

На рис. 2 представлены кривые относительного усилия при наложении ультразвуковых колебаний в зависимости от величины предварительного нагружения. Каждый последующий цикл нагружения в обычных условиях сопровождался деформацией ультразвуковыми колебаниями до момента прекращения снижения усилия (30–40 сек). Для армко-железа (кривая 1) при малых статических нагрузках эффективность снижения усилия равна нулю. С увеличением статической нагрузки эффективность снижения усилия увеличивается, причем видно, что существует определенный интервал удельных давлений, в котором эффективность снижения усилия максимальна.

У железо-хромового сплава (кривая 2) при прочих равных условиях эта зависимость отличается от такой зависимости у армко-железа (кривая 1), что объясняется изменением дислокационной структуры железохромового сплава и соответственно диссипацией ультразвуковой энергии и ее влиянием на ход кривой упрочнения.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать, что эффективность воздействия ультразвуковых колебаний на металлокерамический сплав в процессе его деформации осаживанием зависит от величины предварительной статической нагрузки, скорости деформации, интенсивности ультразвука, характера связей между структурными компонентами, дислокационной структуры, диссипации ультразвуковой энергии и др. Поэтому для эффективного применения ультразвуковых колебаний в технологических процессах обработки металлов давлением с целью получения изделий с необходимыми конечными свойствами необходимо подобрать оптимальные скорости деформации и амплитуды и изменять их в соответствии с изменением статической нагрузки и схем напряженно-го состояния.

УДК 621.79+621.891.

Т. В. Калиновская

НЕКОТОРЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО МЕТОДОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ

Использование координатных сеток является одним из наиболее распространенных приемов исследования кинематики и динамики

пластического течения, дающих информацию об очаге деформации и переходных областях, о неравномерности деформированного и напряженного состояния и связи последних с условиями трения и температурным полем. Метод координатных сеток непрерывно совершенствовался: развивались и улучшались технология нанесения сеток и изготовления образцов, техника проведения эксперимента, совершенствовались приемы обработки экспериментальных данных.

В настоящее время широкое распространение получил новый метод фиксации кинематики пластического течения — метод муаровых полос. Сравнивая метод традиционной координатной сетки с его значительными обжатиями для накопления градиента деформации с муаровым методом фиксирования перемещений, можно констатировать большую чувствительность последнего и, следовательно, возможность изучать с его помощью весьма малые смещения. Незначительное изменение геометрии тела позволяет относить картину деформирования к мнимому положению. Это дает основание рассматривать полосы муара и как линии равных перемещений, и как линии равных проекций скоростей течения с большим основанием, чем аналогичное допущение при конечных деформациях, характерных для координатных сеток. Однако следует иметь в виду и негативную сторону уменьшения этапа деформирования. Она определяется не только возрастанием относительного влияния паразитных деформаций (при скурдулезной постановке эксперимента — упругих, а при небрежной постановке — упруго-пластических), но и относительным изменением реологических свойств деформируемого материала, характерным для области малых упруго-пластических деформаций как для отожженных, так и для упрочненных материалов. В качестве примера можно остановиться на свинце. Особенности его кривой упрочнения хорошо известны: нелинейное упрочнение от низкого предела упругости до выхода на площадку текучести при степенях деформации порядка 20+25%.

Постоянство сдвигающих напряжений на кресте очага деформации при осадке $H:V=1$ на шероховатых плитах может быть достигнуто только при степени деформации порядка 15%. Уменьшение обжатия привносит влияние неоднородности свинца по τ_{max} , а при весьма малых обжатиях, когда максимальная степень деформации в очаге деформации ограничивается несколькими процентами, свинец скорее моделирует квази-вязкое (линейно-упрочняющееся от нуля)

тело, нежели пластичное. Последнее обстоятельство играет существенную роль в расшифровке напряженного состояния по кинематике процесса и в возникновении ошибочных оценок, проистекающих от сделанных допущений.

Можно констатировать, что методы координатной сетки и муаровых полос с позиции техники эксперимента являются не столько конкурирующими, сколько дополняющими друг друга. С позиции же техники обработки экспериментальных данных можно обратить особое внимание на наследственное родство между тем и другим, поскольку исходная информация при муаровом методе обрабатывается в ячейках ортогональной системы координат, причем шаг ячеек крупнее шага координатной сетки, которая была бы применена для исследования данного процесса. Такая привязанность к ортогональной системе координат является недостатком известных способов обработки как координатных сеток, так и муаровых картин, поскольку каждый случай расшифровки напряженно-деформированного состояния по результатам эксперимента может рассматриваться не более как частный, так как привязан к системе координат удобной либо для получения изображения, либо для обработки экспериментальной информации, а не к той, в которой происходит развитие событий. Здесь имеется в виду система линий скольжения, являющаяся естественной системой координат, в которой происходит пластическое течение.

Систему линий скольжения идеального жестко-пластического тела, т.е. тела с простейшей реологией, можно рассматривать в качестве фона, на котором развивается течение более сложных в реологическом смысле тел. Сравнение кинематики реального тела с кинематикой гипотетического тела, которая в некоторых случаях рассчитывается элементарно, непосредственно при обработке эксперимента позволяет выявить много новых интересных нюансов напряженно-деформированного состояния и, самое главное, отыскать возможность использования математического аппарата теории жестко-пластического тела для деформируемых твердых тел с любой реологией.

Остановимся на некоторых примерах применения координатных сеток, выполненных в виде полей линий скольжения, и сравнения данных эксперимента с теорией жестко-пластического тела.

