

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПОРЫ ПРИ ПЛОСКОЙ ПРОКАТКЕ

Ю.Н. Логинов, К.В. Еремеева

(УГТУ - УПИ, г. Екатеринбург)

Рассмотрено поведение круглой поры в условиях плоской прокатки. Компьютерным моделированием установлено, что коэффициент трения слабо влияет на изменение формы поры, форма поры изменяется от круглой в сечении до плоскоооальной, при этом интенсивность деформации поры оказывается значительно выше интенсивности деформации металла заготовки.

Проблема дефектности продукции в прокатном производстве остается актуальной до настоящего времени. Один из подходов при описании поведения поверхностных дефектов при деформации металла описан в статьях [1,2].

Одним из видов дефектов являются поры, наличие которых обусловлено, чаще всего, процессами газообразования в расплавленном металле. С наличием пор приходится мириться, например, в технологии производства прокатной продукции из кислородсодержащей меди вследствие реакции закиси меди с печными атмосферами, содержащими водород. Подобные проблемы существуют и в черной металлургии, например, при обработке слабовых заготовок кипящей стали [3,4].

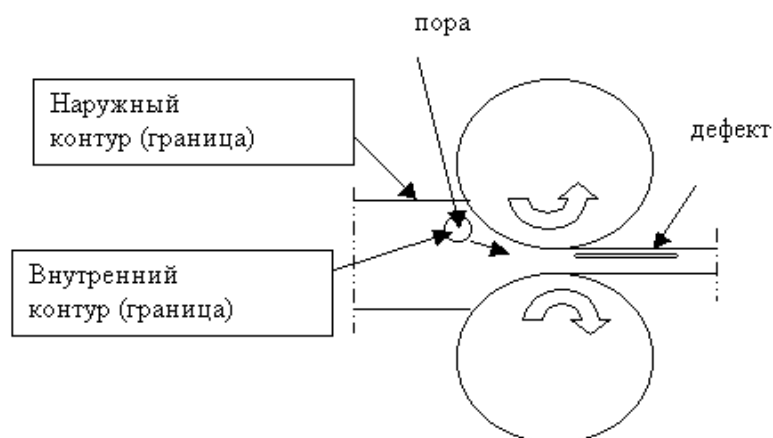


Рис. 1. Схема образования двух контуров (границ) при наличии полости в заготовке

Трудность решения краевой задачи деформации материала с порами, расположенными внутри деформируемого тела, заключается в том, что граничных условий оказывается больше: кроме наружного контура, на котором задаются граничные условия, необходимо, чтобы в процедуре решения была возможность описания внутреннего контура или контуров (рис. 1). Такой возможностью обладают не все пакеты прикладных программ.

Для численного моделирования применен программный модуль «ПЛАСТ», предназначенный для расчета процессов пластического формирования материалов, обладающих степенным упрочнением. Это программное средство позволяет назначать несколько границ для деформируемого материала, но решение здесь затруднено тем, что в нем не предусмотрена возможность моделирования вращающегося инструмента, которым являются валки прокатного стана. Поэтому приходится переходить к постановке задачи, приближенной к прокатке, например, задачековки металла бойком с выпуклой поверхностью и радиусом кривизны, соответствующим радиусу валка. На рис. 2 изображена конфигурация геометрической постановки задачи, здесь АЖТ1 – контур верхнего валка (абсолютно жесткое тело) и М1 – деформируемый металл, в качестве которого подразумевается медь электротехнического назначения.

