

ТЕХНИКА И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Алишынова А.М.

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
ПРОЦЕССА ПРОТЯЖКИ КРУГЛОЙ ЗАГОТОВКИ**

В ВЫРЕЗНЫХ БОЙКАХ

A.M. Alshynova

**STUDY OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE PROCESS BROACHING OF ROUND
BILLET IN CUTOUT STRIKERS**

УДК: 656.13

*В статье исследовано напряженно-деформированное состояние при протяжке круглой заготовки в вырезных бойках.
In article was studied stress-strain state at broaching round billet in cutout strikers.*

Влияниековки на механические свойства металла, на макроструктуру, на заковку внутренних дефектов и другие его качественные показатели зависят от термомеханического режимаковки, то есть от температурных условийковки и от механического режима деформации. Под механическим режимом понимается совокупность технологических параметров (форма заготовки, форма инструмента, относительная подача, схема кантовки и переходов), определяющих напряжения и деформации в металле при ковке [1].

Для улучшения качества металла при ковке слитка необходимо прежде всего обеспечить заковку макро- и микропустот усадочного происхождения [1]. Для этого следует вести ковку так, чтобы в металле действовали сжимающие напряжения по всем направлениям. Появление в отдельных участках объема металла растягивающих напряжений даже в одном направлении способствуют появлению и развитию дефектов, особенно в тех зонах слитка, где металл имеет пониженную пластичность. Для того чтобы обеспечить равномерную заковку дефектов и улучшение механических свойств металла во всем объеме поковки, необходимо создать условия для более или менее равномерного распределения деформации.

Из механики деформируемого тела известно [2], что напряжения и деформации в любой точке объема деформируемого металла зависят от граничных условий, в частности от характера приложения внешней нагрузки, а также от свойств деформируемого металла. Характер приложения внешней нагрузки зависит от формы бойков и формы заготовки. Так, например, напряжения, возникающие при ковке круглой заготовки вырезными бойками, резко отличаются от напряжений, возникающих при ковке этой же заготовки плоскими бойками. В первом случае возникающие напряжения способствуют завариванию всех несплошностей металла, а во втором при определенных условиях даже в качественном и пластичном металле могут появиться осевые дефекты.

В работе [1] дано описание исследований влияния геометрии инструмента, проведенных в заводских условиях. Осуществлялась протяжка в вырезных бойках по различным режимам. При этом было установлено, что изменение величины обжатия и углов кантовки существенно влияет на равномерность проработки структуры по сечению слитка. Наилучшее качество металла было достигнуто при угле выреза 110°. Наибольшая производительность наблюдается при увеличении угла выреза до 130°. При равенстве выреза бойков исходному диаметру поковки, наблюдается лучшая проработка осевых частей поковки.

Необходимо также отметить, что основным недостатком многих известных работ является рассмотрение неравномерности деформации по сечению заготовки с позиций единичного обжатия. Известно, что уровень и стабильность свойств материала поволоки зависит от величины накопленной деформации, расчет которой в выше указанных работах не приводился. Критерий оптимизации углов кантовки у разных исследователей различен. В результате этого, данные величины угла кантовки заготовки в вырезных бойках достаточно противоречивы и нуждаются в уточнении.

Поэтому для создания рациональной технологии протяжки в вырезных бойках и определение оптимальной величины углов кантовки и единичного обжатия было исследовано НДС заготовки при протяжке в данном инструменте.

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 подтверждает опыт ведущих промышленных компаний Японии, США и ЕС.

Задача исследования объемного НДС заготовки в процессе протяжки в вырезных бойках является контактной, упругопластической, нелинейной, с учетом температурного режима деформирования, а также больших перемещений и деформаций.

