

**«Приоритетные направления развития науки, технологий и техники»,
Италия (Рим), 9–16 апреля 2017 г.**

Технические науки

**ГАЗОИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА
МЕДНЫХ И ЦИНКОВЫХ СПЛАВОВ**

Иванов Д.А.

*Санкт-Петербургский государственный
университет гражданской авиации,
Санкт-Петербург;*

*Санкт-Петербургский государственный
экономический университет, Санкт-Петербург,
e-mail: tm_06@mail.ru*

Деформационное упрочнение медных сплавов зачастую приводит к коррозионному растрескиванию, что особенно характерно для латуней, содержащих более 20% меди. То же наблюдается у деталей из подобных сплавов при наличии значительных остаточных напряжений.

Поэтому представляют значительный интерес альтернативные способы упрочнения деталей из медных сплавов, в частности, газоимпульсная обработка [1–8].

Для пластин из холоднокатаной латуни Л68 применялся обдув пульсирующим дозвуковым воздушным потоком, имеющим скорость 26 м/с, частоту 2100 Гц и звуковое давление 140 дБ, без нагрева в течение 10 мин. Повышение механических свойств в сравнении с необработанной (контрольной) пластиной выразилось в повышении прочности, пластичности и ударной вязкости. Таким образом, установлено, что газоимпульсная обработка при данных амплитудно-частотных характеристиках обеспечивает повышение механических свойств тонколистового проката из сплавов на основе меди, не подвергаемых термоупрочнению.

При исследовании влияния газоимпульсной обработки на механические и эксплуатационные свойства сплавов на основе цинка был использован крепеж из цинкового сплава ЦА4. Обдув пульсирующим воздушным потоком осуществлялся в течение 15 минут при частоте пульсаций порядка 1130 Гц и звуковом давлении до 120 дБ при расположении изделия как поперёк, так и вдоль пульсирующего газового потока

и без использования предварительного нагрева. В ходе испытаний обработанных подобным образом изделий разрушающая нагрузка при изгибе на 16,7% выше чем у необдутых. Изломы показывают рост пластичности в результате газоимпульсной обработки.

При испытании на динамический изгиб образцов из ЦА4 обработанных пульсирующим газом потоком при тех же режимах, и направлении обдува, совпадающем с направлением удара маятника копра, значение КСУ необдутаго образца составило 0,041 МДж/м², а для образца, обработанного пульсирующим воздушным потоком – 0,083 МДж/м², что более чем вдвое больше.

Таким образом представляется перспективной газоимпульсная обработка деталей машин и приборов, а также крепежа, изготавливаемых из медных и цинковых сплавов с целью повышения их эксплуатационных свойств.

Список литературы

1. Воробьева Г.А., Иванов Д.А., Сизов А.М. Упрочнение легированных сталей термоимпульсной обработкой // *Технология металлов.* – 1998. – № 2. – С. 6–8.
2. Иванов Д.А. Влияние дозвукового пульсирующего водовоздушного потока на напряженное состояние сталей при термообработке // *Технико-технологические проблемы сервиса.* – 2007. – № 1. – С. 97–100.
3. Иванов Д.А. Закалка сталей, алюминиевых и титановых сплавов в пульсирующем дозвуковом водовоздушном потоке // *Технико-технологические проблемы сервиса.* – 2008. – № 2. – С. 57–61.
4. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка пульсирующим газовым потоком высокопрочных и пружинных сталей // *Двигателестроение.* – 2014. – № 3. – С. 34–36.
5. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Сочетание закалки сталей с обработкой пульсирующими газовыми потоками // *Двигателестроение.* – 2015. – №4. – С. 34–36.
6. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Использование пульсирующего дозвукового газового потока для повышения эксплуатационных свойств металлических изделий // *Технология металлов.* – 2015. – № 1. – С. 34–38.
7. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Повышение коррозионной стойкости конструкционных сталей газоимпульсной обработкой // *Технология металлов.* – 2015. – №10. – С. 27–31.
8. Иванов Д.А., Засухин О.Н. Обработка инструментальных сталей пульсирующими газовыми потоками // *Технология металлов.* – 2016. – №9. – С. 39–43.

