

ТЕХНИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Действительный член АН БССР С. И. ГУБКИН и С. И. ДОБРОВОЛЬСКИЙ

**ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОПЛАСТИЧНОСТИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ**

А. В. Степанов ⁽¹⁾ показал, что галоидные соли серебра и таллия и различные сплавы на их основе, будучи прозрачными, обладают кристаллической структурой и механическими свойствами, подобными структуре и механическим свойствам металлов. Им показана также возможность изучения в поляризованном свете поликристаллов AgCl в процессе их пластической деформации. С. О. Цобкалло, воспользовавшись указанным свойством поликристалльного хлористого серебра, изучал пластическое поведение этого вещества при помощи поляризованного света ⁽²⁾.

Авторами настоящей статьи экспериментально обнаружено, что не только галоидные соли некоторых металлов, но и вещества органического происхождения различной структуры остаются оптически активными при их пластической деформации. В зависимости от структуры и состава оптически активные вещества органического происхождения показывают резко различное поведение при пластической деформации. Например, некоторые из изучавшихся веществ обладают исключительной релаксационной способностью: малейшее изменение режима нагружения вызывает немедленное изменение напряженного состояния. В таких веществах не удастся обнаружить остаточных напряжений после их разгрузки, независимо от степени примененной пластической деформации. Наоборот, другие вещества как бы „замораживают“ после разгрузки то напряженное состояние, которое имело место при их пластическом течении. Снятие напряжений после разгрузки происходит сравнительно медленно и, в конечном счете, остаются значительные остаточные напряжения. Таким образом, в настоящее время можно говорить не только о фотоупругости как методе изучения напряженного состояния при упругих деформациях вещества, но и о фотопластичности как методе изучения напряженного состояния вещества при его пластических деформациях. Возможность такого изучения станет понятной, если принять во внимание, что пластическая деформация всегда сопровождается деформацией упругой. Эту сопровождающую упругую деформацию мы и наблюдаем при рассмотрении в поляризованном свете пластически деформируемых моделей. Эта деформация в каждой точке пластически деформируемого тела определяет его напряженное состояние в той же точке. Разница между упруго деформируемыми и пластически деформируемыми подобными телами при одной и той же схеме нагружения заключается в различном распределении упругих деформаций при пластическом и при упругом формоизменении тела.

Метод фотопластичности, благодаря наличию различных оптически активных веществ, показывающих различное поведение при пластической деформации, может быть применен для моделирования процессов обработки металлов давлением.

В настоящей работе показывается возможность подобного применения на примере пластической деформации одного из исследованных

нами веществ органического происхождения. Это вещество отличается значительной упругостью и в случае обычно применяемых методов его изготовления дает только большие упругие деформации при сохранении оптической активности. Однако при 30—40% упругой деформации оптическая активность теряется и цветная картина распределения напряжений пропадает. Пластически деформировать такое вещество в случае обычных методов его изготовления невозможно: оно разрушается при 40—50% упругой деформации без каких-либо признаков остаточной деформации. Однако в случае дополнительной несложной обработки это вещество получает возможность пластически изменять свою форму в случае весьма малых скоростей деформирования.

В процессе пластического формоизменения происходит значительное упрочнение вещества. При освобождении пластически деформируемого вещества от нагрузки, изучаемое вещество показывает частичное снятие тех напряжений, которые имели место при его пластическом течении. Одновременно происходит некоторое восстановление размеров, измененных деформацией. После разгрузки напряжения продолжают сниматься в течение некоторого времени. Размеры тела также изменяются. Постепенно снятие напряжений и изменение размеров затухает и через несколько дней после разгрузки снятие напряжений, равно как и изменение размеров, прекращается и устанавливается окончательная картина распределения остаточных напряжений, а также устанавливаются окончательные размеры тела, позволяющие вычислить его пластическую деформацию.

Изучаемое вещество весьма удобно для моделирования различных явлений, наблюдаемых при обработке металлов давлением, а также для изучения процессов деформации, происходящих при указанной обработке металлов.

