

Влияние изменения скорости деформации на характер упрочнения материала

Киселев Д.О., к.т.н. Типалин С.А., к.т.н. Шпунькин Н.Ф., Типалина А.В.
Университет машиностроения
(495) 223-05-23, доб. 1113, tsa_mami@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается деформация материала в условиях изменения скорости деформации. Анализируются кривые упрочнения при различной скорости деформирования образцов и показывается метод построения кривой упрочнения материала в условиях изменения скорости деформирования заготовки.

Ключевые слова: упрочнение материала, изменение скорости деформации, скорость деформирования, поверхность упрочнения материала.

Претерпевая изменения в процессе пластической штамповки свойства материала изменяются. В связи с этим определение изменения свойств материала в процессе деформации является одной из актуальных задач обработки металлов давлением. Одним из самых простых и эффективных методов учета изменения свойства материала в процессе пластической и прогнозирования изменения силы штамповки является использование графика кривой упрочнения. Кривая упрочнения характеризуется изменением интенсивности напряжений, возникающих в материале от интенсивности деформации. Однако общеизвестно, что на изменение свойства материала в процессе обработки давлением влияют многие факторы, например, изменение скорости деформации [1 – 4]. Данный параметр является одним из основных при горячей деформации [5, 6], так как упрочнение в этом случае зависит от интенсивности скорости деформации. При холодной штамповке изменение интенсивности напряжений менее чувствительно к скорости деформации, однако этот показатель может также влиять как на упрочнение материала, так и на предельную деформацию заготовки.

В процессе штамповки заготовка, подвергаемая пластической деформации, может деформироваться неравномерно. В процессе пластического преобразования возникают области с незначительной скоростью деформации, а в некоторых участках скорость деформации может отличаться от минимальной в несколько раз. Кроме этого, необходимо учитывать и особенность оборудования, на котором происходит деформирование заготовки [2]. Большая часть оборудования не в состоянии обеспечить постоянную скорость деформации, в отличие от отдельных видов прессов (в основном гидравлических). Однако в этом случае скорость деформирования участков заготовки будет различной (рисунок 1). Если же рассматривать движение ползуна у кривошипных прессов, то скорость деформирования заготовки будет постоянно изменяться в зависимости от кинематических особенностей выбранного механизма.

В зависимости от скорости деформации, свойства металла начинают изменяться. Особенно это заметно при горячей штамповке, хотя и при холодной штамповке также возникают различия. Для детального изучения был проведен опыт, полностью подтверждающий предположения о зависимости свойств металла от скорости деформации при холодной штамповке [3]. В процессе штамповки металла целесообразно иметь кривые упрочнения для различных скоростей деформации. Большинство машин имеют постоянную скорость деформирования, либо изменение этих скоростей может быть ступенчатым.

В зависимости от размеров образца различия этих скоростей могут быть существенны. Для устранения данной ошибки необходимо строить поверхность изменения интенсивности напряжения от скорости деформации и накопленной деформации.

Опыт был проведен на электромеханической испытательной машине Zwick/Roell Z-100 (Germany). Выбор данной машины обусловлен тем, что в ходе проведения эксперимента возможно графическое выведение данных на монитор ЭВМ с помощью вспомогательной программы «Test Xpert». В данной машине скорость передвижения подвижной траверсы мо-

жет регулироваться при помощи блока управления в диапазоне 0,0005 – 200 мм/мин. Нагрузка, испытываемая образцом, преобразуется тензорезисторным датчиком силы, который расположен на траверсе, в электрический сигнал, обрабатываемый в электронном блоке и отображаемый в единицах силы на мониторе ЭВМ. Перемещение подвижной траверсы фиксируется индикатором перемещения, сигнал которого после обработки также выводится на монитор ЭВМ. Измерение деформации на базе образца происходит с помощью оптического и индуктивного датчиков продольной деформации, входящих в комплектацию машины.

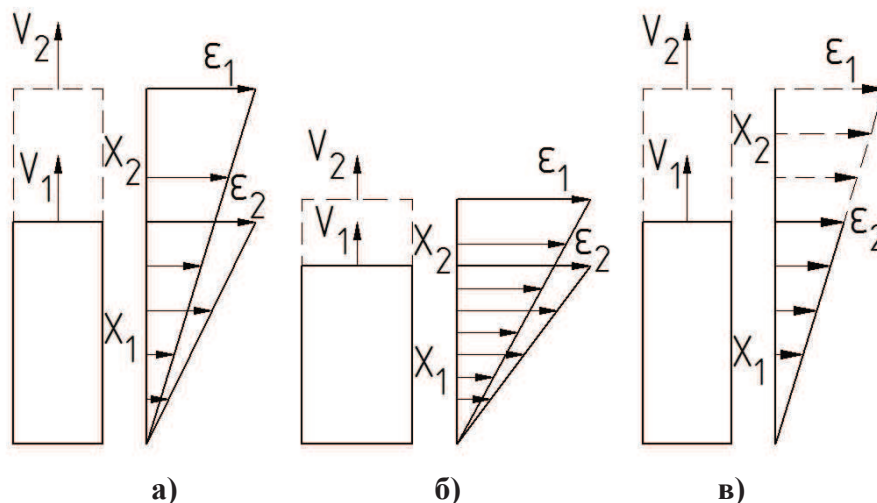


Рисунок 1. Влияние скорости деформирования на скорость деформации. Изменение скорости деформации длинного (а) и короткого (б) образцов при одной скорости деформирования и образца (в) с постоянной скоростью деформации