Если продеформировать осадкой сетку линий скольжения, образованную двумя дугами равного радиуса и нанесенную на плоскость разъема свинцового образца /I/, можно при сравнении ее с недеформированной сеткой отметить следующие моменты:

1) различие направлений скоростей на границе очага деформации;

2) отсутствие разрыва скорости на оси свинцового образца;

3) распределение скорости по оси симметрии образца отличается от гиперболического;

4) касательная компонента скорости жестко-пластического тела на контакте значительно больше, чем у свинца.

Все отмеченные возмущения поддаются количественной оценке, которая должна быть связана с критерием относительной жесткости материала, например с отношением предела жесткости к пределу текучести $\eta = \tau_0/k$ при $\tau_0 < k$.

При деформировании реального тела смягчаются все пики, присущие жестко-пластическому телу, склонному к неограниченной концентрации деформаций. В частности, уменьшение скорости разрыва на контакте не является свидетельством уменьшения сил трения на контакте у реальных тел по сравнению с жестко-пластическим, а указывает на частичную замену внешнего трения внутренним. Предельным случаем подобного смещения является полное прилипание по всей поверхности при деформации вязких тел. В последнем случае трение скольжения заменяется трением покоя. Снижение проскальзывания в реальных телах в числе прочего оказывает влияние на неоднородность температурного поля, вызванного пластической деформацией.

На рис. I представлены некоторые результаты обработки экспериментальных данных, полученных при истечении в щели разной высоты из плоского штампа при стационарном поле линий скольжения, образованном двумя дугами равного радиуса: кривые 1,3 – расчетные смещения и деформации на оси симметрии в плоскости разъема образца; 2,4 – те же данные, полученные экспериментально.

Разрыв скоростей на пересечении осей создает местные ступени деформаций, определяемые отношением касательной и нормальной компонент скорости (на оси дополнительный сдвиг равен 1) в точке разрыва и перемещаемые в определенное конечное положение за каждый этап деформирования. Причем в данном случае, при отсутствии

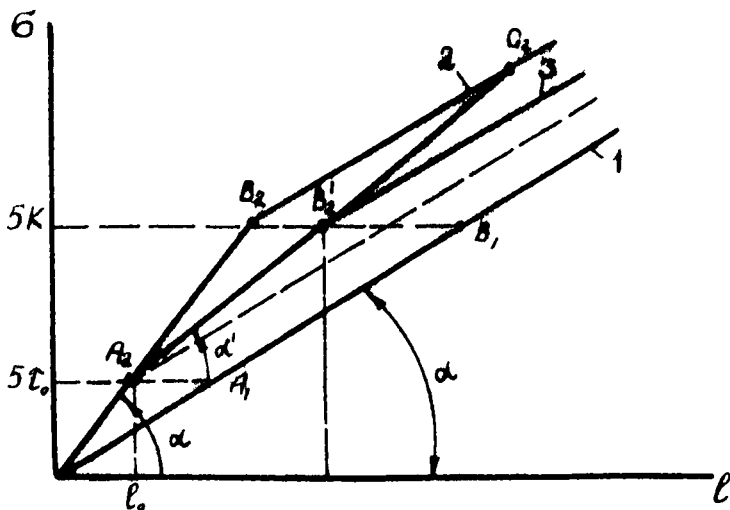


Рис. 1. Тарировочные графики.

симметрии относительно вертикальной оси, разрывы в распределении деформаций возникают и по этой причине. Реальные распределения в данном случае не содержат подобных особенностей, графики распределения смещений и скоростей деформации (кривые 2 и 4) суть непрерывные функции.

Подобные расчетные картины распределения скоростей и деформаций для жестко-пластического тела возникают и по другим линиям тока и во всех этих случаях реальные материалы склонны к сглаживанию или полной ликвидации следов разрывов. Здесь уместно заметить, что в ряде работ по экспериментально-теоретическому исследованию напряженно-деформированного состояния проскальзывает определенная тенденция, выражающаяся в стремлении фетишизировать модель жестко-пластического тела, показать, что реальные тела, деформируются почти или даже так же, как оно.

Очевидно, следует больше внимания уделять различию, чем подобию ситуаций и прежде всего обсуждать смягчение пиков деформаций за счет окружающих объемов, за счет рассасывания разрывов скорости на границе очага деформации или на отдельных линиях скольжения.

Видимо, только при таком подходе можно установить общие закономерности, касающиеся деформируемости и напряженно-деформированного состояния с учетом скоростей и температурного поля.

Следует отметить, что сравнить с полем линий скольжения жестко-пластического тела можно любые результаты, полученные методом обычной координатной сетки или муаровых полос. Однако сетка, выполненная в виде поля линий скольжения, при меньшей трудоемкости обладает большей наглядностью.

Л и т е р а т у р а

И. Макушок Е.М. и др. Теоретические основыковки и горячей объемной штамповки. Минск, 1968.

УДК 621.79+621.891

Т.В.Калиновская, Д.И.Дмитрович, Г.П.Перов

ТАРИРОВКА МЕСДОЗ С УЧЕТОМ ИХ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЖЕСТКОСТИ

Точность измерения нормальных и касательных напряжений точечными месдозами в существенной степени зависит от относительной жесткости измерительных приборов. Несовпадение уровня воспринимающей поверхности датчика и контактной поверхности приводит к появлению дополнительных полей напряжений, интенсивность которых определяется уровнем дополнительных деформаций.

Было показано /1/, что тарировка точечных месдоз непосредственным нагружением вносит определенные погрешности. Теория идеального жестко-пластического материала позволяет перестроить тарировочный график, получаемый непосредственным нагружением (кривая I на рис. 1) таким образом, что он учитывает сопротивление затеканию в канал штампа. Теоретический тарировочный график