В качестве примера приведем моделирование двух процессов — осаждения и истечения.

Для осаждения применялся плоский образец, высотой 15 мм, шириной 10 мм и толщиной 7 мм. Этот образец помещался в прозрачный прибор и пуансоном, изготовленным из висхамлита, производилась деформация образца. Образец нагружался постоянной нагрузкой, ступенями, через длительные промежутки времени. Нагружение производилось в течение 4 дней. За это время образец изменил свою высоту до 9 мм (под нагрузкой). После разгрузки высота образца весьма быстро восстановилась до 10 мм, а затем шло медленное восстановление высоты до 10,5 мм. Таким образом, степень пластической деформации образца по высоте была 30,0%.

На рис. 1 изображена цветная картина, показывающая распределение напряжений в нагруженном образце при различных степенях его течения. На рис. 1, а образец имеет высоту под нагрузкой 11 мм, а на рис. 1, б — высоту 9 мм. На рис. 1, в цветная картина показывает распределение остаточных напряжений в пластически деформированном образце после принятия им окончательной формы.

Интересно отметить несимметричную картину распределения напряжений при пластическом сжатии. Это обстоятельство вызвано тем, что по техническим причинам мы в данных экспериментах не смогли обеспечить одинаковые условия трения на нижней и верхней контактных поверхностях давящих бойков, которые были изготовлены из разного материала, почему, несмотря на применение смазки, было некоторое различие в условиях трения. Полученная несимметричная картина распределения напряжений показывает, что эксперименты по изучению распределения пластических деформаций в металлах должны исполняться с особой тщательностью, так как самая незначительная погрешность незамеченная экспериментатором, может привести к неправильным выводам.