Физико-математические науки

**РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ НА ОСНОВЕ
СВОЙСТВА ВЫПУКЛОСТИ ФУНКЦИИ**

Далингер В.А.

*Омский государственный педагогический
университет, Омск, e-mail: dalinger@omgru.ru*

В данной статье мы рассмотрим уравнение вида

$$pf(u) + qf(v) = f(u_1 + qf(v_1)),$$

где $p, q > 0$, $p+q=1$, u, v , u_1, v_1 – функции относительно искомого неизвестного x ; f – некоторая функция.

Для решения таких уравнений надо будет использовать понятия функции выпуклой на промежутке l и функции вогнутой на промежутке l .

Выпуклая функция – функция, графиком которой является выпуклая кривая. Выпуклая функция может быть выпуклой вверх (рис. 1) или выпуклой вниз (рис. 2). Иногда выпуклой называют только функцию, выпуклую вверх, а функцию, выпуклую вниз – вогнутой функцией.

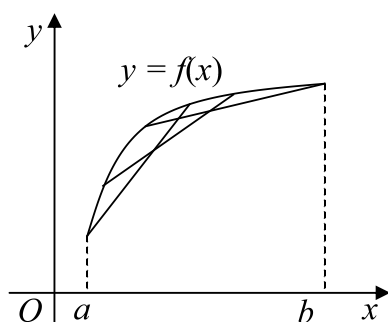


Рис. 1

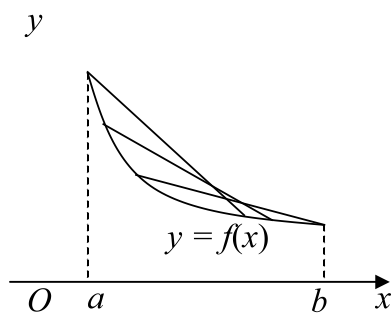


Рис. 2

Функция $f(x)$ называется выпуклой вверх (вниз) на отрезке $[a, b]$, если кажется дуга графика этой функции лежит не ниже (не выше) стягивающей ее хорды.

Более обстоятельно это определение выглядит так [3].

Определение 1. Пусть $y = l(x)$ – уравнение прямой, проходящей через точки $A(x_1; f(x_1))$ и $B(x_2; f(x_2))$. Если $f(x) \geq l(x)$ ($f(x) \leq l(x)$) при $x_1 \leq x \leq x_2$, где x_1 и x_2 – любые точки на отрезке $[a, b]$, то $f(x)$ выпукла вверх (вниз). При этом если $f(x) > l(x)$ ($f(x) < l(x)$) при $x_1 < x < x_2$, то $f(x)$ называется строго выпуклой вверх (вниз).

Из математического анализа известно, что функция непрерывная на отрезке $[a, b]$ и дважды дифференцируемая на интервале (a, b) , является выпуклой вверх (вниз), тогда и только тогда, когда $f''(x) \leq 0$ ($f''(x) \geq 0$) на этом интервале.

Функцию на выпуклость и вогнутость исследуют с помощью второй производной, но в ряде случаев это можно сделать элементарными методами.

Условие выпуклости и вогнутости графика функции заключается в следующем. Пусть функция $y = f(x)$ определена на отрезке $[a; b]$ и график функции на этом отрезке выпуклый (рис. 3). Возьмем на отрезке $[a; b]$ два любых значения аргумента x_1 и x_2 ($x_1 < x_2$). Тогда значениями ординат точек A и B графика функции соответственно будут $f(x_1)$ и $f(x_2)$. Посередине между точками x_1 и x_2 возьмем точку

$$x_0 = \frac{x_1 + x_2}{2}.$$

Тогда

$$f(x_0) = f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right).$$

Так как по условию график функции выпуклый, то для любых значений x_1 и x_2 из отрезка $[a; b]$ точка графика функции C должна лежать

