

Машеков С.А. Бажаяев Н.А., Машекова А.С.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОСАДКИ В ПЛОСКИХ БОЙКАХ С ПРИМЕНЕНИЕМ MSC. SUPERFORGE

S.A. Mashekov, N.A. Bazhaev, A.S. Mashekova

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF PRECIPITATION IN FLAT BOIKY USING MSC. SUPERFORGE

УДК: 669.35.074.669.539.5

В статье рассматриваются методы обработки металлов, а также математическое моделирование процесса осадки в плоских бойках с применением msc. superforge.

The article considers the methods of processing of metals, as well as mathematical modeling of sediments in flat boiky using msc. superforge.

Выпуск деталей высокого качества, обеспечение прочности и надежности продукции, сокращение сроков внедрения в производство новых технологий и оборудования, а также снижение затрат на производство в настоящее время является весьма актуальными вопросами при производстве изделий методами обработки металлов давлением (ОМД).

Известно [1], что при осадке заготовок в плоских бойках очаг деформации ограничивается активно-движущимися и пассивными поверхностями инструмента и свободными поверхностями деформируемого тела, а также характеризуется течением металла по ковочному кресту. При этом локализация деформации по ковочному кресту, проявляется в виде тонких полос интенсивного течения, сопровождается температурно-деформационным фазовым преобразованием.

Авторы работ [2,3,4] считают, что причиной локализации пластической деформации является изменения напряженного состояния в зависимости от величины контактного трения и деформации, а также тепловой эффект при деформировании.

На основе вышесказанного можно отметить, что разработка технологий, обеспечивающих получение высококачественных изделий, связана [5]:

С получением достаточно точных данных по влиянию технологических параметров обработки на напряженно-деформированное состояние (НДС) обрабатываемой заготовки;

С наличием достоверных данных о влиянии технологических режимов обработки на величину и распределение степени деформации, структуру и свойства.

Нами было исследовано НДС осадки в плоских бойках - как основная операцияковки и как операция широко используемая при исследовании различных процессов ОМД. Из-за очень большого количества определяющих параметров и неоднозначным характером их влияния, математическое моделирование процессе осадки является сложным процессом. К системе интегрально-дифференциальных уравнений приводит корректная постановка задачи даже для простых случаев осадки. Аналитически решить такую задачу не представляется возможным. Необходи-

можно отметить, что для решение подобных задач можно применить метод конечных элементов [5].

Исследования НДС заготовки в процесса осадки является контактной, упругопластической, нелинейной [5]. При осадке возникает большие перемещения, деформации и напряжений, а так же градиент температур. Поэтому используя программный комплекс MSC.SuperForge произвели математическое моделирование процесса осадки, т.е. исследовали НДС и температурное поле деформируемой заготовки.

При математическом моделировании осадки круглых в плане заготовок рассматривали симметричную плоскость, в которой металл течет неравномерно во всем направлении от оси симметрии. Таким образом, при осадке рассматривали осесимметричное НДС. Плоскостью течения металла в данном случае является меридиональное сечение заготовки. Все сечения заготовки являются симметричным относительно оси заготовки. В связи с этим при моделировании достаточно исследовать НДС только одной половины любого меридионального сечения заготовки, т.е. при моделировании осадки в системе MSC. SuperForge целесообразно рассмотреть двумерную (2D) осесимметричную деформацию заготовки.

Для исследования процесса осадки использовали цилиндрическую заготовку размером $\varnothing 100 \times 200$ мм. В качестве материала заготовки выбрали титановый сплав с температурным диапазоном деформирования 1200 - 850° С и с механическими свойствами: модуль упругости 120000 МПа, коэффициент Пуансона 0,3 и плотность 4,5 г/см³. Осадку заготовки производили при температуре 960° С. При моделировании материал заготовки принимали изотропным упругопластическим с нелинейным упрочнением (BISO).

Контактные условия между поверхностями инструмента и поверхностью заготовки моделируется взаимодействием поверхностей находящиеся между жестких инструментов и деформируемым материалом заготовки. Отражая движение бойка и деформацию материала в процессе осадки, контактные условия постоянно обновляются. Это позволяет моделировать скольжение между осадочными платами и материалом деформируемой заготовки. Используя закон Кулона произвели моделирование контактных условий между инструментом и заготовкой, коэффициент трения был принят 0,3 и 0,4.

