

Машеков С.А., Нуртазиев А.Е., Алишнова А.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИ ПРОТЯЖКЕ КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ В ПЛОСКИХ БОЙКАХ

S.A. Mashekov, A.E. Nurtazaev, A.M. Alshynova

STUDY OF STRESSED STATE AT BROACHING ROUND BILLET IN PLANAR STRIKERS

УДК: 656.13

В статье исследовано напряженное состояние при протяжке круглой заготовки в плоских бойках.

In article was studied stressed state at broaching round billet in planar strikers.

Для уменьшения поперечного сечения и увеличения длины заготовки при ковке по схеме "квадрат-квадрат", "круг-квадрат-круг" или "круг-круг" широко используют протяжку в плоских бойках. Результаты исследования напряженно-деформированного состояния металла при ковке в плоских бойках показывают, что деформация локализуется по ковочному кресту, а максимальная деформация сосредоточивается в центральной части заготовки. При этом в прилегающих к инструменту зонах поковки возникают значительные контурные растягивающие напряжения и деформации, которые при ковке поковок из малопластичных сплавов могут привести к нарушению сплошности металла [1,2,3].

Необходимо отметить, что основным недостатком работ [1,2,3] является рассмотрение неравномерности распределения напряжения по сечению заготовки с позиции единичного обжатия. Известно, что уровень и стабильность свойств материала поковок зависят от величины напряжения после каждого обжатия и кантовок, расчет которой в выше указанных работах не приводился. Критерии оптимизации углов кантовки у разных исследователей различен. В результате этого, данные по величине угла кантовки заготовки в плоских бойках достаточно противоречивы и нуждаются в уточнении.

Упругие свойства

Property	Value
Young's Modulus	199300000000
Poisson's Ratio	0.31
Density	7910
Thermal Conductivity	45.75
Specific heat & heat capacity	473

Пластические свойства

Property	Value
Minimum Yield Stress, S	100000000
Yield Coefficient, C1	41700000
Strain-Hard Exp. (n)	0.2
Fraction of mechanical work that will be converted to heat	0
Coeff. of Thermal Expansion	1.51e-005
Reference Temp. at stress free state	0

Поэтому для создания рациональной технологииковки в плоских бойках и определение оптимальной величины углов кантовки и единичного обжатия было исследовано напряженное состояние (НС) заготовки при протяжке в данных бойках.

Исследование НС заготовки в процессе протяжки с точки зрения математического моделирования является сложным процессом из-за очень большого числа определяющих параметров и неоднозначным характером их влияния. Корректная постановка задачи даже для простых случаев протяжки приводит к системе интегрально-дифференциальных уравнений, решить которую аналитически не представляется возможным. Однако в настоящее время для решения подобных задач широко применяется метод конечных элементов реализованный в программных продуктах конечно-элементного анализа. Одним из лидеров в программных продуктах конечно-элементного анализа специализированных для расчета процессов обработки металлов давлением является MSC.Super Forge. Достоверность расчетов и эффективность применения MSC.Super Forge для компьютерного моделирования процессовковки и штамповки подтверждает опыт ведущих промышленных компаний Японии, США и ЕС, таких как Sumitomo Heavy Industries, Ford, BMW, Toyota Motor Co и DENSO.

Рассматривается процесс протяжки в плоских бойках. Задача исследования объемного НС заготовки в процессе протяжки является контактной, упругопластической, нелинейной, с учетом температурного режима деформирования, а также больших перемещений и деформаций. Требуется произвести расчет НС в заготовки при многократной кантовке и обжатии.

Заготовки представляет собой цилиндр размером 060*300 мм. Из базы данных материалов назначали материал S20C (сталь Ст.3 по стандарту стран СНГ) протягиваемой заготовке имеющий следующие свойства:

Диаграмма деформирования стали S20C в зависимости от степени и скорости деформации представлена на рисунке 1.

Таким образом, в качестве материала заготовки выбрана углеродистая сталь Ст3 с температурным диапазоном деформирования 9001250 °С. Для моделирования пластичности материала заготовки была выбрана упругопластическая модель Джонсона-Кука. В MSC. Super Forge инструменты принимаются абсолютно жесткими и обеспечивают только свойства теплопроводности и теплопередачи, т.е. удельная теплопроводность, удельная теплоемкость и плотность приняты во внимание, а механические свойства игнорируются. Материалу бойка, но умолчанию, присваивается инструментальная сталь H13, которой плотность и тепловые свойства будут назначены также по умолчанию.

