

Алишнова А.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИИ И НАПРЯЖЕНИЯ ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ НА РАДИАЛЬНО-КОВОЧНОЙ МАШИНЕ

A.M. Alshynova

STUDY OF THE DISTRIBUTION DEFOTMATION AND STRESS OF THE PROCESS BROACHING ROUND BILLET ON RADIAL FORGING MACHINE

УДК: 656.13

В статье исследовано напряженно-деформированное состояние при протяжке круглой заготовки на радиально-ковочной машине.

In article was studied stress-strain state at broaching round billet on radial forging machine.

Для уменьшения поперечного сечения и увеличения длины заготовки при ковке по схеме «круг-круг» широко используют протяжку на радиально-ковочной машине (РКМ). Результаты исследования напряженно-деформированного состояния металла при ковке на РКМ показывают, что максимальная деформация и напряжение сосредотачиваются в поверхностной зоне заготовки [1,2]. При этом в прилегающих к инструменту зонах поковки возникают контурные растягивающие напряжения и деформации, которые при протяжке поковок из малопластичных сплавов могут привести к нарушению сплошности металла.

Необходимо отметить, что основным недостатком известных работ является рассмотрение неравномерности распределения напряженно-деформированного состояние (НДС) по сечению протягиваемой заготовки с позиции единичного обжатия. Известно, что уровень и стабильность свойств материала поковок зависит от величины напряжения и деформации после каждого обжатия и кантовок, расчет которой в известных работах не приводится. Критерии оптимизации углов кантовки у разных исследователей различен. В результате этого, данные по величине угла кантовки заготовки протягиваемой на РКМ достаточно противоречивы и нуждаются в уточнении. Поэтому для создания рациональной технологии протяжки на РКМ и определение оптимальной величины углов кантовки и единичного обжатия было исследовано НДС заготовки при протяжке на данном оборудовании.

Исследование НДС заготовки в процессе протяжки с точки зрения математического моделирования является сложным процессом из-за очень большого числа определяющих параметров и неоднозначным характером их влияния [1,2]. 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.SuperForge. Достоверность расчетов и эффективность применения MSC.SuperForge 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.

Задача исследования объемного НДС заготовки в процессе протяжки на РКМ является контактной, упру-гопластической, нелинейной, с учетом температурного режима деформирования, а также больших перемещений и деформаций. Произвели расчет НДС в заготовки при многократном кантовке и обжатии.

Для расчета использовали цилиндрический образец размером 060*300 мм. Из базы данных материалов назначали материал S20C (сталь Ст.3 по стандарту стран СНГ) протягиваемой заготовке имеющий следующие свойства:

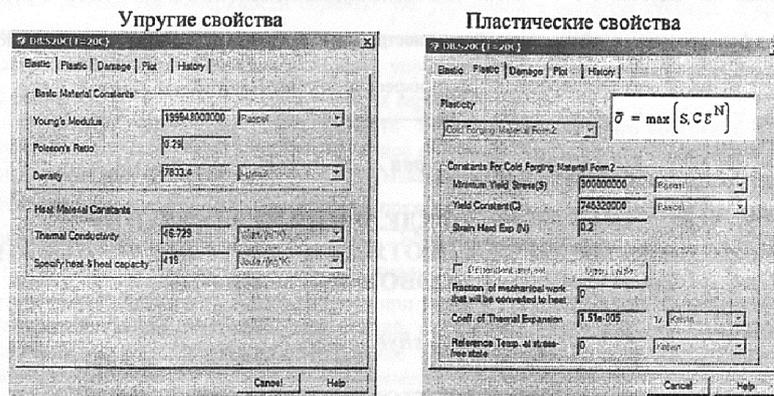


Диаграмма деформирования стали S20C в зависимости от степени и скорости деформации представлена на рисунке 1.

Таким образом, в качестве материала заготовки выбрали углеродистую сталь Ст3 с температурным диапазоном деформирования 900 - 1250 °С. Для моделирования пластичности материала заготовки выбрали упругопластическую модель Джонсона-Кука. В MSC.SuperForge 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, по 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 смоделирован 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°С.

Трехмерная геометрическая модель заготовки и бойка была построена в САД программе Inventor и импортирована в САЕ программу MSC.SuperForge. При создании конечно-элементной модели заготовки и бойка был использован трехмерный объемный элемент CTETRA (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.

