

аустенита и растворение карбида M_6C . Карбид VC является устойчивым к плазменной обработке. Толщина модифицированного слоя увеличивается с ростом количества импульсов и достигает 20 мкм. Концентрация азота на поверхности доходит до 30 ат. %. Наблюдаемые изменения трибологических свойств хорошо согласуются со структурно-фазовыми изменениями. Формирование азотистого аустенита увеличивает износостойкость поверхностного слоя, в то время как растворение упрочняющих карбидов приводит к понижению микротвердости.

Литература

1. *Hiroshi Akamatsu, Tsutomu Ikeda, Kingo Azuma, et al.* Surface treatment of steel by short pulsed injection of high-power ion beam // Surf. Coat. Technol. 2001. V.136. P.269–272.
2. *Valyaev A. N., Kylyshkanov M. K., Pogrebnjak A. D., et al.* Modification of mechanical and tribological properties of R6M5 steel and Be by intense pulsed-ion and pulsed-electron beams // Vacuum. 2000. V.58. P.53–59.
3. *Langner J., Piekoszewski J., Werner Z., et al.* Surface modification of constructional steels by irradiation with high intensity pulsed nitrogen plasma beams // Surf. Coat. Technol. 2000. V.128–129. P.105–111.
4. *Асташинский В. М., Ананин С. И., Аскерко В. В., и др.* Воздействие компрессионных плазменных потоков на углеродистую сталь и кремний // Вакуумная техника и технология. 2002. Т.12. №2. С.91–94.
5. *Геллер Ю. А.* Инструментальные стали. М.: Металлургия, 1983. 527 с.

РАСЧЕТ ГРАВИТАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННОГО СДВИГА ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОЙ КАРТИНЫ В РАМКАХ ЛИНЕАРИЗОВАННОЙ ТЕОРИИ ГРАВИТАЦИИ

И. А. Сивцов

В связи с точными (до 0,1–0,01%) подтверждениями предсказаний общей теории относительности в классической области физики встает вопрос о теоретической и экспериментальной проверке существования и величины эффектов ОТО в существенно квантовых явлениях, в которых явным образом присутствует квантово-механическая нелокальность и другие специфические для этой физики эффекты.

Прогресс атомной и нейтронной интерферометрии за последнее десятилетие позволил достичь беспрецедентной точности измерений основных физических констант и проверки предсказаний различных теорий гравитации. Точность последних экспериментов по проверке слабого принципа эквивалентности в квантовой области достигла единиц 10^{-9} [1]. Если точность подобного рода экспериментов достигнет величин, на порядок больших, появится возможность измерять следующие члены раз-

ложения фазовых сдвигов, индуцированных гравитацией и вращением, по β^2 . В связи с этим интерес представляет изучение зависимости этих величин от формы и размеров интерферометра. Целью данной работы было получение фазового сдвига для интерферометра во вращающейся системе отсчета и в стационарной системе отсчета, зафиксированной в поле Шварцшильда, которое может моделировать гравитационное поле Земли.

Для этого был использован метод точного в первом порядке по линеаризованной гравитации решения обобщенного скалярного уравнения Гросс-Питаевского, пригодного для описания Бозе-конденсата и широкого класса интерференционных систем [2]

$$\left[\nabla_{\mu} \nabla^{\mu} - \frac{m^2 c^2}{\hbar^2} \right] \phi(x) = \beta |\phi(x)|^2 \phi(x),$$

когда решение находится в квадратурах из решения в плоском пространстве времени $\Phi(x)$ как

$$\phi(x) = e^{-i\hat{\chi}} \Phi(x),$$

$$\hat{\chi} = -\frac{1}{4} \int_p^x dz^{\lambda} (\Gamma_{\alpha, \lambda \beta}(z) - \Gamma_{\beta, \lambda \alpha}(z)) \hat{J}^{\alpha \beta}(z) + \frac{1}{2} \int_p^x dz^{\lambda} h_{\lambda \beta}(z) \hat{P}^{\beta},$$