выше точки C_1 хорды AB , то есть $DC > DC_1$. Из трапеции Ax_1x_2B находим ее среднюю линию

$$C_1D = \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}.$$

Таким образом, если график функции $y = f(x)$ выпуклый на отрезке $[a; b]$, то для любых двух значений аргумента x_1 и x_2 из этого отрезка должно выполняться неравенство

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) > \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}. \quad (1)$$

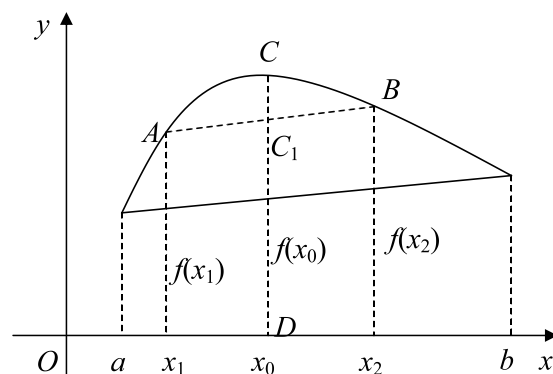


Рис. 3

Аналогично можно показать, что если график функции $y = f(x)$ вогнутый на отрезке $[a; b]$, то для любых значений x_1 и x_2 из этого отрезка выполняется неравенство

$$f\left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right) < \frac{f(x_1) + f(x_2)}{2}. \quad (2)$$

Справедливо и обратное утверждение: если для функции $y = f(x)$, определенной на отрезке $[a; b]$, при всех значениях x_1, x_2 из этого отрезка выполняется неравенство (1), то график функции на этом отрезке выпуклый, а если выполняется неравенство (2), то график функции на этом отрезке вогнутый.

Неравенства (1) и (2) есть необходимое и достаточное условия выпуклости и вогнутости графика функции.

Дадим несколько другой подход к понятию выпуклой функции [1, 2].

Определение 2. Функция f называется выпуклой на промежутке l (l – произвольный промежуток на Ox) если для любого отрезка $[a, b]$, принадлежащего l , и любого числа $\lambda, \lambda \in (0, 1)$, выполняется неравенство

$$f(\lambda a + (1 - \lambda)b) < \lambda f(a) + (1 - \lambda)f(b). \quad (*)$$

Определение 3. Функция f называется вогнутой на промежутке l , если для любого отрезка $[a, b]$, принадлежащего l , и любого числа $\lambda, \lambda \in (0, 1)$, выполняется неравенство

$$f(\lambda a + (1 - \lambda)b) > \lambda f(a) + (1 - \lambda)f(b). \quad (**)$$

Неравенства (*) и (**) называются неравенствами Иенсена. Известен критерий выпуклости функции на промежутке [1]:

Теорема 1. Функция $f(x)$ является выпуклой на промежутке l тогда и только тогда, когда для любых $u, v, u_1, v_1 \in l, u < u_1 < v_1 < v$ и любых $p, q (p, q > 0, p + q = 1)$, таких, что $pu + qv = pu_1 + qv_1$, выполняется неравенство

$$pf(u_1) + qf(v_1) < pf(u) + qf(v). \quad (***)$$

Теорема 2. Если функции f и g являются выпуклыми на промежутке l числовой прямой, то на этом промежутке их сумма $f + g$ также выпукла.

Теорема 3. Если в уравнении

$$pf(u) + qf(v) = pf(u_1) + qf(v_1)$$

функция $f(x)$ является строго выпуклой вверх или строго вогнутой вниз на промежутке X , функции

$$u = u(x), v = v(x), u_1 = u_1(x), v_1 = v_1(x),$$

такие, что при всех x из области определения уравнения (D) их значения содержатся в X и выполняется условие $pu + qv = pu_1 + qv_1$, то заданное уравнение на множестве

$$D_1 = D \cap \{x; u(x) \leq v(x); u_1(x) \leq v_1(x)\}$$

равносильно уравнению

$$u(x) = u_1(x).$$

Задача. Найдите неположительные корни уравнения

$$\sqrt[10]{7+x} + 2\sqrt[10]{\frac{11}{2} - \frac{1}{2}x} = \sqrt[10]{2} + 2\sqrt[10]{8}.$$

Решение

Областью определения заданного уравнения является решение системы

$$\begin{cases} 7+x \geq 0 \\ \frac{11}{2} - \frac{1}{2}x \geq 0, \end{cases}$$

то есть промежутков $[-7; 11]$.