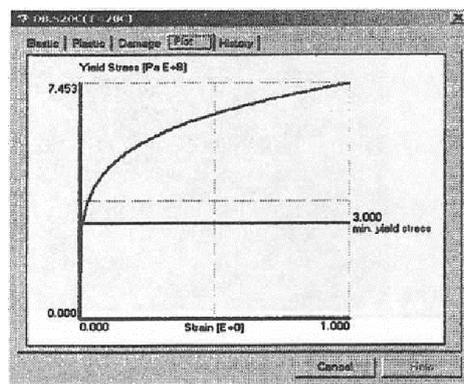


Рис. 1. Диаграмма деформирования стали S20 С в зависимости от степени и скорости

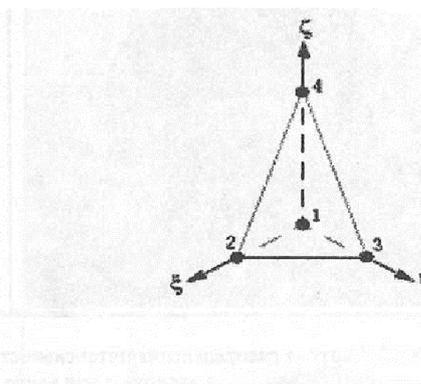


Рис. 2. Конечный элемент CTETRA

На рисунках 3, 4, 5 представлены картины распределения НДС по сечению заготовки при протяжке на РКМ 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 на РКМ интенсивность напряжения и деформации локализуются на начальном этапе первого обжатия в поверхностных зонах заготовки, а с увеличением обжатия из-за возникновения силы трения акцент интенсивности напряжении переносится от поверхности к средней части радиуса заготовки (рисунок 3);

- при первом обжатии прилегающей к инструменту зонах поковки, а также в зонах находящиеся немного ниже зоны соприкосновения плоского инструмента с заготовкой интенсивность напряжения и деформации по величине является максимальной (рисунок 3 а и б);

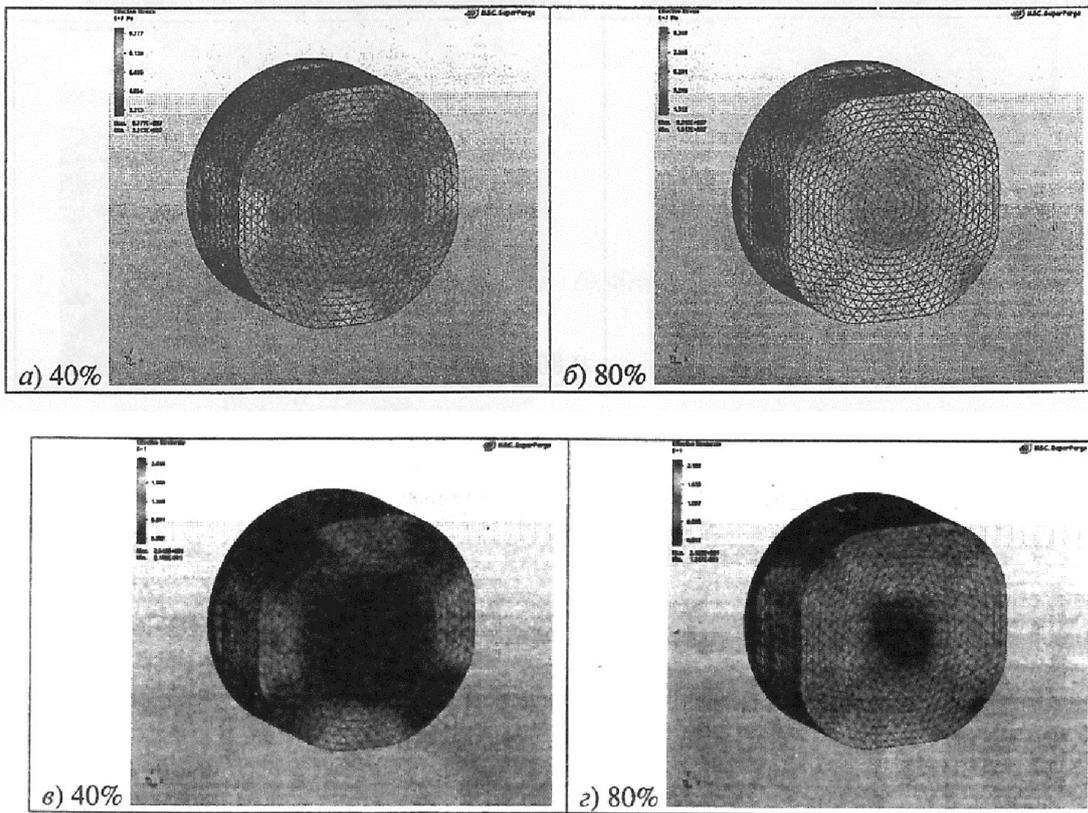


Рис.3. Картина распределения интенсивности напряжений (а и б) и деформации (в и г) в заготовке при ковке на РКМ, $t = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$

