

nanoparticles obtained at DCAP and ageing at 400°C is 2,1-2,3 microohm-cm, that exceeds electrical resistance of quenched alloy only slightly (Fig. 8b)

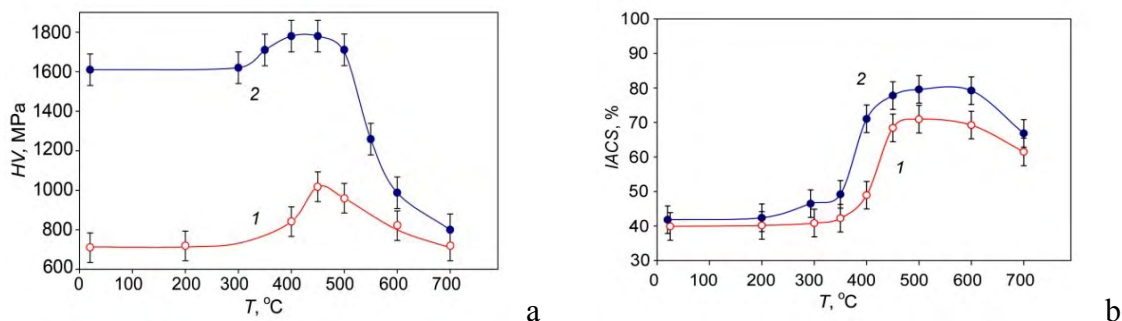


Figure 8. Ageing temperature effect onto micro-hardness (a) and electrical conductivity (b) of alloy Cu-0.14Cr-0.04Zr on quenching from 1000°C- (1) and DCAP - (2)

We conducted investigations on effect of additional quasistatic severe plastic deformation at slipping friction onto evolution of structure and properties of economically-doped precipitation-hardening alloys based on Cu-Cr-Zr system obtained with DCAP. By the example of Cu-0.09Cr-0.08Zr alloy it is stated that wear intensity of specimens with submicrocrystalline structure obtained at DCAP is reduced by 1.4 times as compared with coarse crystalline state. It is stated that combined treatment DCAP+400°C+severe plastic deformation at friction results in formation of surface nanocrystalline layer with crystallites 15–30 nm in size in the material, that provides high-level hardness (3350 MPa) and satisfactory tribological properties of alloys. The conducted works result in a conclusion about potentials for application of the developed technology as a candidate for obtaining materials with enhanced physical and mechanical properties.

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ УДАРНЫХ ВОЛН

А.С. Соколов, Д.А. Кондрашов, С.П. Кожарский, Г.А. Бубнов

Федеральный научно-производственный центр "Алтай", Бийск, Алтайский край, Россия

На предприятии АО «ФНПЦ «Алтай» ведется отработка новых составов и боевых частей. Для оценки эффективности их действия необходимо проводить измерения параметров воздушной ударной волны. Таким образом возникла необходимость разработки информационно-измерительной системы.

По результатам научно-технического поиска было выяснено, что наиболее актуальным методом измерения параметров воздушной ударной волны является тензометрический. На основании этого метода разработана информационно-измерительная система (ИИС) АРМ «ВУВ».

Система регистрирует создаваемое при взрыве давление и позволяет оценить следующие параметры:

- импульс фазы сжатия воздушной ударной волны, J_+ ;
- избыточное (пиковое) давление на фронте ВУВ в заданных точках регистрации, ΔP_m ;
- среднюю скорость распространения фронта ВУВ между двумя точками регистрации по лучу измерения, V_ϕ [1].

На основании полученных результатов обработки профиля ВУВ определяется тротиловый эквивалент испытываемого ВВ.

В состав ИС входят:

- методика выполнения измерений ВУВ при полевых испытаниях;
- тензометрические датчики;
- измерительный блок;
- специальное программное обеспечение (ПО АРМ).

В измерительной системе давление определяется тензометрическим методом, основанным на преобразовании измеряемого параметра в изменение сопротивления тензорезисторов с последующим преобразованием в аналоговый электрический сигнал, который, далее, в измерительном блоке (ИБ) преобразуется АЦП и поступает в системы цифровой записи, обработки и отображения информации [2].

Оцифрованные результаты регистрации получают в виде значений напряжения в моменты времени, определенные частотой опроса датчика, а затем пересчитываются в текущее значение параметра с использованием индивидуальной градуировочной характеристики датчика (ГХД). Далее специализированное ПО АРМ рассчитывает параметры ВУВ: J_+ , ΔP_m , V_ϕ .

Результаты измерения выдаются в виде таблиц и (или) графиков и заносятся в базу данных по результатам испытаний изделий.

На рисунке 1 представлена структурная схема измерительной системы.