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:

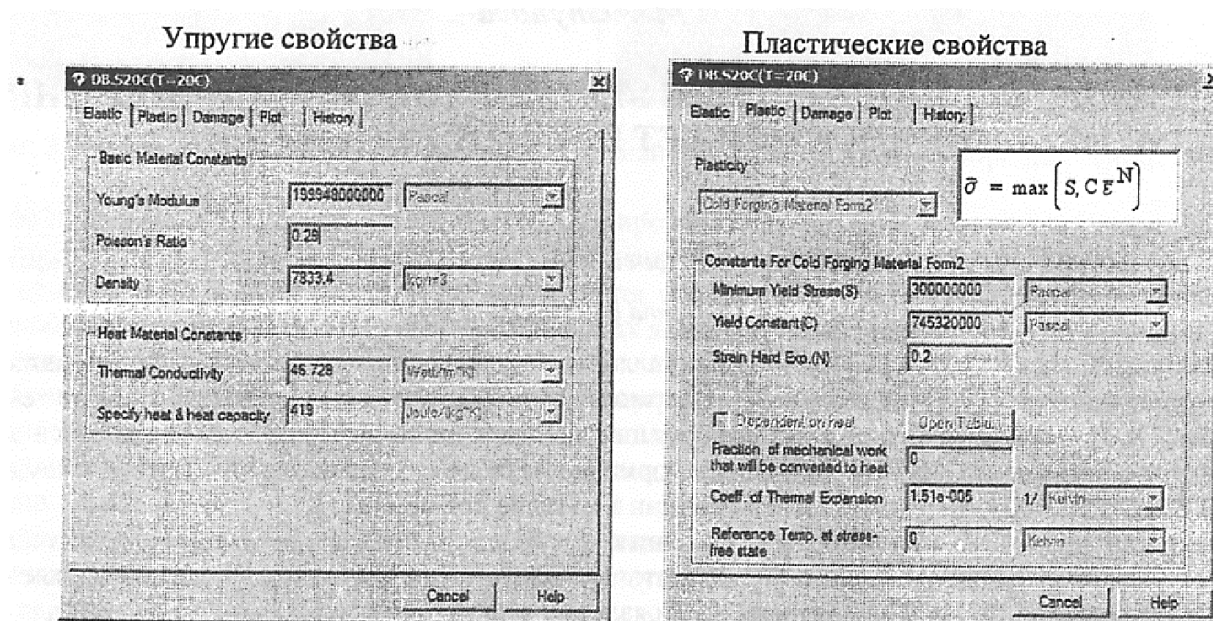


Диаграмма деформирования стали S20C в зависимости от степени и скорости деформации представлена на рисунке 1.

Таким образом, в качестве материала заготовки выбрали углеродистую сталь Ст3 с температурным диапазоном деформирования 900 - 1250 °С. Для моделирования пластичности материала заготовки выбрали упругопластическая 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, плотность которой 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°C.

Трехмерная геометрическая модель заготовки и бойка была построена в CAD программе Inventor и импортирована в CAE программу MSC.Super Forge. При создании конечно-элементной модели заготовки и бойка был использован трехмерный объемный элемент ТЕТРА (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 Г байта.

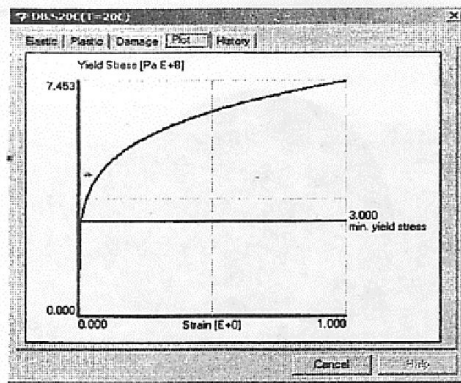


Рис. 1. Диаграмма деформирования стали S20C в зависимости от степени и скорости деформации

