

## **ВЫСОКОЕ ДАВЛЕНИЕ КАК СПОСОБ МОДИФИКАЦИИ ФИЗИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ**

**Волков А.Ю. д.т.н.**

заведующий лабораторией прочности Института физики металлов УрО РАН  
*volkov@imp.uran.ru*

Разработка новых технологий для существенного повышения функциональных свойств различных материалов составляет одну из основных задач материаловедения. Для решения различных практических задач мы проводим экспериментальные исследования физико-механических свойств и структурно-фазовых превращений в атомно-упорядоченных сплавах, интерметаллидах и многокомпонентных композитах, занимаемся изучением влияния интенсивных деформационных воздействий на сплавы магния, а в последнее время активно работаем в области биофизики - изучаем влияние высокого давления на увеличение сроков годности пищевых продуктов, на скорость прорастания семян и урожайность растений.

Золотомедные сплавы вблизи эквиатомного состава используются в технике в качестве проводников слабых электрических сигналов в приборах управления авиакосмической техники. Однако, на приборостроительном заводе, где осваивается производство контактов из этих сплавов, был выявлен большой процент брака, а технологи не понимали всех тонкостей происходящих в материале структурно-фазовых превращений. Поэтому задача, которая стояла перед нами в ходе работы, состояла не только в разработке новых подходов к получению в этих сплавах высокопрочного состояния с низким удельным электросопротивлением, но и научить персонал пониманию основ перестройки структуры в ходе атомного упорядочения. Работы проводились на сплаве Cu-56ат.%Au, который используется в технике под маркой ЗлМ-80. В результате проведенных исследований было выявлено аномальное поведение прочностных свойств: в ходе отжига при температуре 250° предел текучести исходно деформированного сплава повышается до  $\sigma_{0.2}=995$  МПа, удлинение до разрыва при этом составляет  $\delta=5\%$ , удельное электросопротивление:  $\rho=9.5 \cdot 10^{-8}$  Ом м. Обнаруженное явление связано с медленной рекристаллизацией в процессе превращения беспорядок→порядок, в результате чего формируется атомно-упорядоченная структура с размером кристаллитов ~80 нм и с высокой плотностью дислокаций. Кроме того, установлено, что образцы, упорядоченные в поле внешних сил (сжимающих или растягивающих напряжений), имеют различные механические свойства. Таким образом, разработан способ эффективно управлять свойствами материала.

За последние пять лет по этой тематике опубликовано 3 статьи в журналах, индексируемых в Q1 WoS, и оформлено 3 патента РФ. Исследования были поддержаны РФФИ и РНФ.

Анализ научных публикаций выявил значительный интерес зарубежных ученых к изучению функциональных свойств интерметаллидов AuAl<sub>2</sub> и PtAl<sub>2</sub>. Однако, в нашей стране даже не существует технологии их получения. Эти соединения используются в технике: AuAl<sub>2</sub> является оптическим фильтром (вырезает инфракрасную и ультрафиолетовую части спектра), а покрытие из PtAl<sub>2</sub> в разы увеличивает срок службы лопаток турбин авиадвигателей. Нами был предложен способ получения этих интерметаллидов с помощью механосинтеза: кручением под высоким давлением или помолом в шаровой мельнице смеси порошков Al+Pt. В результате экспериментов получены наноразмерные порошки

искомых интерметаллидов. Показано, что введение небольшой добавки меди в интерметаллид  $AuAl_2$  обеспечивает некоторое повышение пластичности без потери оптических свойств.

По этому направлению опубликовано 2 статьи в журналах из базы Q1 WoS.

Магниевые сплавы представляют интерес для различных практических приложений, однако они недостаточно пластичны (удлинение до разрыва:  $\delta=6\div 8\%$ ). Были разработаны и апробированы следующие способы деформационного воздействия: поперечное выдавливание, обратное выдавливание и гидроэкструзия. Это вызывает резкое измельчение зерна и ослабление базисной текстуры и, как результат, пластифицирует материал. Показано, что полученная в результате поперечного выдавливания тонкая Mg-лента обладает повышенной пластичностью ( $\delta=22\%$ ). Как результат, нами была впервые проведена прокатка магния при комнатной и криогенной температурах до получения тонкой фольги. Метод обратного выдавливания позволяет формировать тонкостенные стаканчики – прообраз легких батареек. Методом гидроэкструзии получены Cu/Mg- и Cu/Mg/Al-композиты с различным количеством тонких и высокопрочных жил в медной оболочке, что интересно для электротехники.

По этой тематике опубликовано 5 статей в журналах Q1 WoS и оформлен патент РФ. Исследования были поддержаны РФФИ (2 проекта).

Было предложено использовать аппараты высокого давления – гидростаты для обработки пищевых продуктов с целью значительного увеличения сроков их хранения (барообработка). В нашей стране барообработка как технология в пищевой промышленности практически неизвестна. Перед нами снова стояла задача по популяризации научных достижений и внедрению новых технологий. Эксперименты проводились на различных мясных полуфабрикатах: колбасе, сосисках, курином фарше и др. Установлено, что барообработка позволяет значительно сократить или полностью избавиться от наличия вредных микроорганизмов: возбудителей листериоза, кишечной палочки, сальмонеллы и большинства плесневых грибов. Выявлено значительное повышение срока годности свежесжатых соков и смузи: от 3 дней до 2 недель. В настоящее время ведется активная работа с представителями бизнеса для внедрения этой технологии в пищевую промышленность, разрабатываются стандарты предприятия и ГОСТы. Проведены эксперименты по выяснению влияния обработки высоким давлением на скорость прорастания семян и урожайность растений. Показано, что в результате барообработки семян расторопши давлением 10 МПа фаза цветения начинается раньше на 3 дня; сбор лекарственного растительного сырья можно начинать раньше на 1 неделю. Это позволяет расширить ареал посева этой культуры в сторону северных районов. Установлено, что барообработка семян томатов повышает урожайность на 64%.

Исследования по этому направлению были поддержаны РФФИ и РФФИ. В настоящее время оформляется междисциплинарный проект РФФИ.

Таким образом, все проводимые исследования направлены на их практическое использование: ведется поиск способов упрочнения проводников слабых электрических сигналов на основе золотомедных сплавов; отрабатываются способы синтеза функциональных интерметаллидов; разрабатываются способы деформационной обработки магниевых сплавов; получены многожильные композитные провода Cu/Mg и Cu/Mg/Al; доведен до внедрения новый физический способ воздействия на пищевые продукты и семена – обработка высоким гидростатическим давлением.