Разделив обе части заданного уравнения на 3 (сумму коэффициентов при радикалах левой или правой частей уравнения), перепишем его в виде

$$\frac{1}{3}\sqrt[10]{7+x} + \frac{2}{3}\sqrt[10]{\frac{11}{2} - \frac{1}{2}x} = \frac{1}{3}\sqrt[10]{2} + \frac{2}{3}\sqrt[10]{8}.$$

Это уравнение имеет вид

$$pf(u) + qf(v) = pf(u_1) + qf(v_1),$$

где $p, q > 0, p + q = 1$,

при этом

$$f(x) = \sqrt[10]{x}, p = \frac{1}{3}, q = \frac{2}{3}, u = \frac{11}{2} - \frac{1}{2}x, \\ v = 7 + x, u_1 = 2, v_1 = 8.$$

Функция $f(x)$ является строго выпуклой вверх на неположительной части числовой прямой. Действительно это так, потому что выполняется условие, отмеченное в теореме 1:

$$\frac{1}{3}(7+x) + \frac{2}{3}\left(\frac{11}{2} - \frac{1}{2}x\right) = \frac{1}{3} \cdot 2 + \frac{2}{3} \cdot 8 \quad (3)$$

$$\frac{7}{3} + \frac{1}{3}x + \frac{22}{6} - \frac{2}{6}x = \frac{2}{3} + \frac{16}{3}$$

$$\frac{14 + 2x + 22 - 2x}{6} = \frac{18}{6}, 6 = 6.$$

Множество D_1 , фигурирующее в теореме 3, для уравнения (3) есть множество $[-7; 0]$.

Таким образом, на отрезке $[-7; 0]$ исходное уравнение равносильно уравнению

$$\frac{11}{2} - \frac{1}{2}x = 8, \text{ откуда } x = -5.$$

Следовательно, найденный корень единственный искомым отрицательный корень исходного уравнения.

Проверка показывает, что $x = -5$ действительно является корнем исходного уравнения.

При $x = -5$ имеем:

$$\sqrt[10]{7-5} + 2\sqrt[10]{\frac{11}{2} + \frac{5}{2}} = \sqrt[10]{2} + 2\sqrt[10]{8},$$

$$\sqrt[10]{2} + 2\sqrt[10]{8} = \sqrt[10]{2} + 2\sqrt[10]{8}.$$

Для самостоятельного решения предлагаем задачи, заимствованные из работы [1].

Задача. Решите уравнение

$$2^{x^2} + 2^{3x-2} = 4^{x^2-1} + 2^{3x-x^2}.$$

Ответ:

$$x = 0, x = \frac{3}{2}, x = \pm\sqrt{2}.$$

Задача. Найдите неотрицательные корни уравнения

$$2\sqrt[4]{10+x} + 3\sqrt[4]{10-\frac{2}{3}x} = 3\sqrt[4]{2} + 2\sqrt[4]{22}.$$

Ответ: $x = 12$.

Задача. Найдите неположительные корни уравнения

$$2\sqrt[4]{10+x} + 3\sqrt[4]{10-\frac{2}{3}x} = 8.$$

Ответ: $x = -9$.

Задача. Решите уравнение

$$\sqrt[4]{1-x} + 2\sqrt[4]{2-x} = 2\sqrt[4]{2,5-1,5x}.$$

Ответ: $x = 1$

Задача. Решите уравнение

$$2\sqrt[4]{x+15} = 6 - \sqrt[4]{18-2x}.$$

Ответ: $x = 1$.

