

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОКАНАЛЬНОГО-УГЛОВОГО ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВОЙ ЗАГОТОВКИ С ПОДПОРОМ ПЛАСТИЧЕСКИ-ДЕФОРМИРУЕМОЙ СРЕДОЙ

Березин И.М.

Институт машиноведения УрО РАН (ИМАШ УрО РАН)

Россия, 620049, г. Екатеринбург, ул. Комсомольская 34, berezin@imach.uran.ru

Аннотация. Рассматривается процесс равноканального-углового прессования (РКУП) порошковой заготовки с подпором пластически-деформируемой средой. Моделирование процесса РКУП порошкового материала осуществлялся на основе метода конечных элементов в программном комплексе Abaqus/Explicit.

Введение. Интенсивная пластическая деформация некомпактных материалов, и в частности, РКУП реализует напряженно-деформированное состояние, характеризующее совместным объемным сжатием и сдвигом без изменения поперечного сечения образцов. В связи с технологической наследственностью процессов пластической обработки, многократное повторение РКУП, позволяет накапливать структурные изменения в материале и способствует более эффективному закрытию пустот и несплошностей за счет инициирующего влияния сдвиговой деформации. Однако при обработке порошковых материалов реализация этого процесса во многих случаях затруднительна без использования противодействия со стороны выходного канала. Вызвано это тем, что растягивающие напряжения в передней части деформируемой заготовки могут стать причиной образования поверхностных трещин и разрушения материала. Организация подпора порошковой заготовки на выходе из пресс-формы может быть реализована путем применения специализированного оборудования, позволяющего контролировать усилие противодействия жестким пуансоном. С другой стороны, более простым решением является использование подпора в виде торцевой пробки из пластически-деформируемой среды. Исследование эффективности и технологичности процесса РКУП на основе разработки численных моделей и анализа механики изменения плотности порошкообразного материала в процессе пластической обработки является актуальной задачей. Цель работы – моделирование процесса РКУП порошковой заготовки с подпором пластически-деформируемой средой для определения картины распределения плотности и выявления технологических факторов способствующих минимизации зон с растягивающими напряжениями.

Постановка задачи и методика исследования. Моделирование процесса РКУП порошкового материала осуществили на основе метода конечных элементов в программном комплексе Abaqus/Explicit. Материал для прессования – предварительно скомпактированный губчатый титан с относительной плотностью $\rho_{\text{отн}}=0,6$ ($\rho=2700$ кг/м³). Пластические свойства порошкового материала определяли на основе авторской экспериментальной методики. Торцевые пробки представляют собой цилиндрические заготовки диаметром 10 мм. Материал торцевых пробок: латунь Л90, бронза БрОФ7-0,2 и сталь 45. Температура при деформации – 400°C. Угол между осями пересекающихся каналов пресс-формы варьировали в диапазоне 90...140 градусов. Диаметр каналов пресс-формы – 10 мм. В рамках данной работы рассматривали процесс однократного прессования. В связи с высокой степенью искажения сетки конечных элементов при сложном нагружении, сопровождающемся изломами траектории деформации формулировка конечно-элементной модели выполнена на базе ALE-method (Arbitrary Lagrangian-Eulerian adaptive mesh).

Результаты. На основе анализа результатов численного моделирования выделены три основные стадии процесса прессования. На рисунке 1 представлена картина распределения расчетной плотности в порошковой заготовке в процессе прессования с применением торцевого подпора из латуни Л90 и углом пересечения каналов 120 град. На первой стадии подпор со стороны переднего торца заготовки обеспечивает возможность уплотнения порошкового материала во входном канале пресс-формы. По мере увеличения плотности, усилие прессования также возрастает, и в определенный момент достигает уровня достаточного для продавливания торцевой пробки. Следующая стадия процесса РКУП характеризуется установившимся течением заготовки. Видно, что после выхода из очага деформации возникает эффект разуплотнения материала. Локализация потенциально опасных зон с малой плотностью наблюдается в слоях порошковой заготовки прилегающих к верхней стенке выходного канала. При этом, уменьшение угла пересечения каналов приводило к существенному углублению зон разуплотнения и возможного разрушения прессовки. Установлено, что повышение величины противодействия за счет применения торцевых пробок из материалов с более высокими значениями сопротивления деформации (например, сталь 45) приводит к увеличению плотности и равномерности ее распределения в продольном сечении заготовки.

