовления деталей машин, работающих в режиме соударений и обладающих повышенными демпфирующими свойствами.

К задачам исследования относятся:

- анализ современного состояния борьбы с шумом на промышленных предприятиях;

- исследование акустических, демпфирующих, физико-механических свойств известных легированных сталей;

- разработка новых сталей, легированные никелем, ванадием и бором, с улучшенными характеристиками демпфирования, звукоизлучения и механических свойств (термообработка, нанесение наноструктурного покрытия) для замены известных марок сталей;

- применение метода математического планирования экспериментов для поиска оптимальных значений химического состава вибродемпфирующих, легированных сплавов;

- опытно-промышленные испытания и внедрение полученных новых сплавов с высокими вибродемпфирующими свойствами.

Предметом исследования являются металлические материалы, используемые для деталей машин и механизмов, работающих в режиме соударений.

Объектом исследования являются отрасли промышленности (металлообработка, черная металлургия, энергетика и др.), использующие металлические материалы на основе железа для деталей, работающих в режиме соударений.

Метод исследования. В диссертации использована методика исследований, включая аналитический обзор литературы, патентный поиск, обобщение результатов опыта ученых Казахстана, России, США и др. в создании демпфирующих сплавов в технике борьбы с шумом; физическое моделирование, экспериментальное исследование, применение методов математического планирования экспериментов (МПЭ).

Основные научные положения и результаты выносимые на защиту:

- разработана сталь 3М, легированная никелем (3,5%), ванадием (0,25%) и бором (0,005%) при содержании углерода (0,4%), обладающая повышенными демпфирующими свойствами ($\delta=0,0146$; $\psi=0,0291$; $Q^{-1}=0,0458$), пониженным звукоизлучением при соударении ($L_A=54$ дБА) и достаточными физико-механическими свойствами ($\sigma_B \geq 990$ МПа; $\sigma_T \geq 825$ МПа; $\delta_5 \geq 13\%$; $\psi \geq 45\%$; $KCU \geq 55$ Дж/см², $HB \geq 270$ МПа); термическая обработка стали 3М (закалка при температуре 890°C с охлаждением в масле и высокий отпуск при температуре 650°C) создает тростобейнитную структуру, которая обеспечивает оптимальные прочностные свойства и повышение уровня диссипации (рост внутреннего трения с $4,58 \times 10^{-2}$ до $8,64 \times 10^{-2}$);

- послойное нанесение наноструктурного покрытия (Ti-Al-N) вакуумно-дуговым методом по 30 нм на поверхность стали 3М (общая толщина покрытия – $3,32 \times 10^{-6}$ м), обеспечивает дополнительное снижение шума механического происхождения на 2-3 дБА при достаточной прочности самого покрытия;

- применение метода математического планирования экспериментов (метод Бокса-Уилсона) позволило резко сократить объем экспериментальной работы и построить логическую схему проведения эксперимента по выплавке демпфирующих сплавов, а также получить уравнение регрессии, с помощью коэффициентов которой оценены семь переменных факторов (содержание углерода, никеля, бора, ванадия, церия; величина наноструктурного покрытия, вида термообработки), влияющих на уровень звука при соударении: $y=62,30X_0-2,02X_1-0,841X_2+0,755X_3+0,451X_4+0,321X_5+0,888X_6+1,112X_7$. При этом, максимальное влияние на уровень звука оказывает содержание углерода (-2,02), вид термообработки (1,112), наноструктурное покрытие (0,888), содержание никеля (-0,841);

- осуществлена опытно-промышленная проверка на предприятиях «КВООИТ» и ТОО «КазТоргПромСотрану» стали 3М (0,4% С, 3,5% Ni, 0,25% V, 0,005% В, остальное железо). Были изготовлены правильная плита для рихтовки в слесарно-сварочном цехе и втулка в направляющей трубе токарного автомата. Снижение шума составило 4-12 дБА по сравнению со сталью 40. Ожидаемый годовой экономический эффект составил 2237000 тенге.

По теме диссертации опубликовано 17 статей, из которых 6 статей опубликованы в четырех изданиях различных наименований, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 1 статья опубликована в издании, входящем в базу данных Scopus, 10 статей опубликованы в сборниках Международных научно-технических и научно-практических конференций (Казахстан, Россия, Украина и США).