

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРА УПРОЧНЕНИЯ МАТЕРИАЛА С УЧЁТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ

Киселев Дмитрий Олегович

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (МАМИ)

Магистр 1 года,

кафедра «Машины и технологии обработки металлов давлением»

Университет машиностроения

Научный руководитель: С.А. Типалин

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машины и технологии обработки металлов давлением»

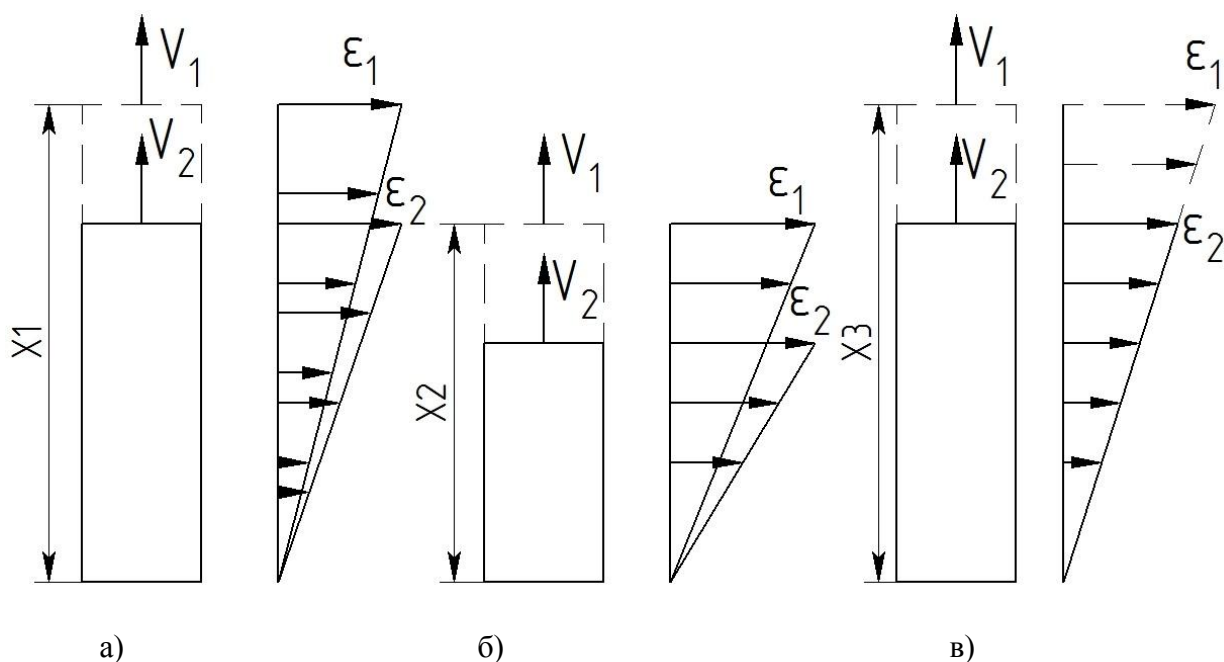
Аннотация. Рассматривается деформация материала в условиях изменения и постоянства скорости деформации. Приведены примеры построения кривой упрочнения материала в условиях изменения скорости деформирования заготовки.

Ключевые слова. Кривая упрочнения, скорость деформации, скорость деформирования, поверхность упрочнения, свойства металла.

Актуальность. Определение изменения свойств материала в процессе деформации является одной из актуальных задач обработки металлов давлением. Действительно, претерпевая изменения в процессе пластической штамповки и накапливая деформацию материал упрочняется. Одним из самых распространенных способов, которые используются для инженерных расчетов, является прогнозирование изменения силы штамповки, используя график кривой упрочнения. Кривая упрочнения характеризуется изменением интенсивности напряжений, возникающих в материале от интенсивности деформации. Однако, общеизвестно, что на изменения свойства материала в процессе обработки давлением влияют многие факторы. Одним из которых является изменение скорости деформации [1, 2, 6, 7]. Данный параметр является одним из основных при горячей деформации, 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.