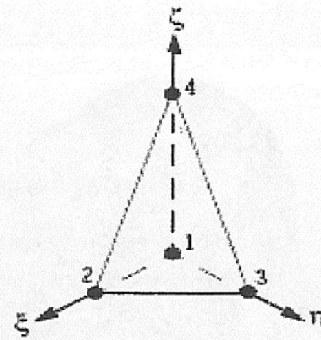
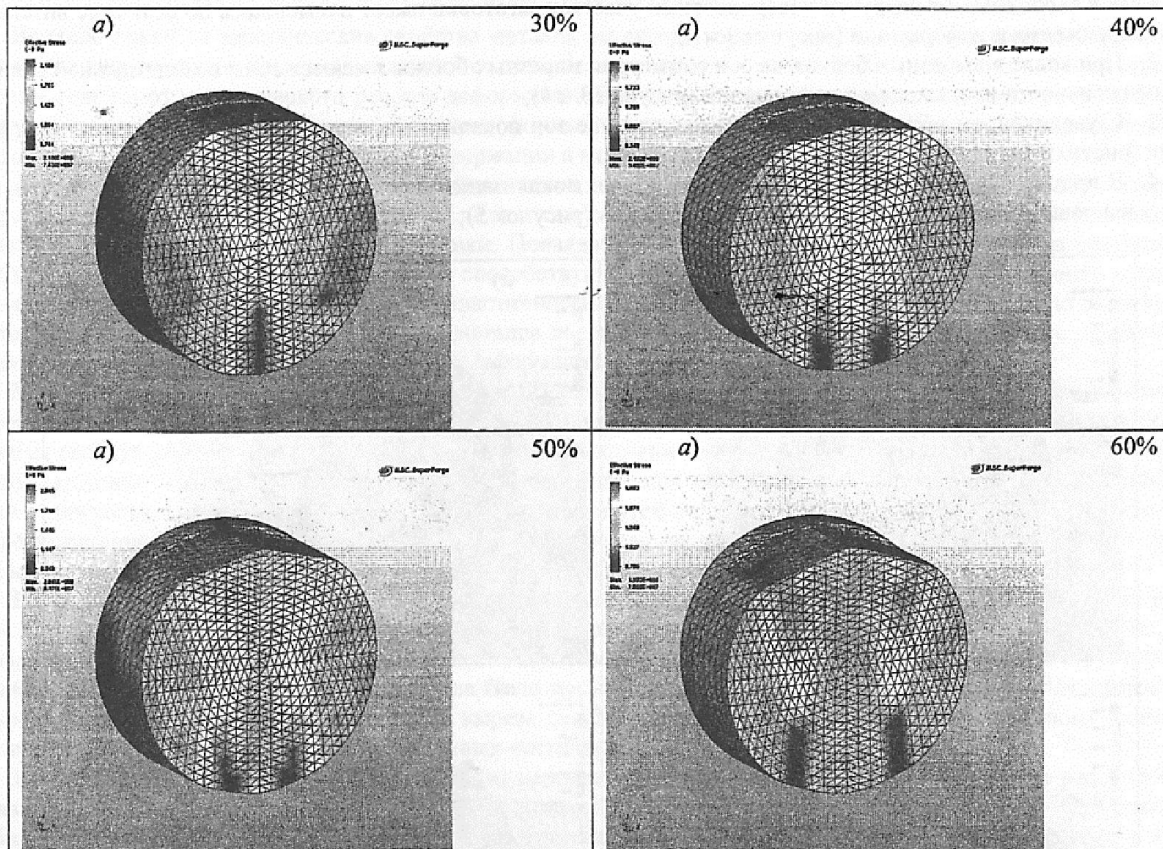


Рис. 2. Конечный элемент ТЕТРА

На рисунках 3, 4, 5 представлены картины распределения НДС по сечению заготовки при протяжке в вырезных бойках с различными обжатиями (были выбраны 30, 40, 50, 60, 70 и 80 процентов от полного времени деформирования) и кантовками.