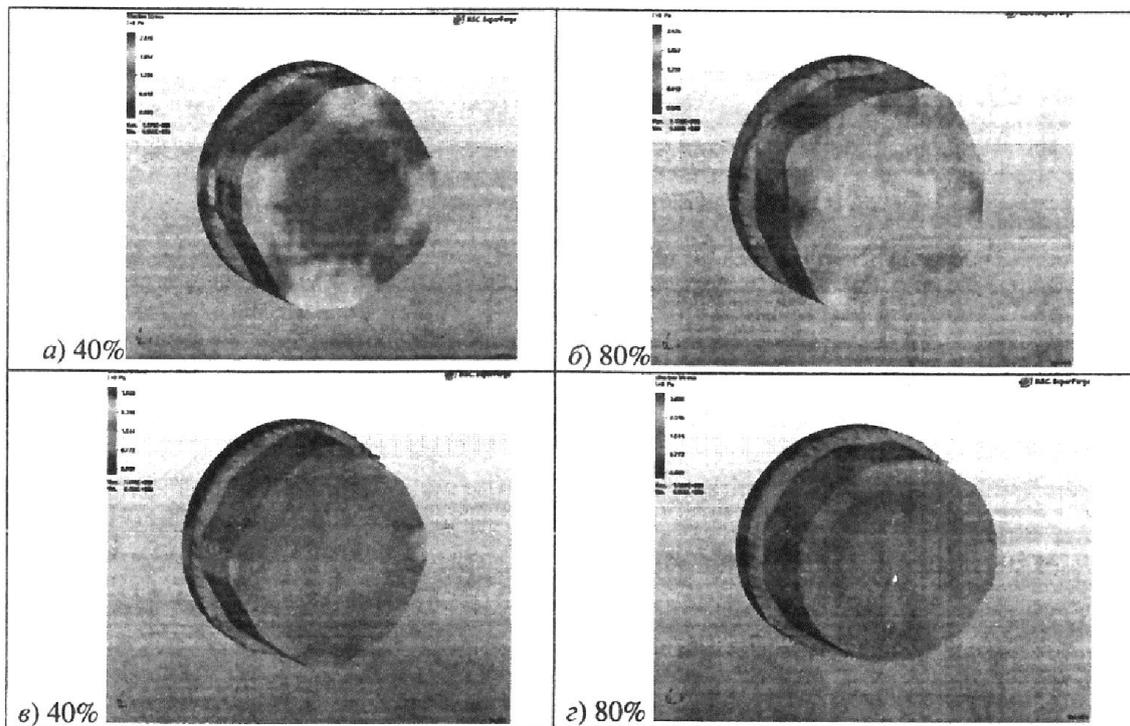


Рис. 4. Картина распределения интенсивности напряжений в заготовке при ковке на РКМ с углом кантовки 30° (а и б) и 60° (в и г), $t = 1150\text{ }^{\circ}\text{C}$