Кроме этого, необходимо учитывать, что заготовка, подвергаемая пластической деформации, деформируется неравномерно. В процессе пластического преобразования возникают области с незначительной скоростью деформации, а в некоторых участках скорость деформации может отличаться от минимальной в несколько раз. Так же необходимо учитывать и особенность оборудования, на котором происходит деформирование заготовки [3]. Большинство оборудования не в состоянии обеспечить постоянную скорость деформации. Отдельные виды прессов (в основном гидравлические) обеспечивают постоянную скорость деформации. 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, но и при холодной штамповке так же возникают различия. Для детального изучения был проведен опыт, полностью подтверждающий предположения о зависимости свойств металла от скорости деформации при холодной штамповке [4, 5]. 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.



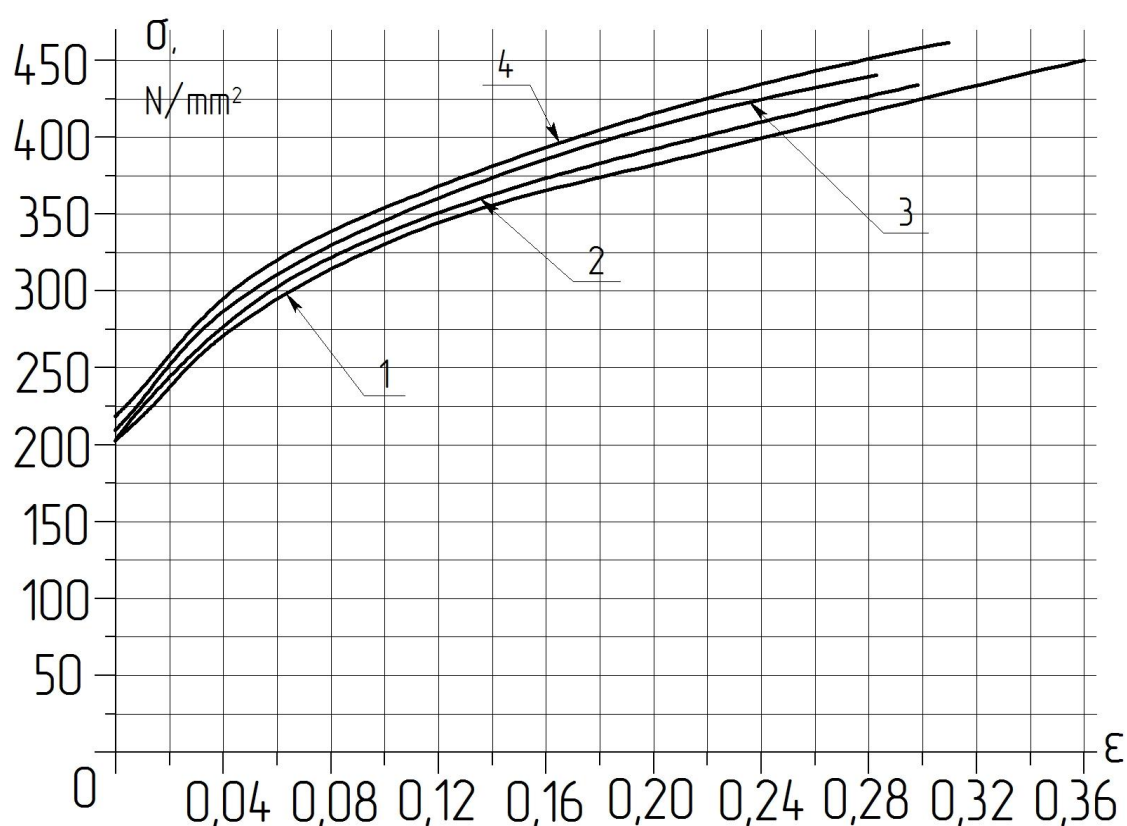
(Рисунок 1 – Влияние скорости деформирования на деформацию. Изменение скорости деформации (а) длинного и короткого (б) образцов при одной скорости деформирования и образца (в) с постоянной скоростью деформации)

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

Для выявления влияния скорости деформации на характер кривых упрочнения были проведены опыты на растяжение образцов [4]. 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 может 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, который обрабатывается в электронном блоке и отображается в единицах силы на мониторе ЭВМ. Перемещение подвижной траверсы фиксируется индикатором перемещения, сигнал которого после обработки так же выводится на монитор ЭВМ. Измерение деформации на базе образца происходит с помощью оптического и индуктивного датчиков продольной деформации, входящих в комплектацию машины.