где $\hat{J}^{\alpha \beta}(z)$ – генераторы группы Лоренца:

$$\hat{J}^{\alpha \beta}(z) F(x) = i \left((x^{\alpha} - z^{\alpha}) \partial^{\beta} F(x) - (x^{\beta} - z^{\beta}) \partial^{\alpha} F(x) \right),$$

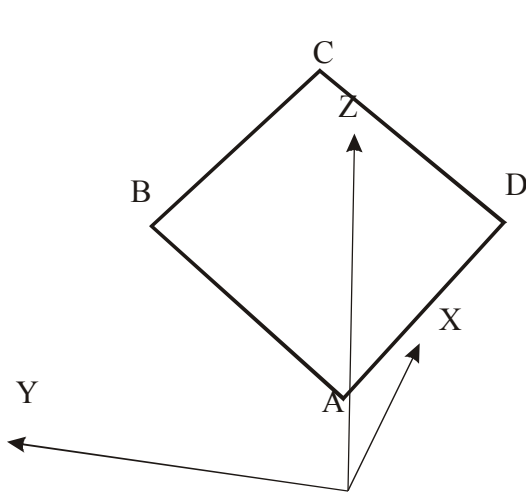


Рис. 1 Интерферометр во вращающейся системе отсчета

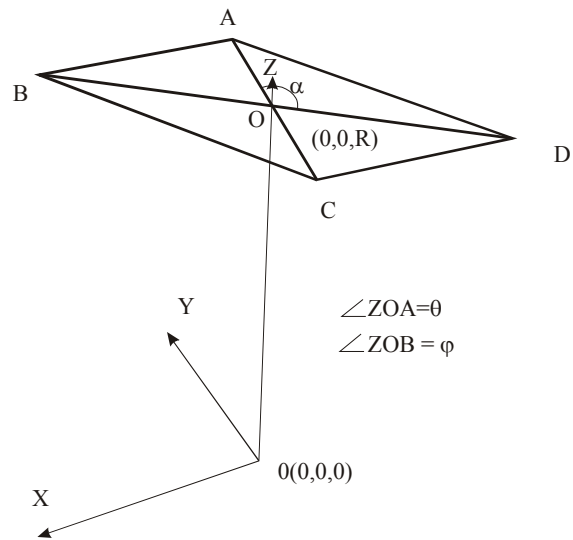


Рис. 2 Интерферометр в поле Шварцшильда

а \hat{P}^α – генераторы группы сдвигов:

$$\hat{P}^\alpha F(x) = i\partial^\alpha F(x),$$

и для $h_{\alpha\beta}$, $\Gamma_{\alpha,\lambda\beta}$ использованы обычные обозначения:

$$h_{\alpha\beta} = g_{\alpha\beta} - \eta_{\alpha\beta} \quad |h_{\alpha\beta}| \ll 1 \quad \eta_{\alpha\beta} = \text{diag}(-1, 1, 1, 1),$$

$$\Gamma_{\alpha,\lambda\beta} = \frac{1}{2} (h_{\alpha\lambda,\beta} + h_{\alpha\beta,\lambda} - h_{\lambda\beta,\alpha}).$$

Полученные результаты находятся в противоречии с широко распространенными полуклассическими оценками по методу Анандан [3], отличаясь от них коэффициентами при членах, пропорциональных β^2 . Так, например, для интерферометров, изображенных на рис. 1 и 2, получены результаты, сведенные в таблицу. Для сравнения в левой колонке приведены результаты, получаемые по методу Анандан. Через $v = \beta c$ обозначена скорость частиц.