В эксперименте использовались образцы из холоднокатаной стали 08кп толщиной 1 мм и шириной 20 мм. Образцы фиксировались своими концами в клиновых захватах подвижной и неподвижной траверс. Расстояние между захватами устанавливалось 200 мм и являлось постоянным для всей серии проведения исследования. Точность повторного позиционирования составляла 1 мкм. В ходе экспериментов фиксировались изменение длины образца и сила деформирования. Величина перемещения и сила растяжения фиксировались датчиками. Для исследования влияния скорости деформации на характер деформирования растягиваемых образцов подвижному захвату придавалась различная скорость перемещения. Точность установок скорости перемещения траверсы составляет 0,003%. Испытания образцов проводились для скоростей перемещения траверсы 1, 10, 100, 200 мм/мин. Построенные по результатам испытаний кривые упрочнения показаны на рисунке 2. Они характеризуют, что разные скорости испытаний дают разные экспериментальные кривые упрочнения.

Если скорости деформации на протяжении всего процесса изменяются по одному линейному закону, то производим сечение полученной поверхности плоскостью. Построение данной плоскости производится с помощью метода подобия треугольников. Из рисунка 3 следует, что, зная ϵ'_1 , ϵ_1 и ϵ_2 , находим ϵ'_2 по зависимости:

$$\epsilon'_2 = \epsilon'_1 \cdot \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}.$$

Найдя значение ϵ'_2 , строим плоскость, перпендикулярную плоскости $\epsilon\epsilon'$ и пересекающую построенную поверхность. Кривая пересечения поверхности упрочнения с построенной плоскостью является графиком кривой упрочнения при постоянной скорости деформации всех точек в условиях сжатия или растяжения образца.

В процессе деформации скорость деформирования может существенно меняться. Данное изменение может происходить не только для конкретного участка деформированной детали, но и зависеть от типа применяемого оборудования.

На практике при штамповке на кривошипных прессах скорость деформирования изменяется в процессе штамповки не по линейному закону. В этом случае необходимо построить поверхность, перпендикулярно пересекающую плоскость $\epsilon\epsilon'$ по траектории $\epsilon = f(\epsilon')$.

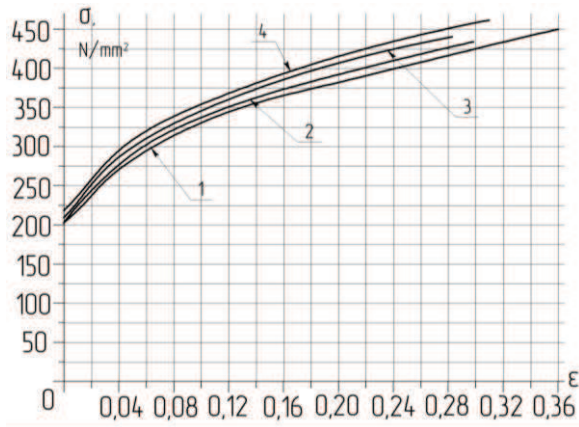


Рисунок 2. Влияние скорости деформирования на изменение зависимости напряжения от деформации [3]

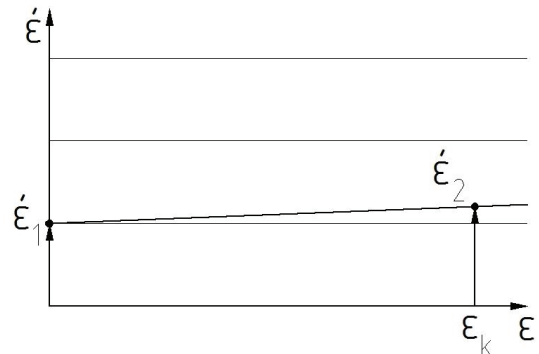


Рисунок 3. Построение линии $\epsilon'_1 \epsilon'_2$, определяющей положение плоскости на поверхности упрочнения

В качестве примера на рисунке 4 показана поверхность упрочнения, через которую проходит криволинейная поверхность, отражающая закон изменения скорости деформации в процессе деформирования заготовки.

