

## ПРОЗРАЧНЫЙ МЕТАЛЛ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЙ

Одним из наиболее мощных методов исследования напряжений, возникающих в тех или иных деталях конструкций, является оптический метод, заключающийся в изучении оптической активности подвергнутого воздействию образца. Вследствие непрозрачности металлов такие исследования неизбежно проводятся на моделях из прозрачного материала. Поскольку для моделирования употребляются аморфные материалы (стекло, пластмассы и т. п.), круг вопросов, доступных исследованию этим методом, ограничен задачами, в которых можно пренебрегать структурой

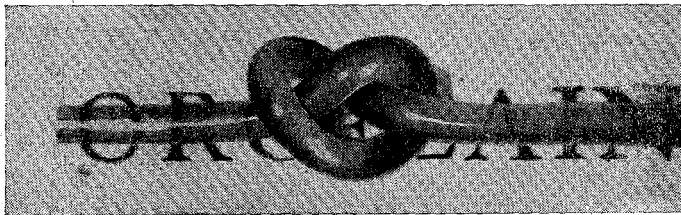


Рис. 1. Пруток из хлористого серебра, связанный руками в узел.

металла и рассматривать его как изотропное однородное тело. Тем самым из рассмотрения выпадают такие важнейшие явления, как наклёп, усталость, криз, остаточные напряжения, рекристаллизация, а также все вопросы обработки металла как горячей, так и холодной. Поэтому наиболее актуальной задачей, с точки зрения дальнейшего развития метода в направлении непосредственного удовлетворения запросов производства, является задача отыскания прозрачных материалов, обладающих полукристаллической структурой, подобной структуре металлов, и механическими свойствами, близкими к свойствам металлов. Эта задача успешно разрешена в Ленинградском физико-технологическом институте Академии Наук.

СССР А. В. Степановым\*). Ещё в 1933 г. им было установлено, что галлоидные соли серебра и таллия и различные сплавы на их основе полностью удовлетворяют этим требованиям. С точки зрения микроструктуры и механических свойств эти вещества, типичным представителем которых является хлористое серебро  $\text{AgCl}$ , полностью имитируют металлы и, будучи прозрачными, с полным правом могут называться «прозрачными металлами».

Согласно исследованиям А. В. Степанова хлористое серебро, кристаллизующееся в кубической системе, образует однородные прозрачные поликристаллические образцы, легко поддающиеся всем видам применяемой к металлам горячей и холодной обработки, включая литьё, штамповку, отжиг, резание и т. д. Так же, как и в случае металлов, варьируя методы обработки, можно видоизменять кристаллическую структуру образца, изготовленного из  $\text{AgCl}$ , и, тем самым, его механические свойства.

Детальное изучение механических свойств хлористого серебра показало, что при комнатной температуре они аналогичны свойствам меди, ослабленной примерно в десять раз. Соответственно этому внешне оно напоминает свинец — легко гнётся, царапается ногтем и т. п. На рис. 1 приведена фотография отожжённого поликристаллического прутка из хлористого серебра, диаметром 3 мм, связанного руками в узел (при комнатной температуре). Так же, как и металлы, хлористое серебро обладает способностью к упрочнению в результате пластической деформации (наклёп), которое может быть снято путём отжига либо в результате простого снятия напряжения (отдыха), либо в результате рекристаллизации. При комнатной температуре процессы, ведущие к снятию наклёпа, практически отсутствуют — наблюдалось сохранение наклёпа в течение двух лет.

Модуль Юнга прессованного образца в состоянии наклёпа составляет около  $4500 \text{ кг/мм}^2$ .

В отсутствии напряжений кристаллы хлористого серебра оптически изотропны. Под действием внешних нагрузок в них возникает двойное лучепреломление, исчезающее по снятию нагрузки. Остаточные внутренние напряжения в образце сопровождаются и остаточным двойным лучепреломлением, исчезающим (вместе с напряжениями) в результате соответствующей термической обработки.

Поскольку хлористое серебро разлагается светом, изделия из него обычно имеют желтоватый или фиолетовый цвет с маслянистым блеском,



Рис. 2. Фотография крупнокристаллического образца под нагрузкой, полученная при скрещенных николях.

\*) ЖТФ 19, 205 (1949).

Употребление светофильтров, срезающих актиничную часть спектра, позволяет избежать окрашивания образцов.

То, что хлористое серебро и другие «прозрачные металлы» обладают структурой, механическими свойствами и механизмом перераспределения напряжений под воздействием внешних факторов, качественно подобными тем, которыми обладают металлы, делает их незаменимыми для целей моделирования и открывает перед оптическими методами изучения напряжений в металлах совершенно новые возможности. С их помощью могут исследоваться такие, недоступные ранее, процессы, как взаимодействие между зёрнами, поведение отдельных зёрен и границ между ними, релаксационные процессы, рекристаллизация, отдых, кинетика процессов обработки, таких как ковка, прокатка, отжиг, резание (резцом из «прозрачного металла» большей твёрдости — детали из «прозрачного металла» меньшей твердости), остаточные напряжения и т. д.

В качестве примеров применимости «прозрачного металла» для исследования подобного рода автор приводит ряд результатов проведённого им изучения остаточных напряжений, возникающих в результате прессования, и их изменения во времени, напряжений при растяжении и круговом изгибе поликристаллического образца, а также поведение отдельных зёрен в крупнокристаллическом образце при сжатии и растяжении. В последнем случае им отмечено, что несмотря на однородность заданного внешнего напряжения, напряжения внутри образца меняются от точки к точке и по величине и по направлению, причём не только от зерна к зерну, но и в пределах одного зерна.

На рис. 2 приведена полученная автором фотография (со светофильтром) крупнокристаллического образца под нагрузкой, полученная при скрещённых николях (напряжение  $820 \text{ г/мм}^2$ , площадь  $8 \times 2 \text{ мм}^2$ ; оси николей расположены под углом  $45^\circ$  к направлению растяжения). Этот снимок, на котором отчётливо видны границы между зёрнами, даёт представление о напряжённых состояниях отдельных участков образца, определяемых не только внешними силами, но и взаимодействием зёрен (анизотропия упругих констант кристалла). Особенно наглядно эта картина выступает на приведённой в работе цветной фотографии.

Автор указывает, что при малых нагрузках снятие нагрузки ведёт к исчезновению картины. Но если нагрузка превышает некоторую (малую) величину, то наблюдаются остаточные напряжения, локализованные главным образом вдоль границ зёрен и линий сдвигов, если напряжение было достаточно для их образования.

Автор указывает, что необходимы дальнейшее изучение свойств «прозрачных металлов» и разработка законов моделирования и подобия. Нет сомнения, что уже в ближайшем будущем применение «прозрачных металлов» для целей изучения процессов, происходящих в реальных металлах, позволит разрешить ряд конкретных задач, имеющих огромное практическое значение.