В качестве образцов использовались полосы холоднокатаной стали 08кп толщиной 1 мм и шириной 20 мм. Образцы зажимались своими концами в клиновых

захватах подвижной и неподвижной траверсы. 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.



(Рисунок 2 - Влияние скорости деформирования на изменение зависимости напряжения от деформации [4]. 1 – скорость деформирования 1 мм/мин; 2 – скорость деформирования 10 мм/мин; 3 – скорость деформирования 100 мм/мин; 4 – скорость деформирования 200 мм/мин.)

Из рисунка 2 следует, что разные скорости испытаний дают разные экспериментальные кривые упрочнения.

Так как скорости деформации вначале и в конце процесса изменяются, то производим сечение полученной поверхности плоскостью. Построение данной плоскости производится с помощью метода подобия треугольников. Из рисунка 1 следует, что зная $\dot{\epsilon}_1$, X_1 и X_2 находим $\dot{\epsilon}_2$ по зависимости:

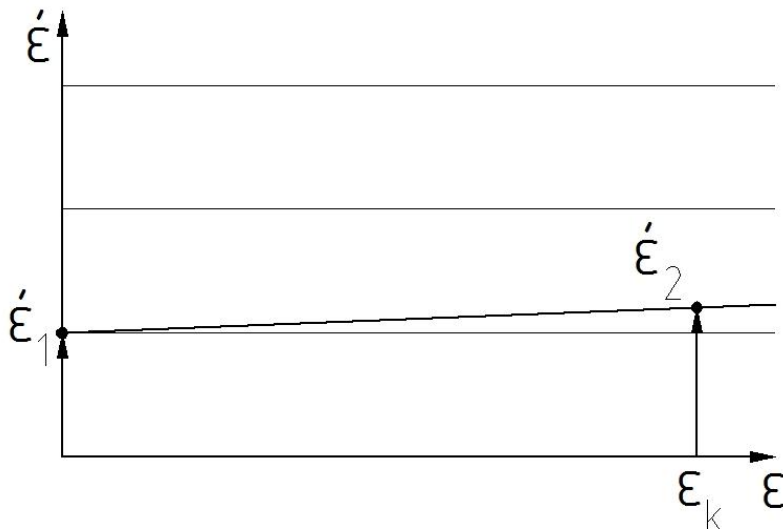
$$\dot{\epsilon}_2 = \dot{\epsilon}_1 \cdot \frac{X_2}{X_1}.$$

Найдя значение $\dot{\epsilon}_2$, строим плоскость, перпендикулярную плоскости $\epsilon\dot{\epsilon}$ 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.

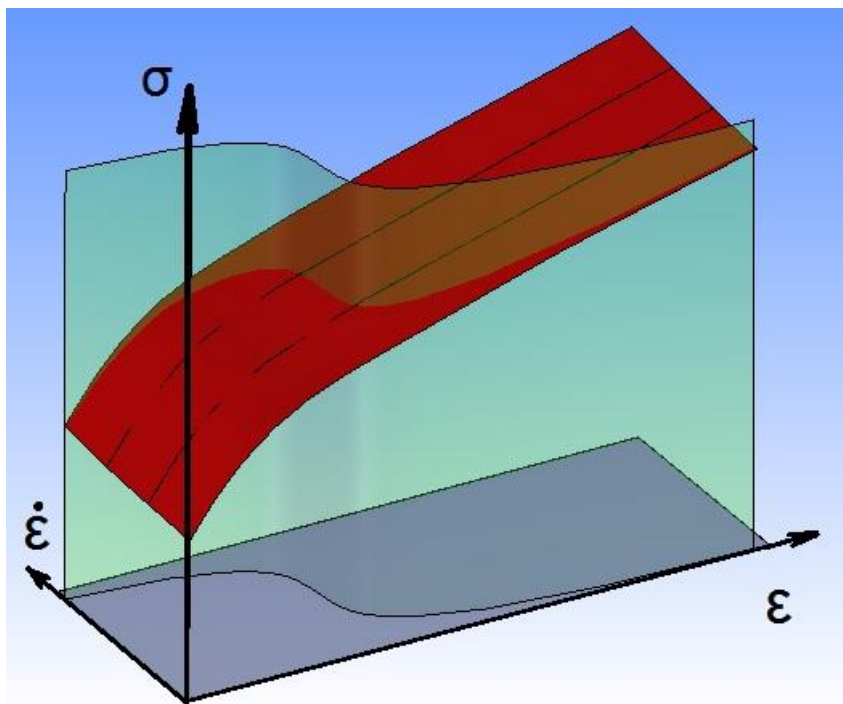
Аналогично можно найти приращение для скорости деформации (рисунок 3).