Взаимодействие между жестким бойком и деформируемым материалом заготовки моделируется с помощью контактных поверхностей, которые описывают контактные условия между поверхностями бойков и поверхностью заготовки. В процессе моделирования контактные условия постоянно обновляются, отражая движение бойков и деформацию материала, что позволяет моделировать скольжение между бойком и материалом обрабатываемой заготовки. Контакт между бойком и заготовкой смоделировал трением по Кулону, коэффициент трения был принят 0,3.

Температурный режим при протяжке состоит из обмена тепла между бойком, заготовкой и окружающей средой, а также из теплового эффекта за счет деформации металла. Теплоперенос осуществляется при конвективном и лучистом обмене с окружающей средой и контакте бойка с заготовкой. Процесс протяжки проходит при комнатной температуре, поэтому начальную температуру бойка принимаем равным 20°C.

Трехмерная геометрическая модель заготовки и бойка была построена в CAD) программе Inventor и импортирована в CAD программу MSC.SuperForge. При создании конечно-элементной модели заготовки и бойка был использован трехмерный объемный элемент STETRA (четырёхузловой тетраэдр) применяемый для моделирования трехмерных тел (рисунок 2). Для модели заготовки потребовалось 4146 элементов и 6360 узла. Время расчета процесса составило 28 мин на компьютере Pentium Duo с тактовой частотой 3,4 ГГц и оперативной памятью 2 Гбайта.

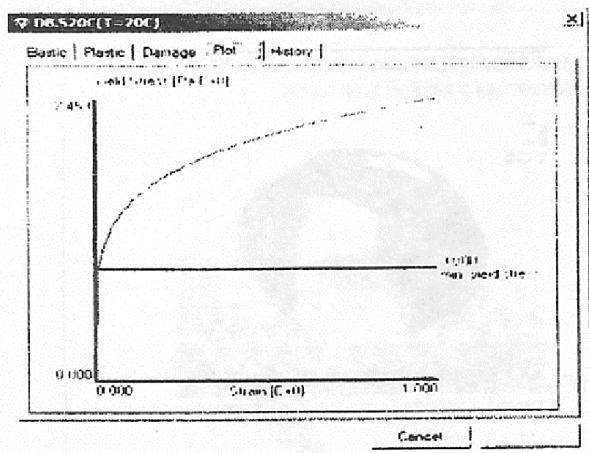


Рис. 1. Диаграмма деформирования стали S20C в зависимости от степени и скорости деформации

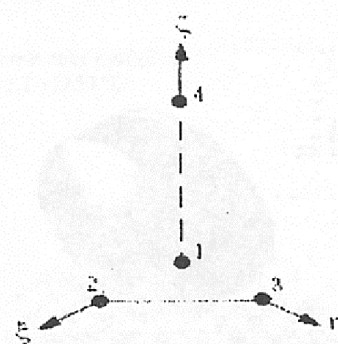


Рис. 2. Конечно элемент STETRA

На рисунках 3,4, 5 представлены картины распределения интенсивности напряжений по сечению заготовки при протяжке в плоских бойках с различными обжатиями (были выбраны 20, 40, 60 и 80 процентов от полного времени деформирования) и кантовками.

На основе полученных результатов численного моделирования установлено, что

-при протяжке круглой заготовки в плоских бойках интенсивность напряжения локализуется в начальном этапе первого обжатия в поверхностных зонах заготовки, а с увеличением обжатия из-за возникновения силы трения интенсивность напряжения сосредотачиваются по ковочному кресту (рисунок 3 а и б);

- при первом обжатии в прилегающих к инструменту зонах поковки интенсивность напряжения по величине является максимальной, а в центральных зонах соприкосновение плоского инструмента с заготовкой интенсивность напряжения являются, наоборот, минимальной (рисунок 3 с/ и б);

-кантовки заготовки на 30°, 60°, 90°, 120°, 150°, 180° и деформирование с обжатием 20, 40 процентов от полного времени деформирования приводит к локализации напряжения на поверхности заготовки, а увеличение обжатия до 60 и 80 процентов от полного времени деформирования позволяет сосредоточить интенсивность напряжения от поверхности до центра (рисунки 3 в,г, 4, 5), при этом с увеличением обжатия происходит поворот участка локализованной интенсивности напряжения по сечению заготовки;