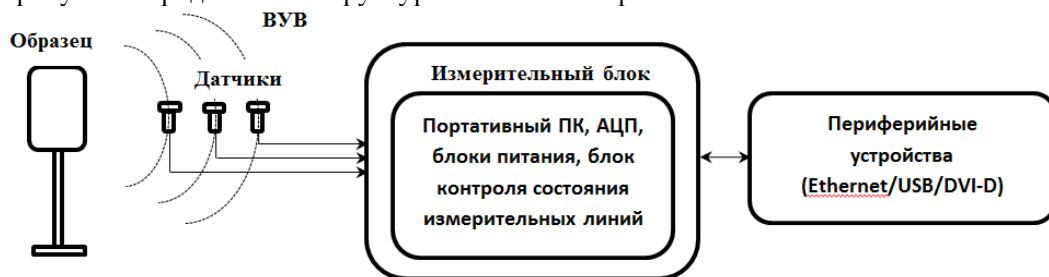


Рисунок 1. Структурная схема ИС определения параметров воздушных ударных волн

ИБ включает в себя АЦП (с частотой опроса до 2,5 МГц на канал), портативный компьютер, устройства контроля измерительных линий и блоки питания. ИБ выполнен в форме автономного законченного прибора с питанием 220 В.

Для взаимодействия с пользователем допускается подключение периферийных устройств по DVI и USB-интерфейсу, либо удаленное подключение по Ethernet.

Основные технические характеристики системы измерения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Технические характеристики системы измерений

Характеристика	Значение
Количество каналов измерения давления	8
Диапазон измерения давления, кгс/см ²	0...8
Максимальный диапазон входных сигналов для тензометрических каналов, В	±3
Пределы допускаемой приведенной погрешности, для потенциометрических измерительных каналов, %	±0,25
Собственная частота датчика, Гц	20000
Максимальная частота преобразования АЦП, МГц	10
Сопротивление моста датчика, Ом	0...400

Система измерения АРМ «ВУВ» предназначена для эксплуатации в следующих климатических условиях:

- температура окружающей среды при проведении измерений от плюс 5°С до плюс 55°С;
- относительная влажность атмосферы окружающего воздуха до 90% при температуре 25°С.

При помощи разработанного ПО и блока контроля достигнута возможность дистанционной проверки состояния измерительной линии (порядок подключенных датчиков, целостность подкидных линий, наличие питания датчиков).

На рисунке 2 представлен график давления ВУВ, зарегистрированного четырьмя датчиками, находящимися на разном удалении от образца.

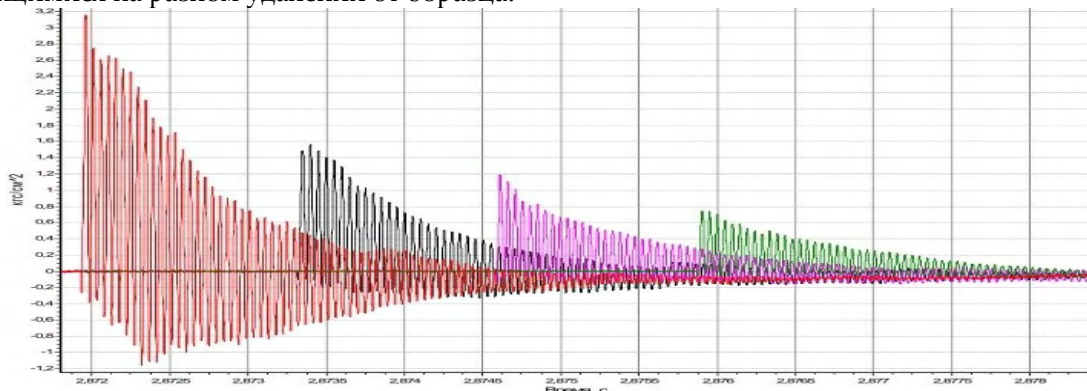


Рисунок 2. Графики давления ВУВ, зарегистрированного четырьмя датчиками

Результаты измерений параметров оценочных изделий представлено в таблице 2.

Таблица 2. Результаты измерений

№п/п	1	2	3	4
Время прихода ВУВ, с	2,8719	2,8733	2,8745	2,8758
Пиковое давление, кгс/см ²	1,61	0,86	0,56	0,37
Импульс, кгс·мкс/см ²	523,40	382,31	321,47	264,52
Длительность фазы сжатия, мкс	955,95	1346,97	1770,98	1921,02
Скорость фронта, м/с		469,65	433,41	427,02

Погрешность измерения соответствует расчетным данным.