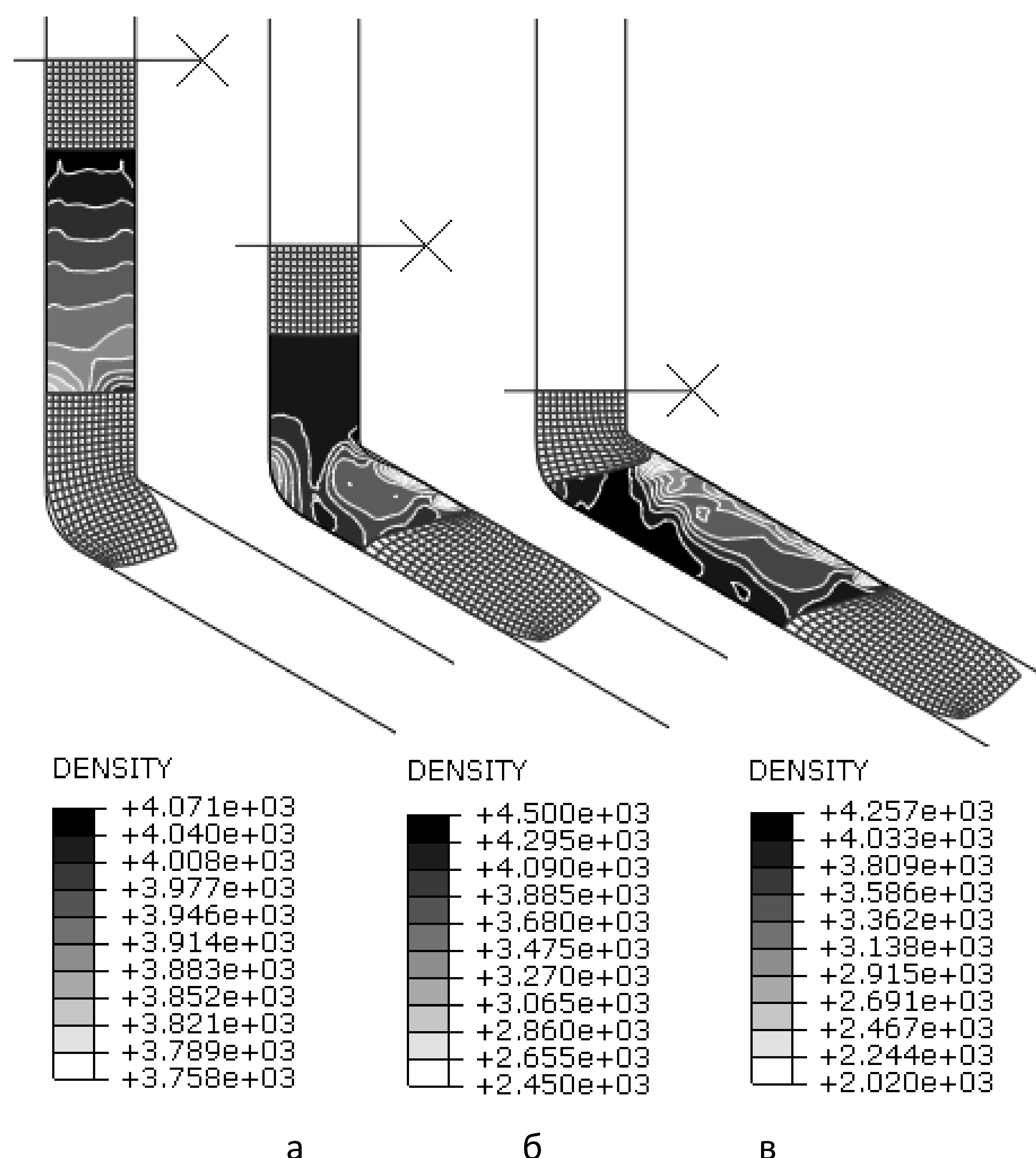


Рисунок 1. Распределение плотности в порошковой заготовке на разных стадиях РКУП:
а – подпрессовка заготовки во входном канале; б – прохождение заготовки через очаг деформации; в – продавливание заготовки в выходном канале