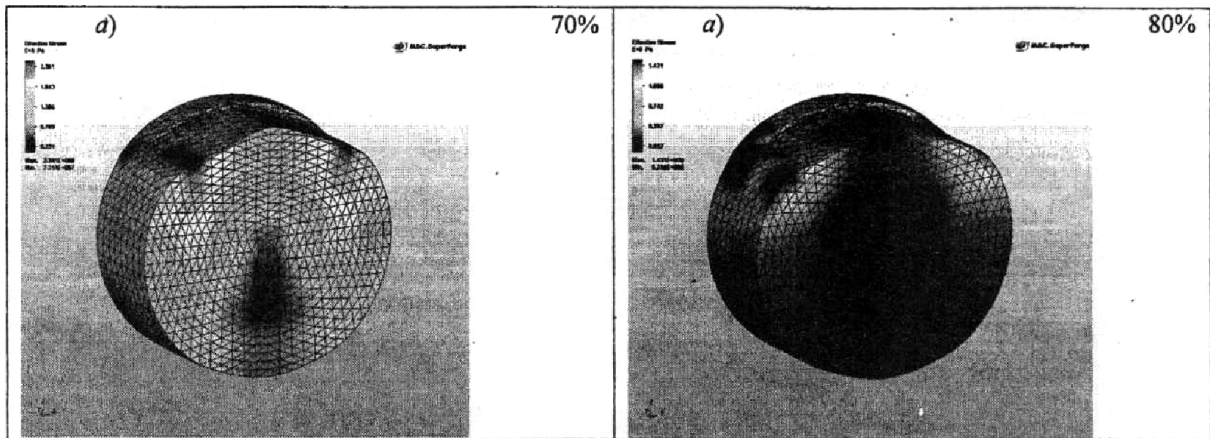
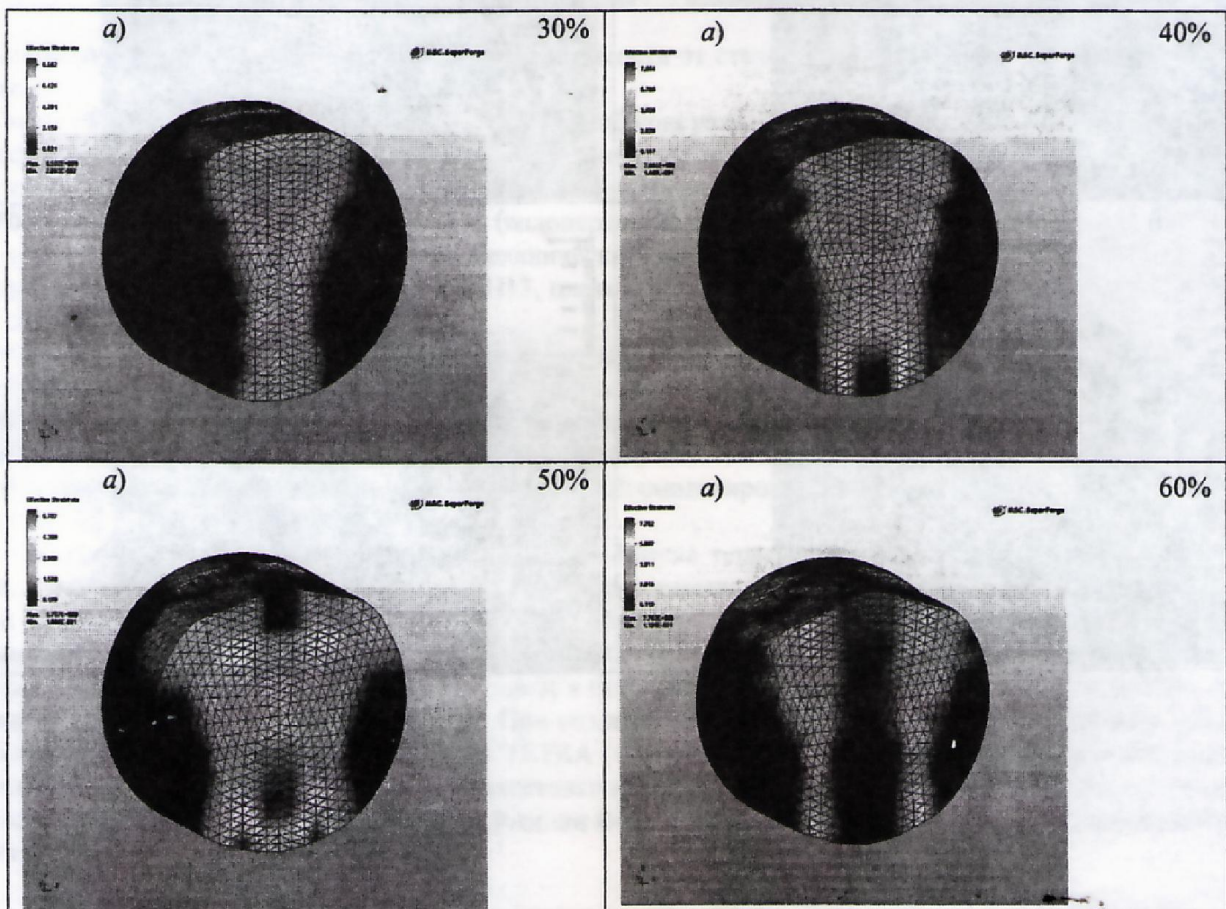