В процессе осадки между инструментом, заготовкой и окружающей средой происходит обмена тепла, при этом за счет деформации металла повышается температура металла заготовки. Конвективным и лучистом обменом тепла с окружающей средой происходит теплоперенос нагретой заготовки,

при этом контактные поверхности заготовки сильно охлаждаются.

В САД программе Inventor была построена двухмерная геометрическая модель инструмента и заготовки, которая в последующем была импортирована в САЕ программу MSC.SuperForge. Для создания конечно-элементной модели заготовки использовали двухмерные элементы, которые применяются для моделирования течения металла в осесимметричных условиях деформирования. Для модели заготовки и инструмента потребовалось 2600 элементов и 3200 узлов.

После ввода всех исходных данных и технологических параметров процесса осадки программа была запущена на расчет. Время расчета процесса составила 22 мин на компьютере Pentium Duo с тактовой частотой 3,4 ГГц и оперативной памятью 2 Гбайта.

Система MSC.SuperForge автоматически производит все вычисления. Учитывая геометрическую

особенность сложного течения металла программа генерирует сетку элементов. На каждом шаге решения сетка элементов автоматически перестраивается. Это дает возможность наилучшим образом исследовать такие особенности процесса осадки как бочкообразование при деформировании, а также предсказывать образование складок и зажимов.

На рис. 1-4 представлены картины распределения интенсивности деформаций, температурного поля и интенсивности напряжений, в заготовке при осадке в плоских бойках.

На основе полученных результатов численного моделирования установлено, что

- при осадке в плоских бойках с увеличением единичного обжатия из-за действия контактных сил трения, часть объема геометрического очага деформации оказывается в зонах затрудненной деформации (рис. 1, а, б, в, г и рис. 2, а, б, в, г);

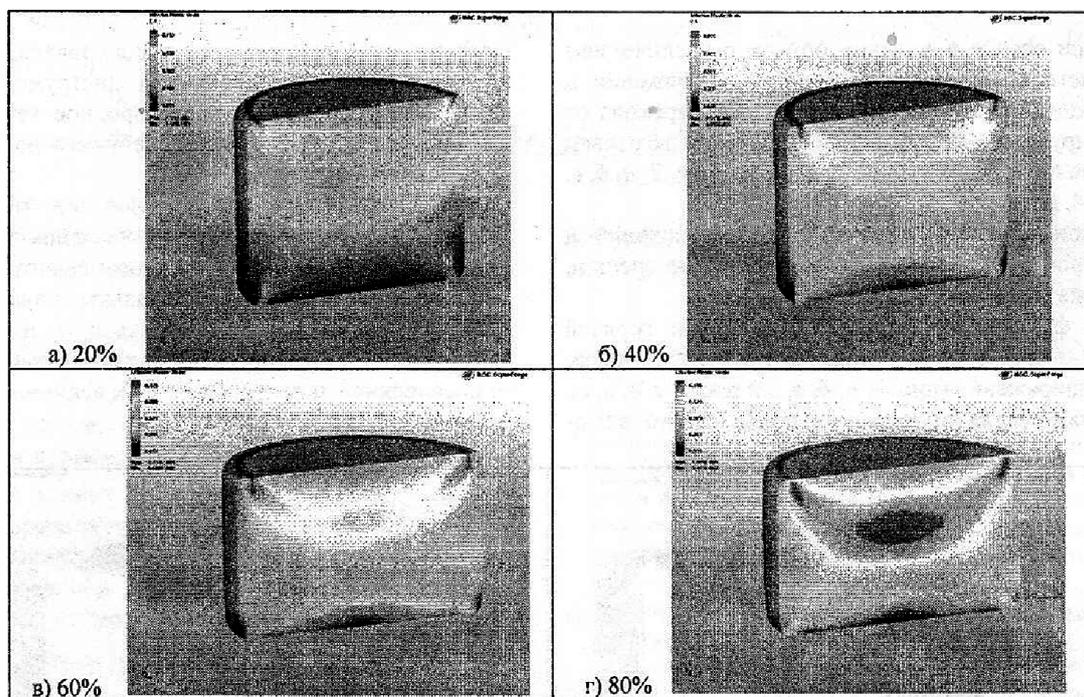


Рис. 1. Картина распределения интенсивности деформации в заготовке при осадке в плоских бойках (коэффициент трения равен 0,4)