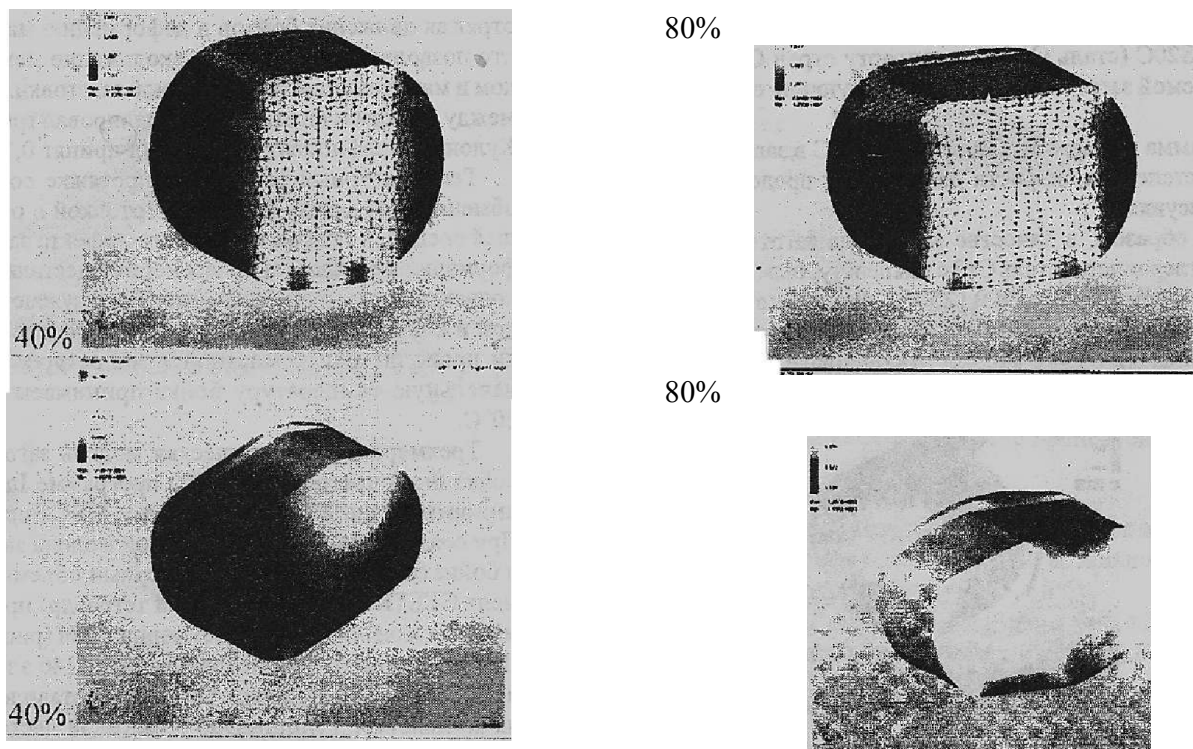


Рис. 3. Картина распределения интенсивности напряжений в заготовке при ковке в плоских бойках (первое обжатие а и б) с кантовкой 30° (в и г), $t=1250^{\circ}\text{C}$