Рис. 3. Картина распределения интенсивных напряжений в заготовке при ковке в вырезных бойках, $t = 960^{\circ}\text{C}$.

На основе полученных результатов численного моделирования установлено, что:

1. При протяжке в вырезных бойках интенсивность напряжения и деформаций имеет наибольшее значение на участках/ прилегающих к участку контакта инструмента с заготовкой и в центральных зонах поковки, в то время как в свободных от нагрузки поверхностных участках заготовки имеет наименьшее по величине интенсивности напряжения и деформации (рисунки 3 и 4);
2. При ковке в вырезных бойках на оси симметрии вырезных бойков имеются зоны с минимальной величиной интенсивности напряжения и деформаций (рисунки 3 и 4);
3. С увеличением обжатия происходит расширение зон локализации интенсивности напряжения и деформации (рисунки 3 и 4);
4. В процессе протяжки в вырезных бойках в зонах локализации деформации повышается температура, при этом зоны повышения температуры также расширяются (рисунок 5);



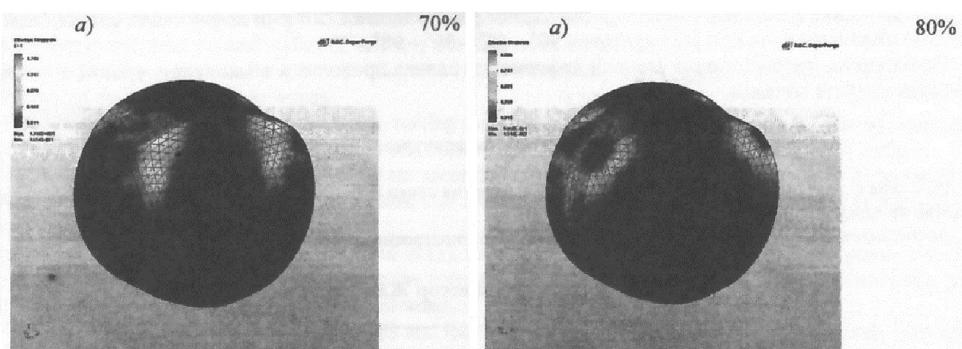


Рис. 4. Картина распределения деформации в заготовке при ковке в вырезных бойках, $t=960^{\circ}\text{C}$.