- следствием появления зон затрудненной деформации является локализация преимущественного течения металла или полос сдвига в форме ковочного креста (рис. 1, а, б, в, г и рис. 2, а, б, в, г);
- локализация деформации в зоне ковочного креста приводит к повышению тепловыделения (рис. 3, а, б, в, г) и опасности разрушения металла в этих зонах с одной стороны, и к недостаточной деформации структуры в остальном объеме заготовки и к разнотекстурности структуры по сечению, с другой стороны;

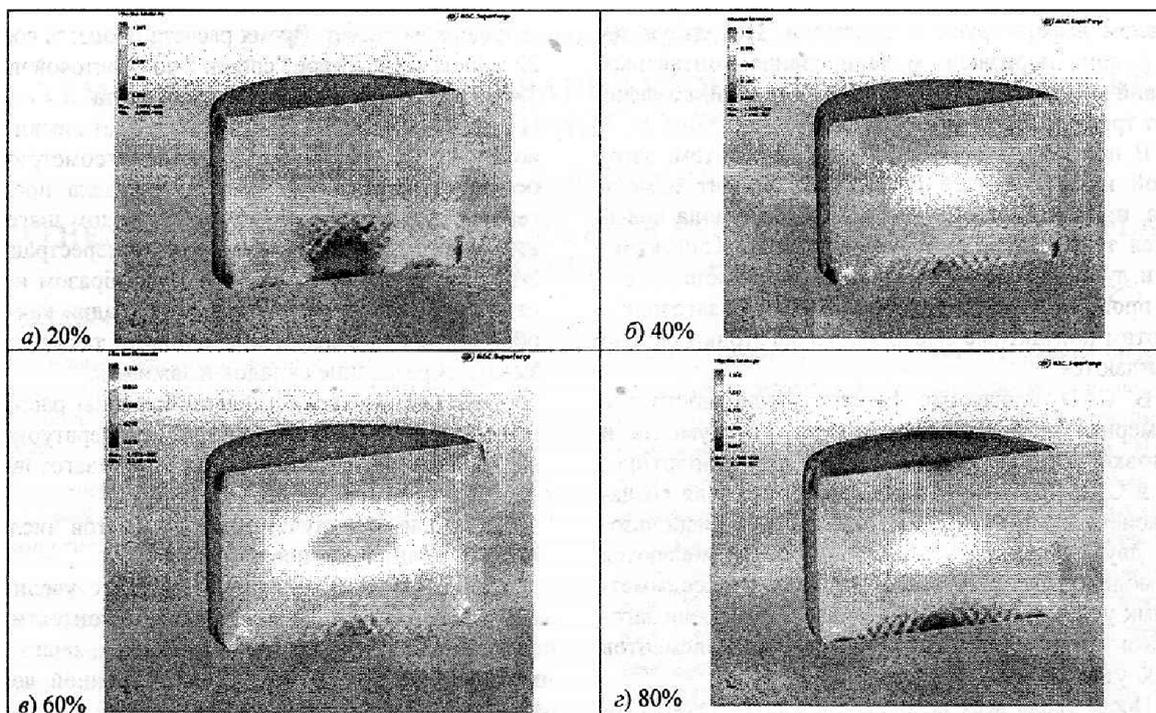
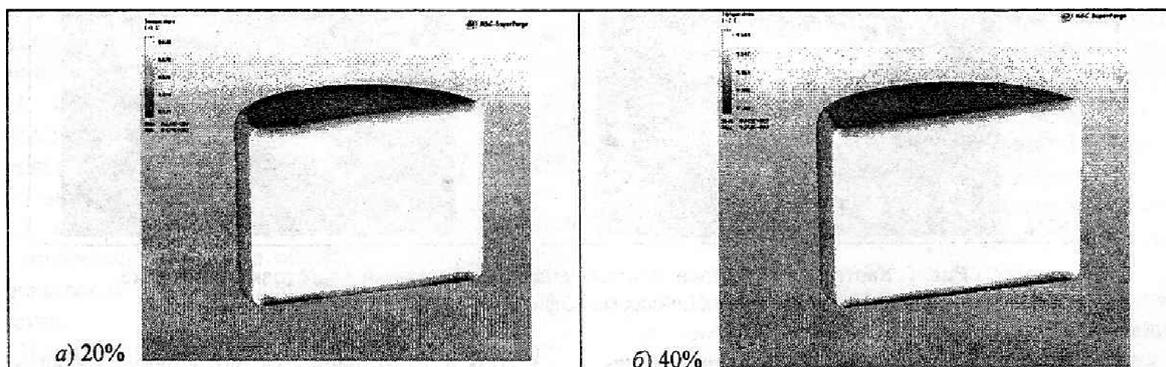