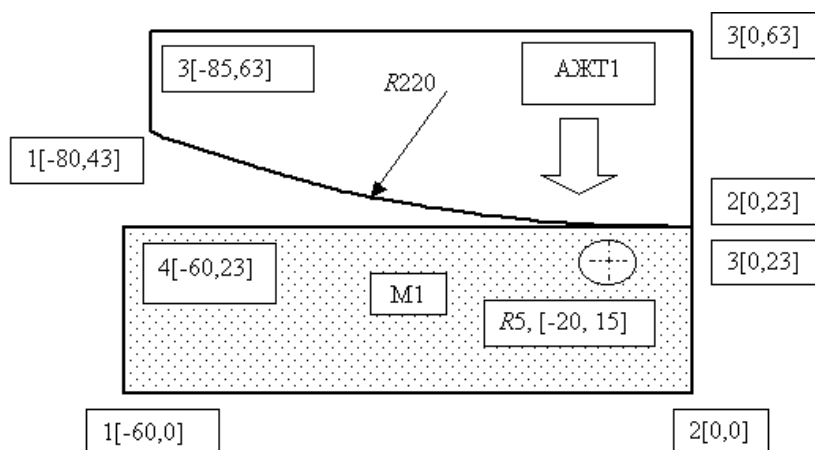


Рис. 2. Описание контура очага деформации

Примем, что зона отставания занимает всю контактную поверхность очага деформации, поэтому металл оттесняется полностью против направления прокатки. Это оправдано тем, что протяженность зоны отставания

при прокатке всегда намного протяженности зоны опережения. Последнее допущение позволяет сформировать дополнительное граничное условие: горизонтальное перемещение металла в направлении сужения очага деформации при деформации бойками равно нулю.

Таким образом, у металла заготовки остаются две степени свободы: течение вдоль поверхности инструмента и затекание в полость.

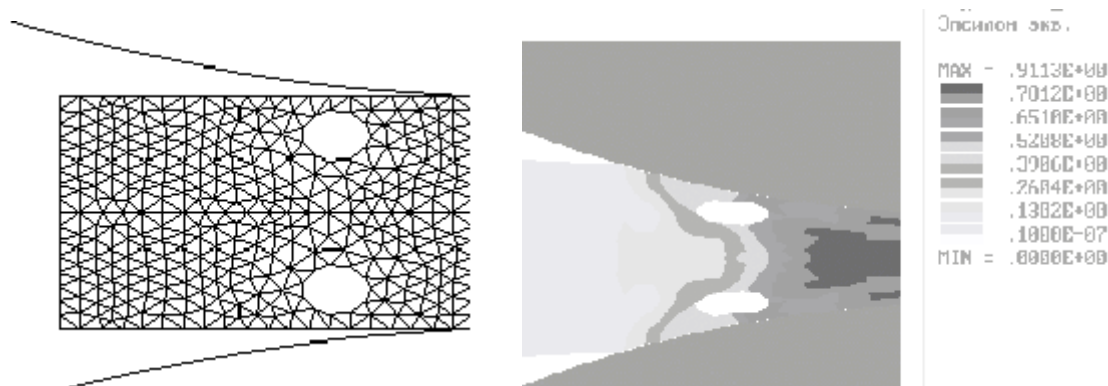


Рис. 3. Сетка конечных элементов (слева) до деформации и линии равных уровней степени деформации (справа) при нахождении поры посередине очага деформации

Как видно из рис. 3, полученное решение свидетельствует о том, что деформация происходит за счет течения металла в сторону удлинения очага деформации в сторону зоны отставания, а также за счет сминания полости поры. Решение задачи при отсутствии поры показывает, что течение металла в этом случае больше подчиняется гипотезе плоских сечений. Наличие полости существенно искажает распределение деформации по сечению заготовки и делает картину деформированного состояния более неоднородной.

Механизм влияния поры на деформированное состояние заключается в том, что через пору напряжения на расположенный под ней металл не передаются, поэтому степень деформации уменьшается, что хорошо видно на рисунке. Кроме того, поскольку пора вытягивается в направлении длины, то участок блокирования деформации увеличивается. В процессе уменьшения высоты заготовки это явление будет происходить до тех пор, пока стенки поры не сомкнутся. После этого вступит в действие обычный механизм деформации беспористого материала.

Сравнение двух решений, полученных при различных условиях трения, показало, что варьирование коэффициента трения от нуля до 0,4 мало сказывается на деформированном состоянии.

Смена расположения поры существенно изменяет характер ее деформации: приближение поры к поверхности вала приводит к более интенсивному ее удлинению вдоль поверхности инструмента и укорочению в перпендикулярном направлении. Картина распределения деформаций вблизи контура поры, примыкающего к поверхности вала (рис. 4), крайне неоднородна. Однако влияние поры на срединные слои металла здесь становится мало ощутимым.