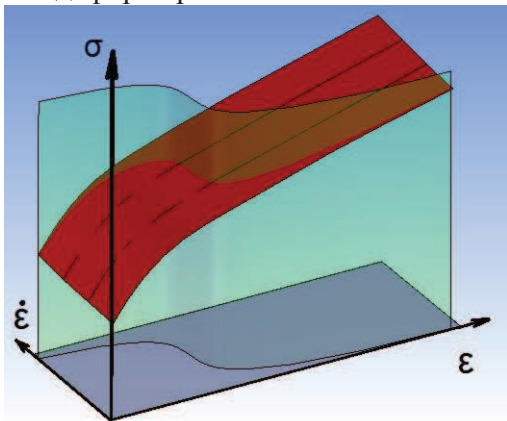


Рисунок 4. Поверхность упрочнения с пересекающейся плоскостью, характеризующая закон изменения скорости деформации от накопленной деформации

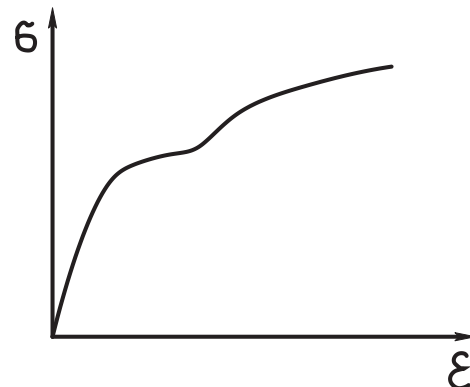


Рисунок 5. Пример кривой упрочнения с учетом изменения скорости деформации в процессе деформирования

Проекция пересечения данных поверхностей на плоскость $\sigma\epsilon$ будет являться кривой упрочнения материала при данном изменении скорости деформации.

Заключение

Для определения характера упрочнения материала необходимо учитывать поверхность упрочнения, характеризующуюся зависимостью интенсивности напряжений от интенсивности скорости деформации и деформации. Зная график изменения скорости деформации от деформации можно построить кривую упрочнения с учетом вышеназванных параметров.

Литература

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением – 4-е изд., М.: Машиностроение, 1977.
2. Зубцов М.Е. Листовая штамповка: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и технология обработки металлов давлением». -3-е изд., перераб. и

доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-е, 1980.

3. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальные исследования влияния анизотропии и скорости деформирования на силовые параметры при растяжении листа / Материалы 65-ой Международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров (ААИ) "Приоритеты развития отечественного автотракторостроения и подготовки инженерных и научных кадров" Международного научного симпозиума «Автотракторостроение – 2009». Книга 6, Москва, МГТУ «МАМИ», 2009. С. 99-105.
4. Типалин С.А., Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное исследование механических свойств демпфирующего материала / Известия МГТУ «МАМИ», 2010. № 1. С. 166-170.
5. Астахов Ю.П., Кочергин С.А., Моргунов Ю.А., Саушкин Б.П. Повышение эффективности изготовления лопаток моноколес / Технология машиностроения, 2013, № 5. С. 14-18.
6. Petrov P., Petrov M., Dubinchin A, Wasiljeva E. Research on friction during hot deformation of Al-alloys at high strain rate. International Journal of Material Forming, Proceedings of the 11th International ESAFORM Conference, France, Lyon, 23-25 April, 2008, pp. 1255 – 1258.

Усовершенствование технологии изготовления детали «корпус-насоса» из композиционного материала ЭПАН, упрочненного наноразмерными углеродными волокнами

д.т.н. проф. Костиков В.И., д.т.н. проф. Еремеева Ж.В.,
к.т.н. доц. Ниткин Н.М., к.т.н. доц. Шарипзянова Г.Х., Слюта Д.Н.
НИТУ МИСус, Университет машиностроения
(495) 638-44-09, eremeeva-shanna@yandex.ru,
(495) 223-05-23, kolia-msk@yandex.ru, guzel@mtw.ru

Аннотация. В статье рассмотрен процесс усовершенствования технологии изготовления детали «корпус-насоса» из композиционного материала ЭПАН, упрочненного наноразмерными углеродными волокнами.

Ключевые слова: углеродный наполнитель, химическое машиностроение, наноразмерные углеродные волокна марки «Таунит»

Существующая технология производства детали «корпус-насоса» из углеграфитовых материалов похожа на технологию производства электродной продукции и предусматривает использование связующего материала и твердого углеродного наполнителя в качестве основного сырья. В качестве твердого углеродного сырья используют нефтяные и пековые каменноугольные коксы.

Нефтяные коксы получают при коксовании различных нефтяных остатков. Свойствами остатков определялось качество кокса. В настоящее время при производстве электродных изделий в качестве связующего используется среднетемпературный каменноугольный пек с температурой размягчения 65-75°C. Пек представляет собой остатки при разгонке каменноугольной смолы. При непосредственном участии связующего протекают сложные физико-химические процессы при смешивании массы, прессовании и обжиге заготовок. Связующее при этом выполняет различные функции, основными из которых являются придание массе пластичности и спекание ее при термической обработке.

При подготовке углеродных сырьевых материалов осуществляется ряд операций: выдерживание пека при температуре, сушка прокаленного углеродного наполнителя, прокаливание углеродного наполнителя при температуре 1200°C в ретортных печах, дробление, размола, рассев на сортовые фракции углеродного наполнителя.

Приготовление шихты идет до получения однородной смеси и проходит в двухроторном смесителе Анод-4 периодического действия с зетобразными лопастями вместимостью