Таблица

Результирующие фазовые сдвиги для интерференции частиц массы m по методам Анандан и использованным в данной работе

Джива Анандан и др.	Полученный результат
Вращение с угловой скоростью ω для квадратного интерферометра со стороной l в плоскости вращения	
$\Delta\chi = -\frac{l^2 m \omega}{\hbar} \left(2 + \frac{v^2}{c^2} \right)$	$\Delta\chi = -\frac{l^2 m \omega}{\hbar} \left(2 + \frac{1}{2} \frac{v^2}{c^2} \right)$
В метрике Шварцшильда ромбический (1) или прямоугольный (2) интерферометр с одной стороной, перпендикулярной ускорению свободного падения g , площади S_0 , с плоскостью, наклоненной под углом δ , для частиц с длиной волны λ	
<p>(1, 2):</p> $\Delta\chi = 2\pi\lambda \frac{g}{h^2} m^2 S_0 \sin[\delta] \times$ $\times (1 + \beta^2) + O\left(\frac{1}{R^3}, \beta^4\right)$	<p>1:</p> $\Delta\chi = 2\pi\lambda \frac{g}{h^2} m^2 S_0 \sin[\delta] \times$ $\times \left(1 + \beta^2 \frac{5a^2 - 3b^2}{2(a^2 + b^2)} \right) + O\left(\frac{1}{R^3}, \beta^4\right)$ <p>(2):</p> $\Delta\chi = 2\pi\lambda \frac{g}{h^2} m^2 S_0 \sin[\delta] \times$ $\times (1 + \beta^2/2) + O\left(\frac{1}{R^3}, \beta^4\right)$

Литература

1. *Peters A., Chung K. Y., and Chu S.* Measurement of gravitational acceleration by dropping atoms. // *Nature (London)*. 1999. V. 400. P. 849–852.
2. *Cai Y. Q. and Papini G.* Particle interferometry in weak gravitational fields. // *Class. Quantum Grav.* 1989. V. 6. P. 407–418.
3. *Anandan J.* Gravitational and rotational effects in quantum interference. // *Phys. Rev. D*. 1976. V. 15. №6. P. 1448–1457.

СТРУКТУРА И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЫСТРОЗАТВЕРДЕВШИХ ФОЛЬГ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ, ЛЕГИРОВАННЫХ НИКЕЛЕМ И ХРОМОМ

П. А. Сивцова

Переходные металлы слабо растворимы в алюминии. В то же время сплавы с повышенным их содержанием обладают улучшенной прочностью и твердостью, коррозионной и термической стойкостью. Достичь высокого содержания переходных металлов в алюминиевом твердом растворе можно, применяя методики сверхбыстрого охлаждения из расплава.

Целью данной работы было исследование структуры, механических и электрических свойств быстрозатвердевших тройных сплавов Al-Ni-Cr. Никель и хром не являются традиционными присадками к алюминию, в связи с чем их влияние на свойства алюминиевых сплавов исследовано не так полно, как влияние традиционных компонент типа меди, кремния или лития. Вопрос же взаимного влияния никеля и хрома в твердом растворе на основе алюминия практически не рассматривался в литературе [1, с. 239–240], поведение системы Al-Ni-Cr в области, богатой алюминием, исследовано слабо, еще хуже известны свойства сплавов, модифицированных термической обработкой и/или полученных методами СБЗР [2; 3].

В данной работе был произведен рентгеноструктурный анализ быстрозатвердевших сплавов системы Al-Ni-Cr с преобладанием алюминия, исследованы их электрические (термоЭДС, электросопротивление) и механические (микротвердость) свойства, и выяснены основные закономерности модификации свойств этих сплавов при отжиге.

В работе исследовались фольги сплавов Al-1,7Ni-0,44Cr, Al-0,85Ni-0,22Cr, Al-0,42Ni-0,11Cr (масс. %) толщиной 30...80 мкм, полученные сверхбыстрой закалкой из жидкой фазы при инжектировании капли расплава на внутреннюю полированную поверхность вращающегося медного цилиндра. Структура полученных фольг исследовалась методами рентгеноструктурного анализа на дифрактометре ДРОН-3М. Микротвер-