Рис. 2. Картина распределения интенсивности деформации в заготовке при осадке в плоских бойках (коэффициент трения равен 0,3)

- при осадке в плоских бойках с увеличением единичного обжатия интенсивности напряжения и деформаций концентрируются в местах перехода от деформируемой к недеформируемой части заготовки и по ковочному кресту (рис. 1, а, б, в, г, рис. 2, а, б, в, г и рис. 4, а, б, в, г);
- концентрация интенсивности напряжений и деформаций могут привести к образованию трещин, что так же ухудшает качество металла.

На формирование полос сдвига при горячей осадке сильное влияние оказывает градиент температуры и напряжения (рис. 3, а, б, в, г и рис.4, а, б, в, г). Начальная стадия образования полос сдвига включает развитие охлажденных зон в горячей заготовке, соприкасающихся с холодным инструментом. Эти зоны тоже ограничивают однородное течение, поскольку для их деформации требуются повышенные локальные напряжения.

Исследованием было установлено, что с увеличением контактных сил трения неравномерность деформации увеличивается и полосы сдвига еще больше сосредотачиваются в центральных зонах заготовки (рис. 1, а, б, в, г и рис. 2, а, б, в, г). При этом закономерность распределение температурного поля и интенсивности напряжения и их величина почти не изменяется.



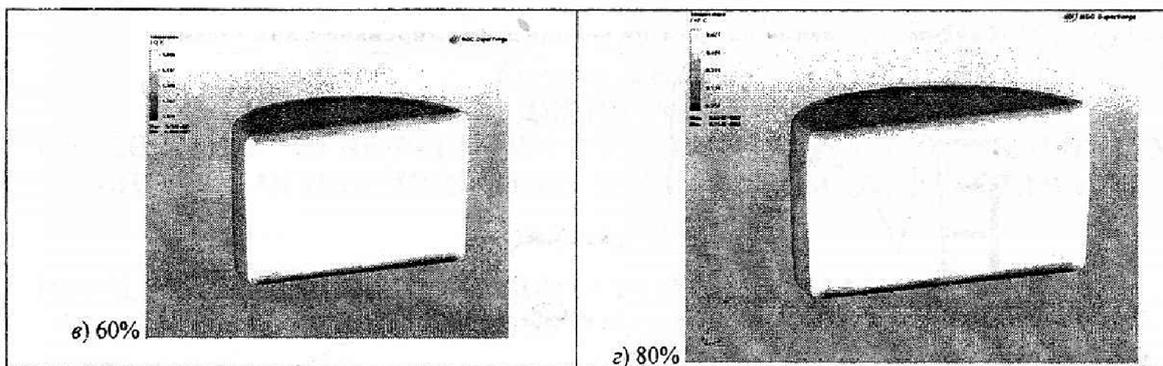


Рис. 3. Картина распределения температурного поля в заготовке при осадке в плоских бойках

Таким образом, при осадке существует три основные области: верхняя и нижняя области затрудненной деформации; средняя пластическая зона, расположенная между областями затрудненной деформации; боковые пластические области. При этом осадка с малыми единичными обжатиями при повышенных температурах сопровождается однородным деформацией, но с увеличением единичного обжатия возникают узкие полосы локализации деформации, которые распространяются по ковочному кресту.