(Рисунок 3 – Построение линии $\dot{\epsilon}_1 \dot{\epsilon}_2$, определяющую положение плоскости при постоянной скорости деформирования материальных точек образца.)

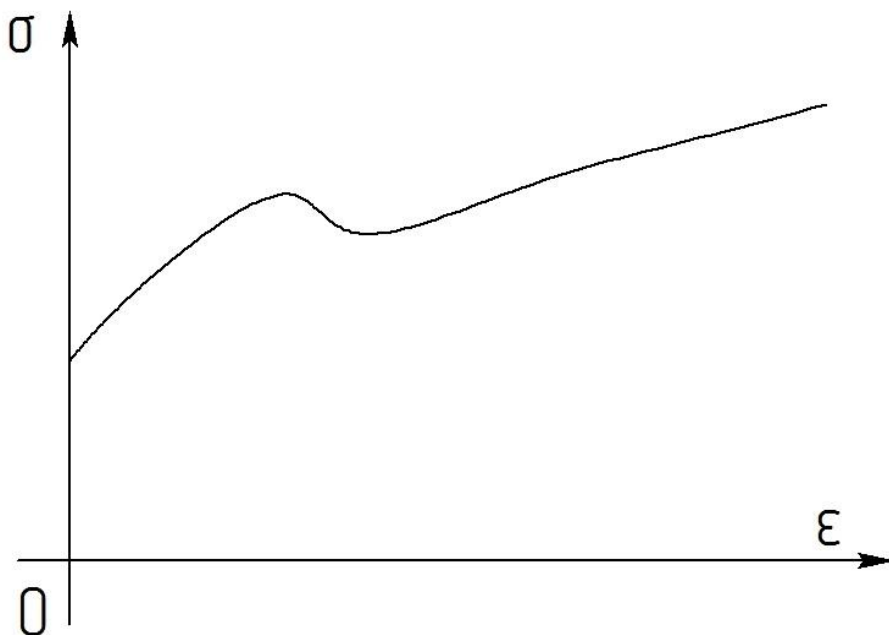
В процессе деформации скорость деформирования может существенно меняться.

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 $\epsilon\dot{\epsilon}$ по траектории $\epsilon = f(\dot{\epsilon})$



(Рисунок 4 – Поверхность упрочнения материала.)

Проекция пересечения данных поверхностей на плоскость $\sigma\epsilon$ будет являться кривой упрочнения материала при данном изменении скорости деформации (рисунок 5).



(Рисунок 5 – Кривая упрочнения материала для приведенного графика скорости деформации.)

Вывод. Для определения характера упрочнения материала необходимо учитывать поверхность упрочнения характеризующейся 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. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. 8 изд., перераб. и доп. Под ред. И.Н. Жестковой. – М.: Машиностроение, 2001.
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. Шпунькин Н.Ф., Типалин С.А. Никитин М.Ю., Типалина А.В. Экспериментальное 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 г. С.99-105.

6. Типалин С.А., Симонян В.Б. Изгиб многослойного материала / Известия ТулГУ. // Серия. Механика деформируемого твердого тела и обработка металлов давлением. – Тула: ТулГУ, вып.1, 2005. С.149-154.

7. Типалин С.А. Шпунькин Н.Ф., Никитин М.Ю., Сапрыкин Б.Ю. Исследование влияния скорости деформирования на силовые параметры изгиба / 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 г. С. 83-90