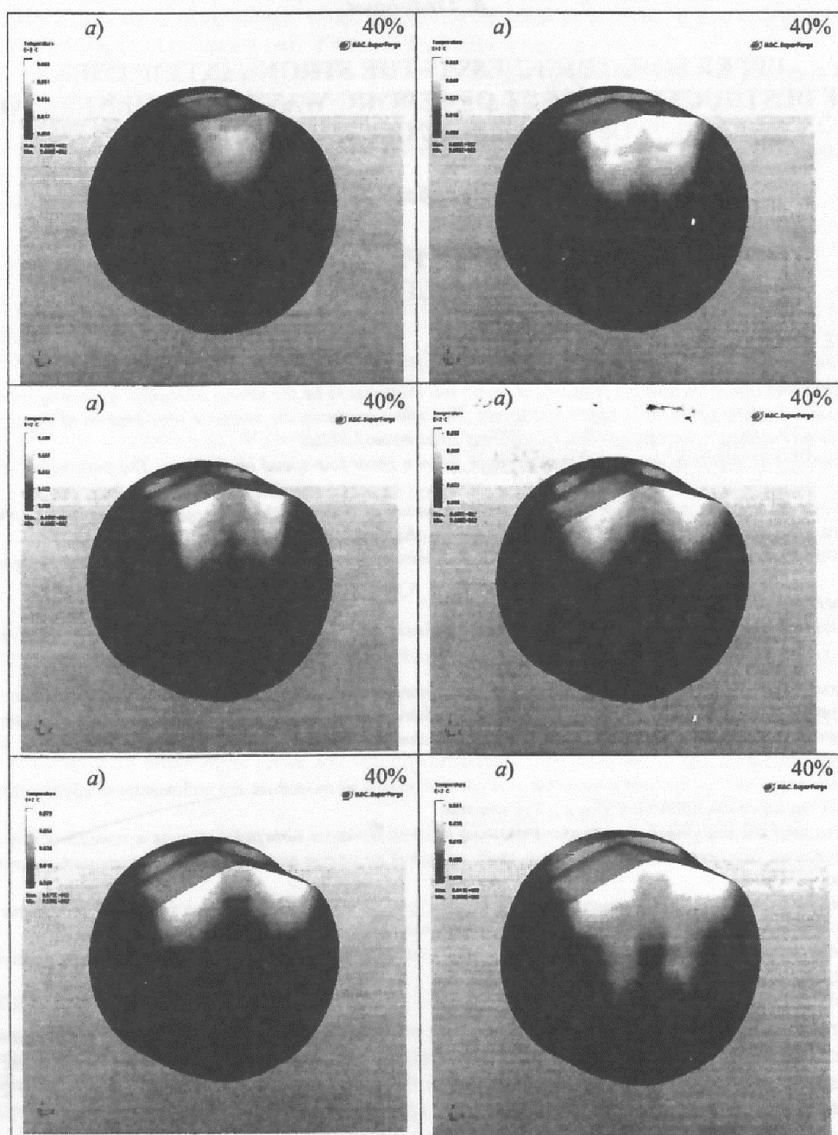


Рис.5. Картина распределения температурного поля заготовке при ковке в вырезных бойках, $t = 960^{\circ}\text{C}$.

5. При протяжке в вырезных бойках равномерное распределение степени деформации сдвига (накопленной деформация) можно достичь при угле кантовки $90^{\circ} - 45^{\circ} - 30^{\circ} - 90^{\circ}$.

6. Равномерное распределение степени деформации сдвига приводит к повышению уровня и однородности механических свойств металла.

Литература:

1. Машеков С.А., Биякаева Н.Т., Нуртазаев А.Е. Технологияковки в инструменте с изменяющейся формой. - Павлодар: Издательство «Кереку», 2008. 485 с.
2. Антощенко Ю.М. Расчет процессовковки. - М.: Машиностроение, 2001, 240 с.

Рецензент: д.т.н., профессор Жанбирев Ж.Г.