Задача. Решите уравнение

$$\sqrt[5]{1-\sqrt{1-x^2}} + 2\sqrt[5]{1+\sqrt{1-x^2}} - \sqrt[5]{1-x^2} = 2\sqrt[5]{\frac{3}{2}}.$$

Ответ:

$$x = \pm\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Список литературы

1. Калинин С.И. Обучение студентов математическому анализу в целях фундаментализации высшего педагогического образования: монография. – Киров: Изд-во ВятГПУ, 2008. – 353 с.

2. Калинин С.И. О применении выпуклых функций в вопросе решения уравнений // Гуманитаризация среднего и высшего математического образования: состояние, перспективы (методическая подготовка учителя математики в педагогическом вузе в условиях фундаментализации образования: материалы всероссийской научной конференции, г. Саранск, 4–6 октября 2005 г. / под ред Г.И. Саранцева. – Саранск: Изд-во МорГПИ, 2005. – С. 179–180.

3. Математический энциклопедический словарь. – М.: Научное изд-во «Большая российская энциклопедия», 1995. – 847 с.

4. Чучаев И.И., Денисова Т.В. Выпуклые функции и уравнения // Математика в школе. – 2005. – № 5. – С. 41–47.

Химические науки

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ НАНОГИБРИДНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР, ВКЛЮЧАЮЩИХ ПОДЛОЖКИ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С НАНЕСЕННЫМИ НА НИХ ОКСИДАМИ И ОКСИДНЫМИ ВОЛЬФРАМОВЫМИ БРОНЗАМИ ТЕТРАГОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

Вакарин С.В., Семерикова О.Л., Косов А.В., Панкратов А.А., Плаксин С.В., Зайков Ю.П.

*Институт высокотемпературной электрохимии
УрО РАН, Екатеринбург,
e-mail: s.vakarin@ihte.uran.ru*

Ранее электрохимическими методами был изучен механизм формирования отдельных слоев наногибридных систем, включающих подложки из Cu, Ni, Mo, Pt, W, C, Si с нанесенными на них оксидами и оксидными вольфрамовыми бронзами (ОВБ) гексагональной структуры [1,2].

В настоящей работе разработан электрохимический метод получения новых наногибридных систем на основе многослойных структур, включающих подложки из различных материалов с нанесенными на них оксидами и ОВБ тетрагональной структуры. Исследована кинетика осаждения ОВБ на различные подложки с целью определения механизма формирования гибридных наносистем.

Изучено влияние материала подложки, состава расплава, температуры, электрохимиче-

ских параметров на структуру и морфологию полученных систем.

На Pt подложке с целью оценки возможности использования полученных материалов установлены их термические свойства.

Электрохимическими методами исследован механизм формирования отдельных слоев наногибридных систем, включающих подложки из Cu, Ni, Mo, Pt, W, C, Si с нанесенными на них оксидами и ОВБ тетрагональной структуры. На каждом этапе формирования многослойной системы проведены исследования морфологии, состава и структуры.

Составы расплавов: K_2WO_4 – 32,5 мол%, Na_2WO_4 – 32,5 мол%, WO_3 – 35 мол%; K_2WO_4 – 25 мол%, Na_2WO_4 – 25 мол%, WO_3 – 50 мол%; $T=700^\circ C, 750^\circ C$.

Впервые электролизом получены нанокристаллические пленки ОВБ тетрагональной структуры на Pt(110) фольге. Показано, что при всех исследованных условиях на платиновой фольге образуется пленка ОВБ тетрагональной структуры, изоструктурная $Na_{0,2}WO_3$. Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что монослой ОВБ формируется сразу после включения катодного потенциала, впоследствии скорость роста пленки уменьшается из-за увеличения ее сопротивления.

Установлено, что состав и морфология бронзы определяются, главным образом, потенциалом осаждения и концентрацией WO_3 в расплаве. Увеличение катодного потенциала при-