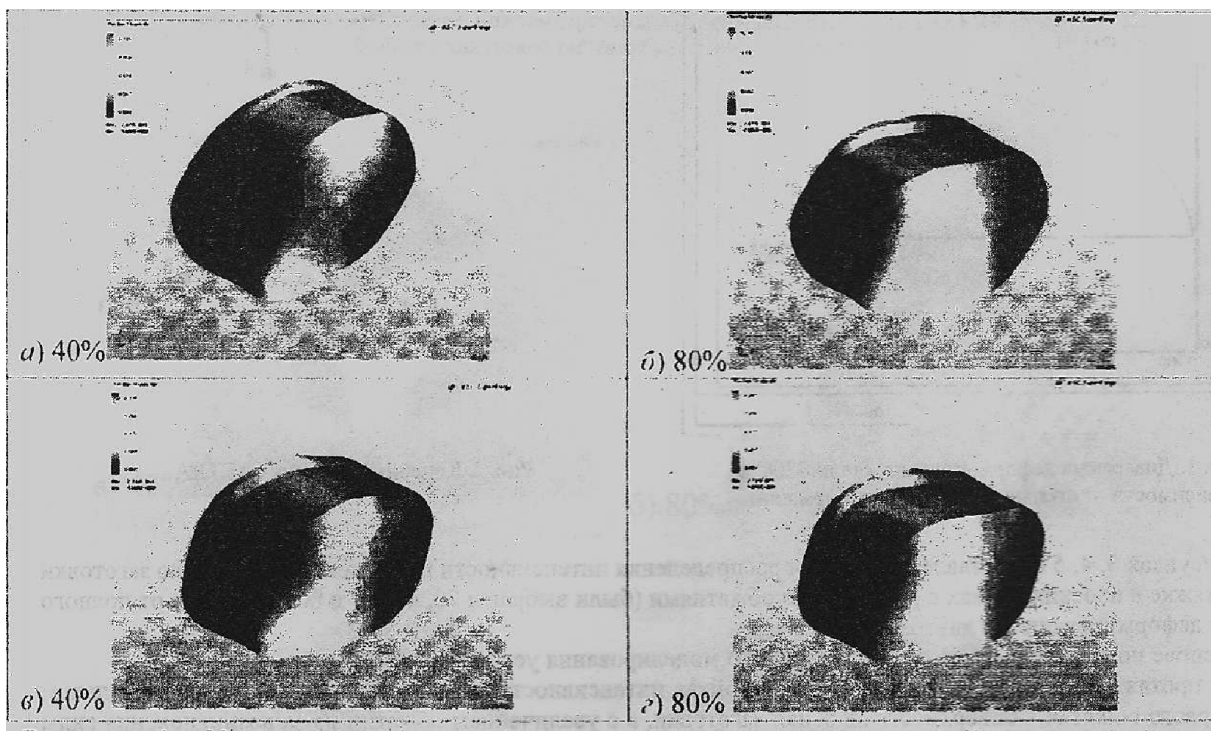


Рис. 4. Картина распределения интенсивности напряжений в заготовке при ковке в плоских бойках с кантовкой 60° (а и б) и 90° (в и г), $t=1250^{\circ}\text{C}$