Обработка результатов измерений проводится по данным регистрации процесса, исходным данным, введенным на АРМ «ВУВ», результатам поверки средств измерения и включает следующие этапы:

- перевод зарегистрированных значений напряжения в значения параметра для каждого измерительного канала;
- расчет параметров ВУВ для каждого измерительного канала;
- представление результатов обработки в виде графиков и таблиц и запись в базу данных результатов измерений.

Оценка качества измерения параметров ВУВ заключается в оценке профиля ударной волны.

Профиль ВУВ для компактных зарядов ВВ без оболочек описывается при $\Delta P < 8$ кг/см² эмпирическим уравнением вида:

$$\Delta p(t) = \Delta P_m \cdot \left(1 - \frac{t}{t_+}\right) \cdot e^{-\alpha \frac{t}{t_+}}, \quad (1)$$

где $\Delta p(t)$ – текущее избыточное давление ударной волны;

ΔP_m – максимальное (пиковое) давление во фронте ВУВ;

t_+ – длительность положительной фазы сжатия ВУВ;

α – безразмерный коэффициент, который имеет функциональную зависимость от ΔP_m и t_+ .

На рисунке 3 показано расхождение между регистрируемым сигналом (пунктирная линия) и обработанным (сплошная линия).

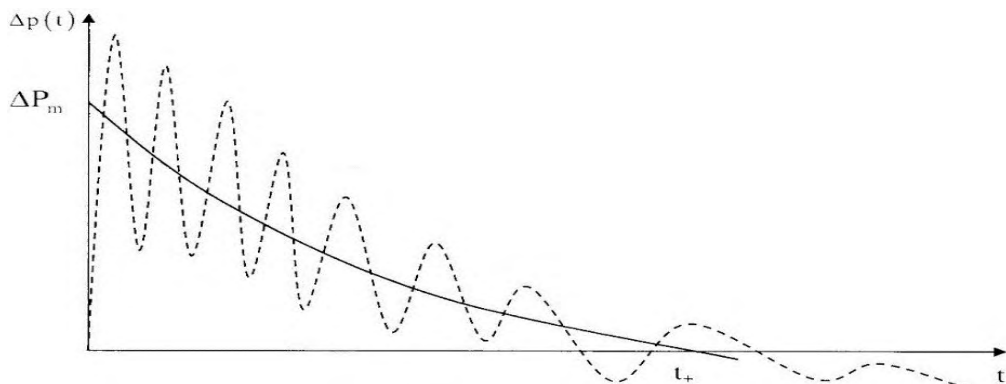


Рисунок 3. Регистрируемый (пунктирная линия) сигнал и обработанный (сплошная)

Профиль ВУВ, учитывая высокую динамичность регистрируемого процесса, на входе АЦП искажен наложением колебаний с собственной частотой датчика.

По обработанной кривой профиля зарегистрированного процесса от собственной частоты датчика и испытательной оснастки определяется полный импульс положительной фазы сжатия ВУВ (профиль зарегистрированного процесса без сглаживания и фильтрации):

$$J_+ = \int_{t_0}^{t_+} \Delta P(t) \cdot dt, \quad (2)$$

где J_+ – импульс фазы сжатия воздушной ударной волны;

$\Delta P(t)$ – текущее избыточное давление ударной волны в фиксированной точке;

t_0 – время начала процесса;

t_+ – длительность положительной фазы сжатия импульса.

В настоящее время реализованная на АО «ФНПЦ «Алтай» система является единственным эффективным средством для определения параметров ВУВ в полевых условиях и в настоящее время успешно применяется.

Список литературы

1. Кулев С.Ю., Шалюта В.Н., Абрамова В.И., Цой Л.Д., Филиппов В.П. Автоматизированный измерительный комплекс для определения параметров воздушной ударной волны: Тезисы V Международной конференции НЕМ's-2010. – С. 75-62.
2. Кулев С.Ю., Шалюта В.Н., Абрамова В.И., Цой Л.Д., Филиппов В.П. Автоматизированный аппаратно-программный комплекс измерения параметров воздушных ударных волн при испытаниях высокоэнергетических составов и изделий на их основе // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм гражданское применение: Тезисы VI Международной конференции НЕМ's-2012. – С. 77-78.

MEASUREMENT SYSTEM PARAMETERS OF AIR IMPACT WAVES

A.S. Sokolov, D.A. Kondrashov, S.P. Kozharsky, G.A. Bubnov

Federal Research and Production Center "Altai", Biysk, Altai Krai, Russia

The enterprise "Federal Research and Production Center "Altai " develops new compositions and weapon heads. To assess the effectiveness of their performance it is necessary to measure the parameters of the air shock wave. Thus, it became necessary to develop an information-measuring system.