Необходимо отметить, что область локального течения появляется в зонах заготовки, где интенсивность напряжений максимальны по величине и достигают некоторого количественного предела, а затем распространяются под действием градиента напряжений в соседние области. Возбуждая искусственно в очаге деформации области со значительной величиной сдвигающих напряжений и распространяя их на весь очаг деформации, создаем условия для усиления локализации деформации с соответствующим повышением температуры.

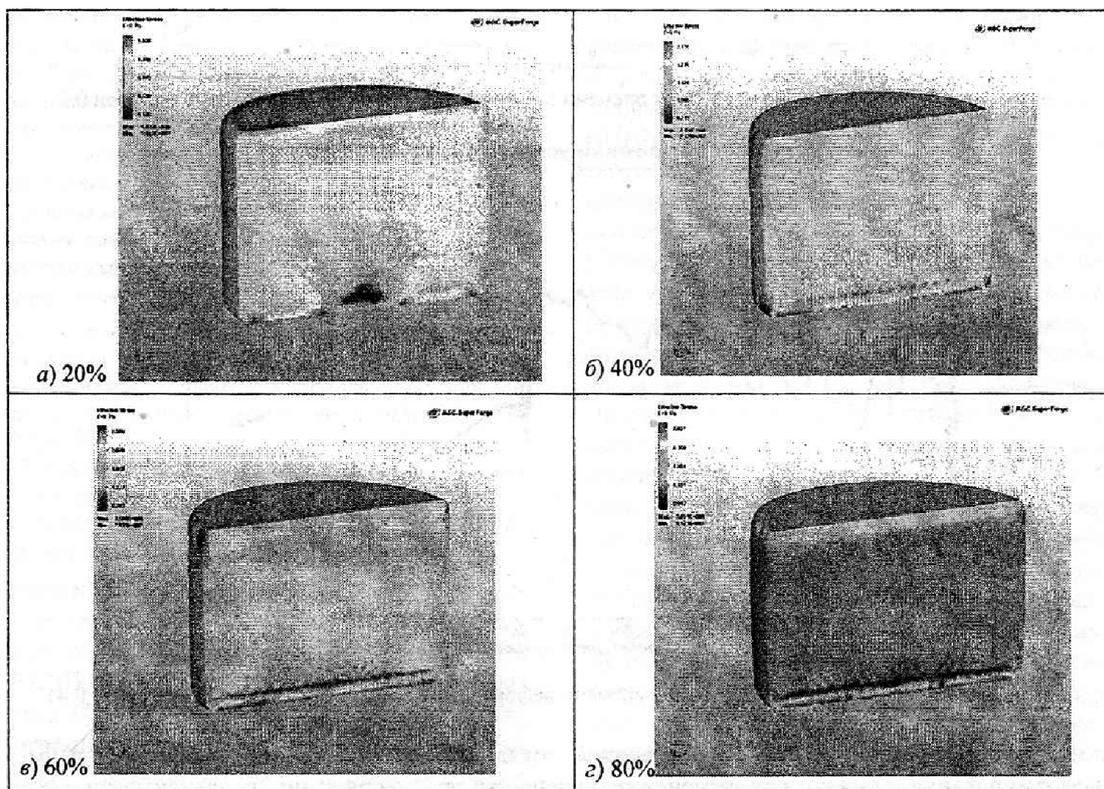


Рис. 4. Картина распределения интенсивности напряжения в заготовке при осадке в плоских бойках

В процессе осадки зоны интенсивного разогрева формируются на границах между подвижным и неподвижным металлом. Поскольку толщина граничного слоя может быть бесконечно малой, даже незначительные деформации могут вызвать сдвиг величиной в несколько тысяч процентов. Зародившись, полоса сдвига распространяется самостоятельно за счет адиабатического разогрева пограничного слоя. При этом сопротивление деформации металлов пограничного слоя уменьшается, что приводит к резкому уменьшению усилия деформирования (рис. 5 и рис. 6).