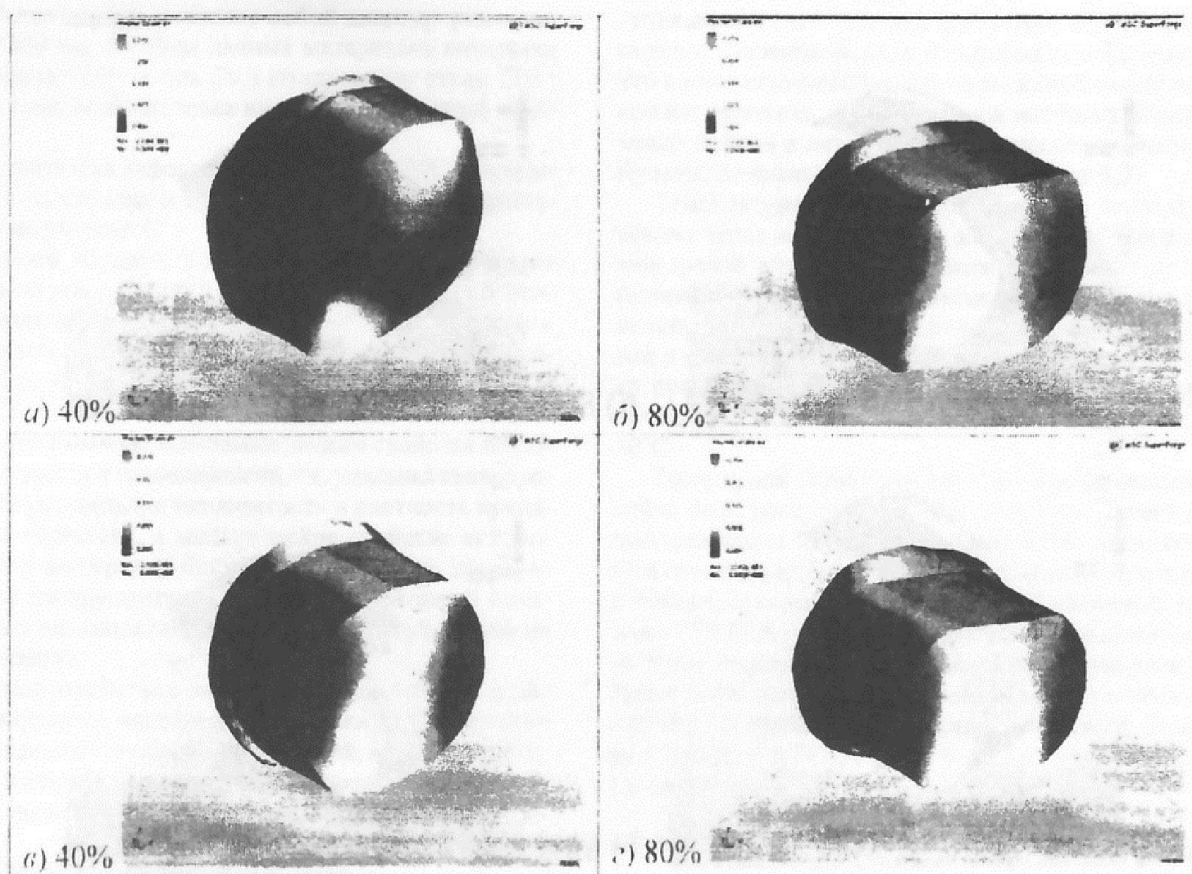


Рис. 5. Картина распределения интенсивности напряжений в заготовке при ковке в плоских бойках с кантовкой 120° (а и б) и 150° (в и г), $t=1250\text{ }^{\circ}\text{C}$

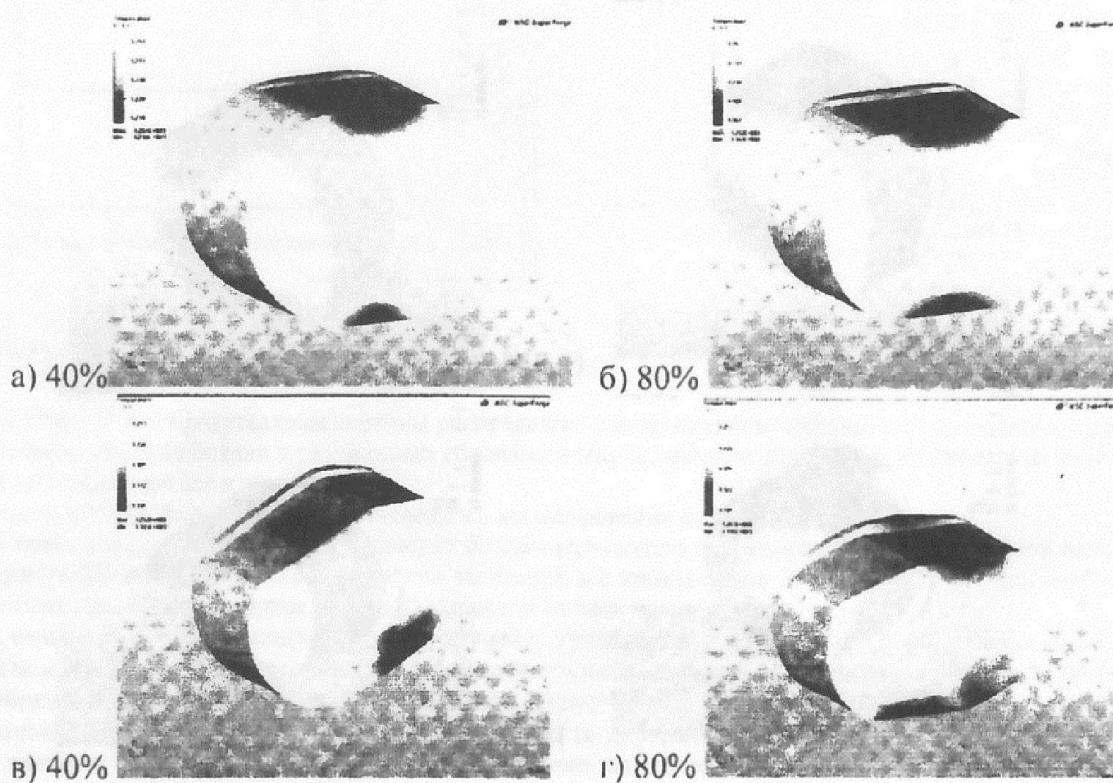


Рис. 6. Картина распределения температурного поля в заготовке при ковке в плоских бойках (первое обжатие а и б) с кантовкой 30° (в и г), $t=1250\text{ }^{\circ}\text{C}$.