Рис. 1а

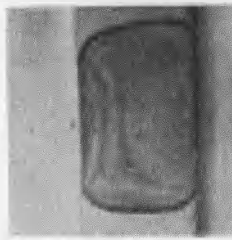


Рис. 1б

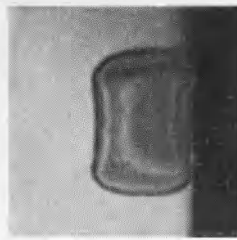


Рис. 1в

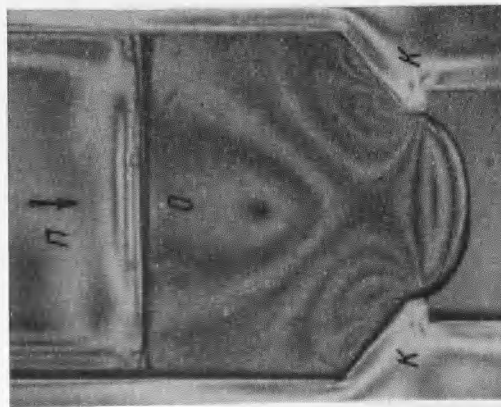


Рис. 2а

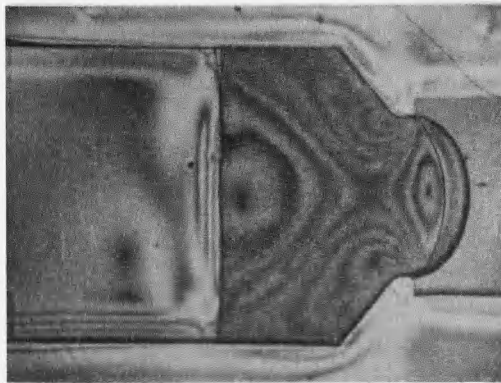


Рис. 2б

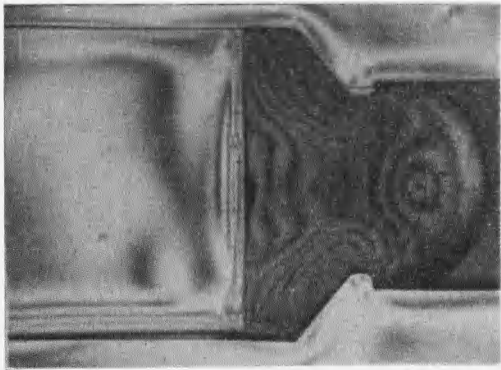


Рис. 2в

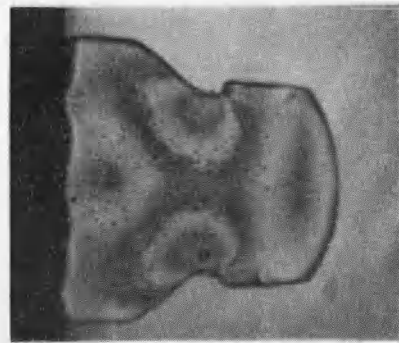


Рис. 3а

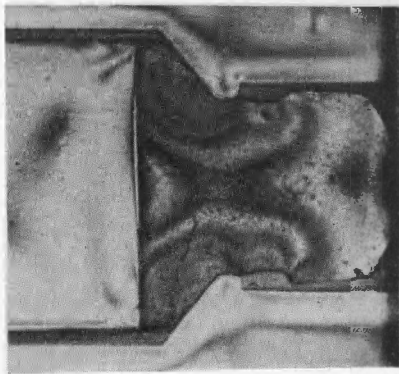


Рис. 3б

Если исключить влияние различных условий трения, то приведенным экспериментом подтверждается мнение о том, что объем образца разделяется на три части: а) части, прилегающие к бойку (их часто называют конусами скольжения), б) центральную часть, в) периферическую боковую часть. Соотношение этих объемов и их форма определяются условиями трения на контактных поверхностях. Оптический анализ может значительно расширить наши познания в этой области.

Для истечения применялись плоские образцы размером $30 \times 26 \times 7$ мм. На рис. 2 даны цветные картины, показывающие распределение напряжений при различных стадиях истечения. На рис. 2 *П* обозначает пуансон (поршень), *О* — образец, *К* — контейнер. Рис. 2,а отвечает начальной стадии истечения, рис. 2,б отвечает уже значительной пластической деформации.

На рас. 2,в показана стадия истечения несколько более ранняя, чем отвечающая окончательной форме, изображенной на рис. 3,а. Благодаря сильному упрочнению получается очень высокий порядок изохром. При более медленном процессе истечения порядок изохром понижается ввиду меньшего упрочнения.

Рис. 2,б и рис. 4 соответствуют одному и тому же опыту, проведенному при различных скоростях деформации. Сопоставление этих рисунков показывает, что большей скорости соответствует более высокий порядок изохром (рис. 4).

Приведенные цветные картины показывают неравномерность распределения напряжений при выходе материала из отверстия матрицы. Такую же неравномерную картину мы наблюдали и на других материалах с резко отличным поведением от описанного. Поэтому краевое условие равномерного распределения напряжений при выходе материала из матрицы сомнительно.

На рис. 3,а дана цветная картина распределения остаточных напряжений после доведения образца до окончательной формы. Мы наблюдали эту картину неизменной в течение 8 мес. Интересно отметить, что снятие напряжений начинается с конца деформированного образца, вышедшего из отверстия матрицы. Выдержанный в течение 8 мес. образец был вновь подвергнут истечению. Картина распределения напряжений при повторном истечении показана на рис. 3,б. Наложение напряженного состояния при повторном истечении весьма слабо отражается на изменении напряженного состояния конца, вышедшего из матрицы. Кроме того, следует указать, что нами производилось отрезание вышедшего конца из матрицы и это отделение не вызывало изменения картины распределения напряжений в очаге деформации.

На основании изложенного очевидно, что метод фотопластичности должен значительно расширить наши познания о сущности явлений, наблюдаемых при технических процессах деформации, применяемых при обработке металла давлением.

Физико-технический институт
Академии наук БССР
Минск

Поступило
8 III 1950

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ А. В. Степанов, ЖТФ, 19, № 2 (1949) ² С. О. Цобкалло, ЖТФ, 19, № 4 (1949).



Рис. 4