График изменения во времени усилия деформирования при осадке

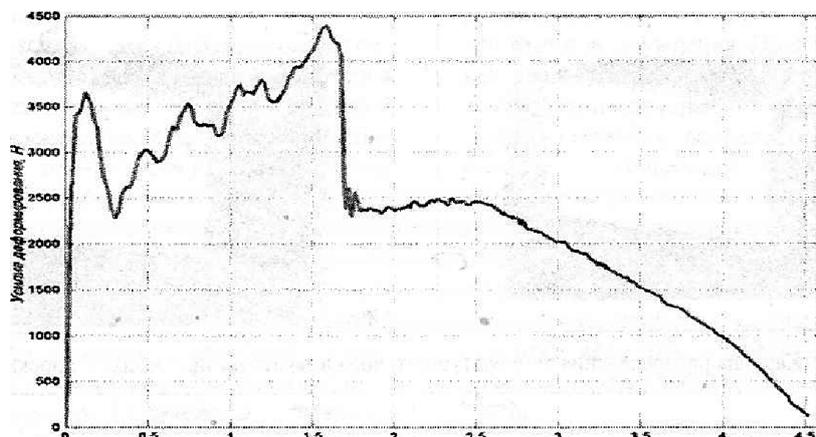


Рис. 5. Зависимость усилия осадки от времени деформирования (коэффициент трения равен 0,3) График изменения во времени усилия деформирования при осадке

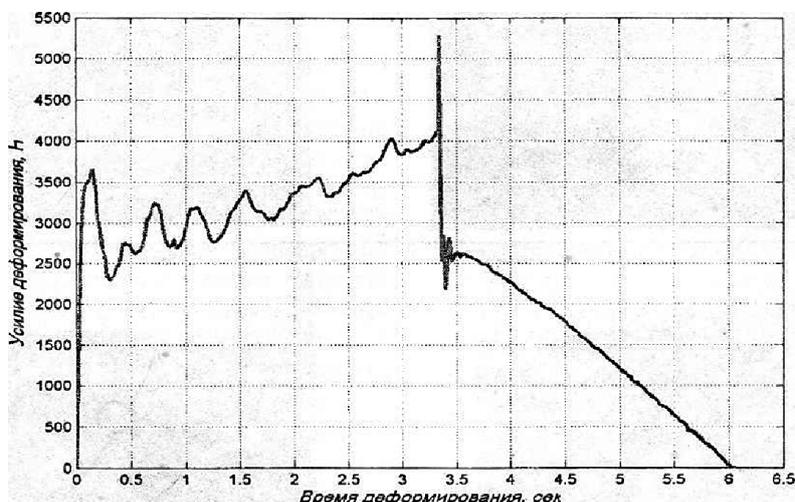


Рис. 6. Зависимость усилия осадки от времени деформирования (коэффициент трения равен 0,4)

Таким образом, можно отметить, что причиной локализации пластической деформации и уменьшение усилия деформирования служат, как изменения интенсивности напряжения в зависимости от величины деформации и контактных сил трения (рис. 5 и 6), так и появление теплового эффекта при осадке.

Литература:

1. Охрименко Я.М., Тюрин В.А. Неравномерность деформации при ковке. - М.: Машиностроение. 1969. 184 с.
2. Аношкин Н.Ф., Катая В.К., Катая Г.К. Локализация деформации при горячей обработке титановых сплавов // Кузнечно-штамповочное производство, 1983. №8. С.24 -26.
3. Пресняков А.А. Локализация пластической деформации, Алма-Ата, 1981, 122 с.
4. Локализация пластической деформации и неравновесные структурно-деформационные превращения /Б.К. Кенжалиев, Т.В. Черноглазова, Н.Н. Мофа и др. // - Алматы: Коплекс, 2004. - 271 с.
5. Машеков С.А., Биякаева Н.Т., Нуртазаев А.Е. Технологияковки в инструменте с изменяющейся формой. - Павлодар: Издательство «Кереку», 2008. 634 е.: ил.

Рецензент: к.т.н., доцент Какимов У.К.