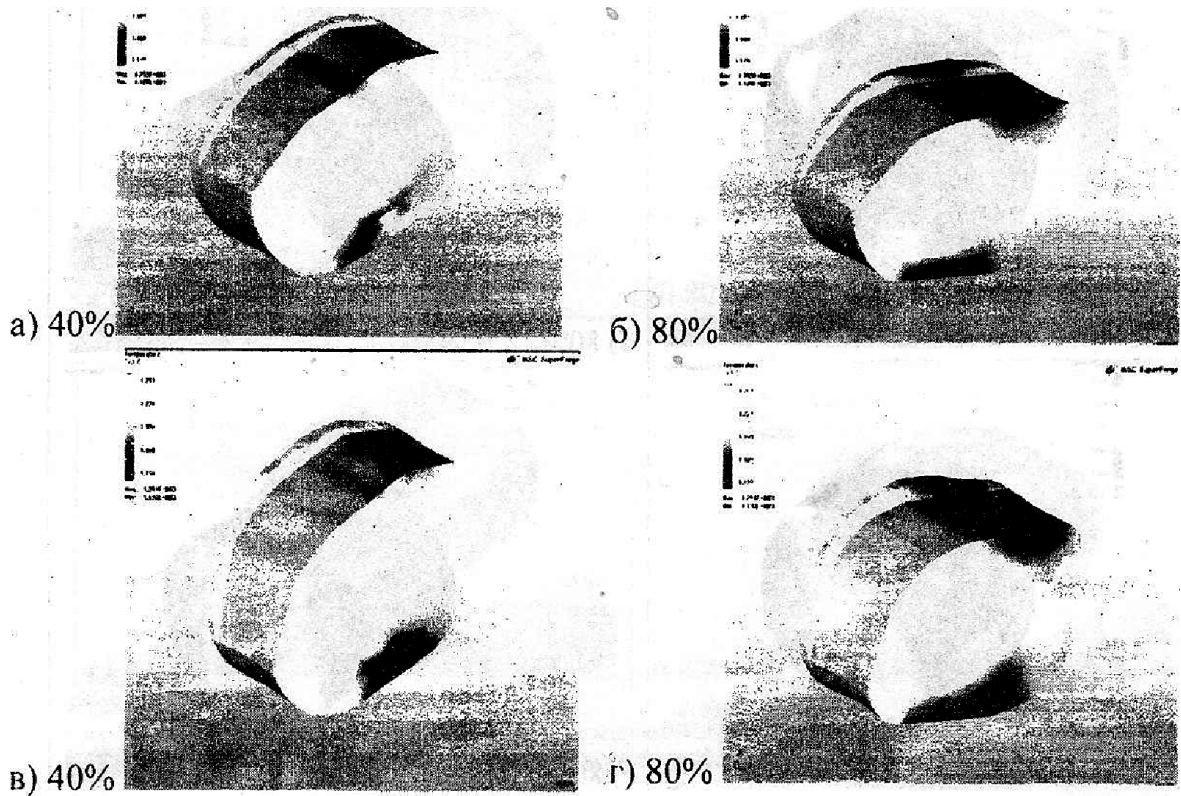


Рис. 7. Картина распределения температурного поля в заготовке при ковке в плоских бойках с кантовкой 60° (а и б) и 90° (в и г), $t = 1250^{\circ}\text{C}$.