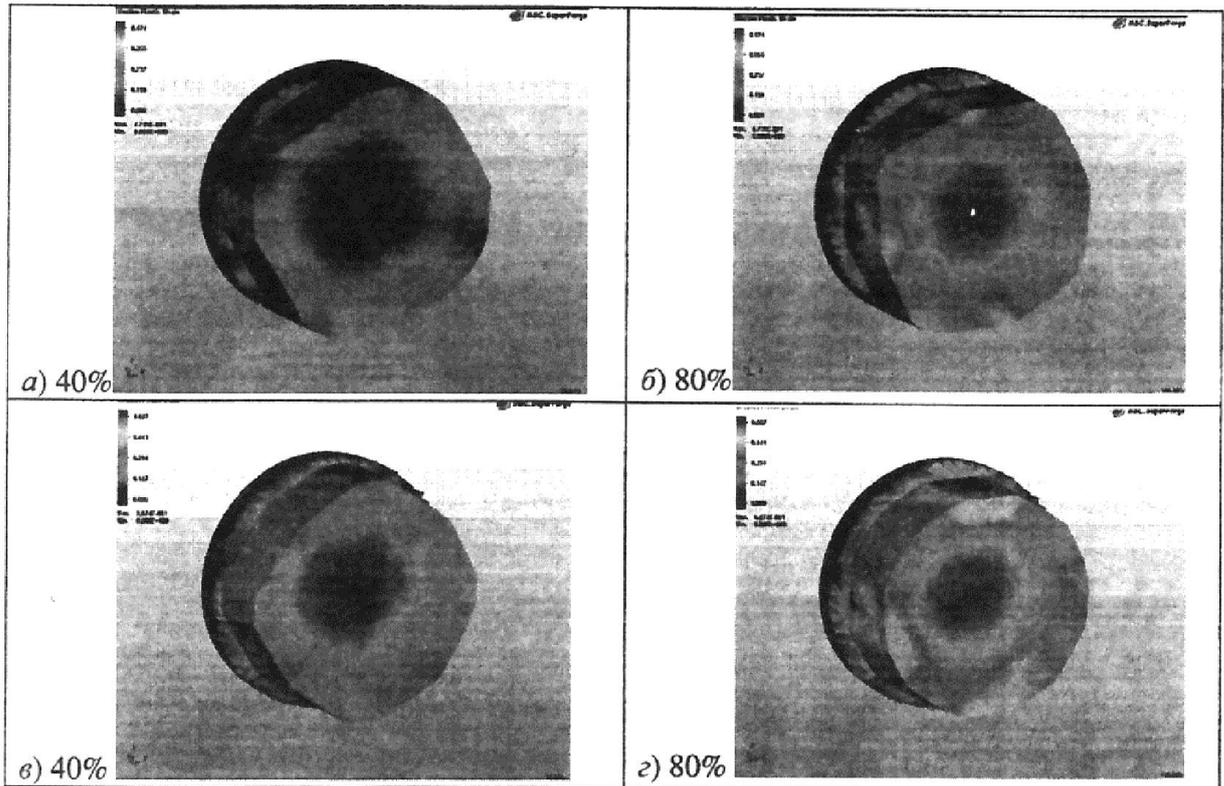
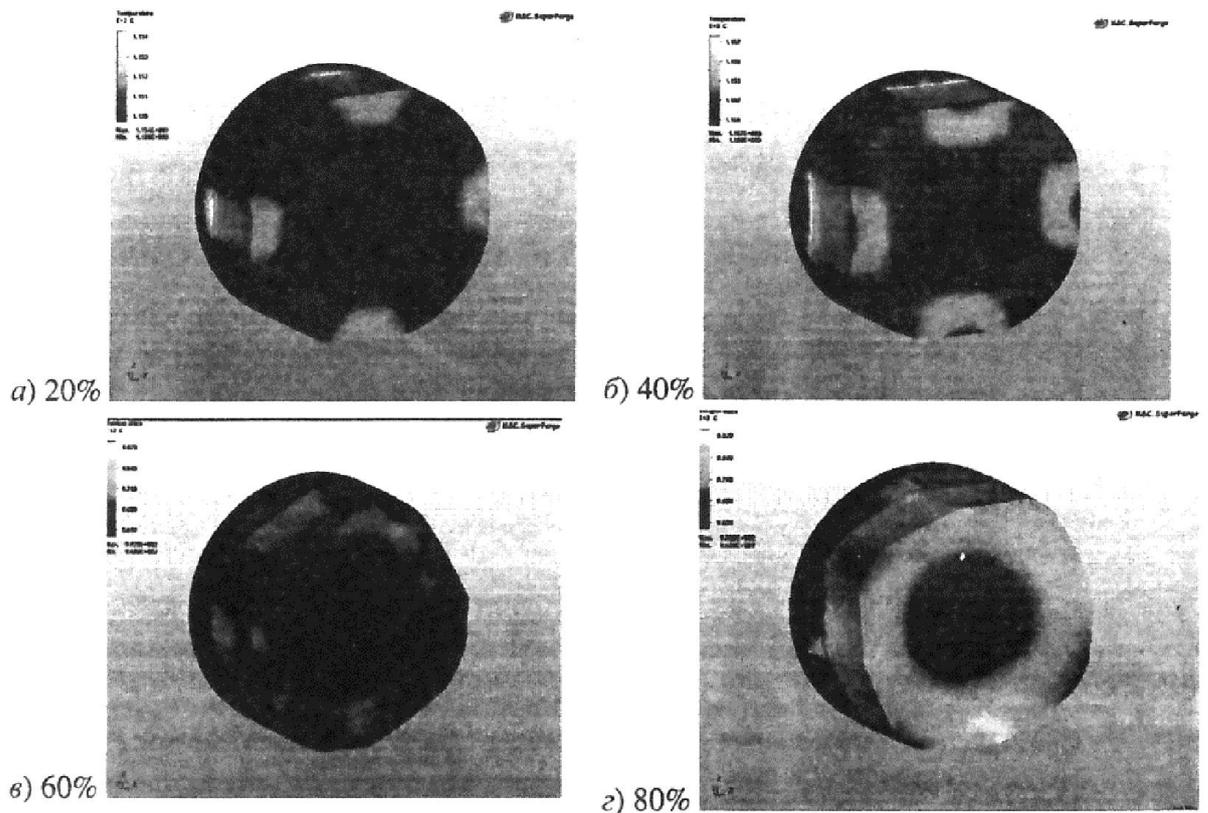


Рис. 5. Картина распределения интенсивности деформаций в заготовке при ковке на РКМ с углом кантовки 30° (а и б) и 60° (в и г), $t = 1150^\circ\text{C}$



а и б – первое обжатие; в и г – после кантовки на 30° и обжатия
Рис. 6. Картина распределения температурного поля в заготовке при ковке на РКМ, $t=1150^\circ\text{C}$