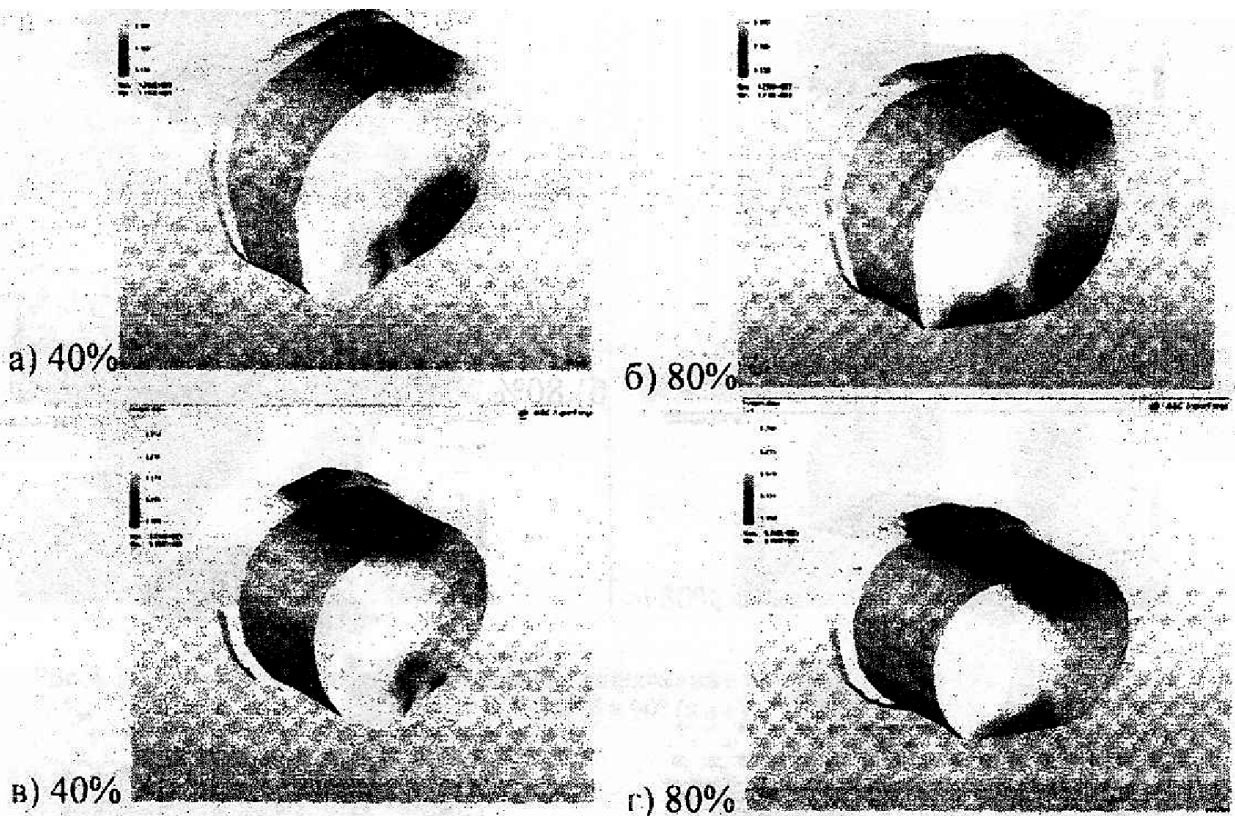


Рис. 8. Картина распределения температурного поля в заготовке при ковке в плоских бойках с кантовкой 120° (а и б) и 150° (в и г), $t = 1250^{\circ}\text{C}$.

- процессе протяжки в плоских бойках в зонах локализации напряжения повышается температура (рисунок б, 7, 8), при этом зона с повышенной температурой так же смещается в очаге деформации;
- в зонах контакта инструмента с заготовкой температура металла падает до температуры 1100°C ;

- при ковке круглой заготовки в плоских бойках с кантовкой 30° , 60° , 90° , 120° , 150° и 180° из-за разворота зон с максимальным интенсивным напряжением по сечению заготовки интенсивно развиваются макросдвиговые деформации по очагу деформации вызывающие глубокие изменения в структуре металла за счет измельчения исходной структуры металла;
- результатом измельчения исходной структуры металла является повышение уровня и однородности механических свойств металла, а также снижение иханизотропии свойств. Таким образом, протяжкой круглой заготовки плоских бойках с углом кантовки 30° , 60° , 90° , 120° , 150° и 180° можно получить поковку с мелкозернистой структурой с высокими механическими свойствами.

Литература:

1. Антощенко Ю.М. Расчет процессовковки. - М.: Машиностроение, 2001,240 с.
2. Оптимизация геометрии инструмента и режимовковки валов/15.И. Шкарлет, В.А. Петров, А.В. Котелкин и др. / Труды Фрунзенского политехнического института, Фрунзе, \$988. 88 с.
3. Машеков С.Л., Смирнов В.К., Омаров А.Д. Технология производства транспортных полуфабрикатов. Алматы: Бастау, 2002.384 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Жанбирова Ж.Г.С