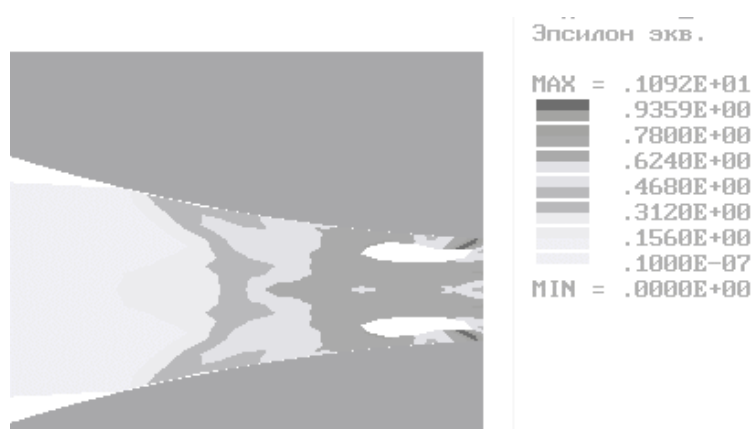


Рис. 4. Линии равных уровней степени деформации при завершении обжатия

Для оценки параметров сжатия поры выполнен расчет вертикальных перемещений металла, его результаты приведены на рис. 5. Выявлено, что пору окружает неравномерное поле перемещений. В пространстве между порой и инструментом перемещения максимальны, что согласуется с тем, что металл испытывает меньшее сопротивление при перемещении в сторону свободной поверхности поры. С обратной стороны поры величина перемещения не зависит от степени приближения анализируемой точки к поре. Это согласуется с тем, что через пору, т.е. пустое пространство, давление не передается, поэтому интенсивной деформации под ней не происходит.

Выполнены измерения размера поры, высотный размер поры изменяется больше, чем высотный размер полосы примерно в 1,6 раза, на самом деле эта разница должна оказываться больше, поскольку в этой задаче пора расположена на некотором расстоянии от плоскости выхода металла из валков.

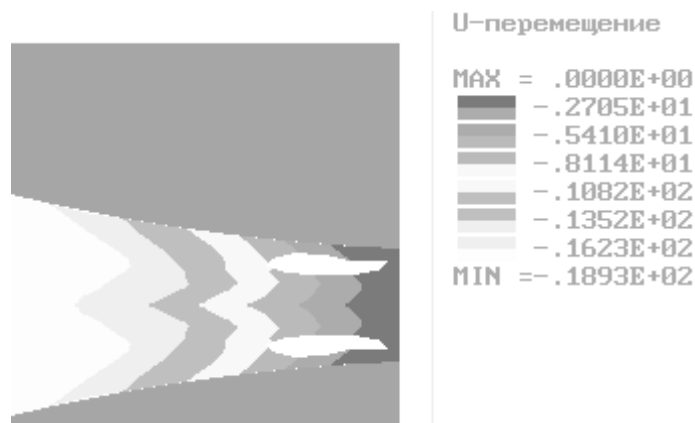


Рис. 5. Линии равных уровней вертикальных перемещений металла

Картина распределения горизонтальных перемещений (рис. 5) показывает, что перемещения отрицательны, т.е. металл перемещается справа налево, однако вблизи поры линии равного уровня искривляются, что говорит о неравномерности поля перемещений. Горизонтальный размер поры увеличился с 10 до 22 мм, т.е. в 2,2 раза, что превышает коэффициент вытяжки заготовки.

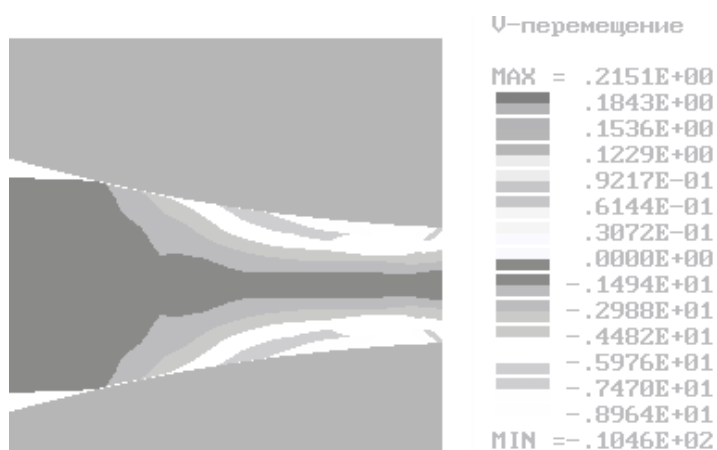


Рис. 6. Линии равных уровней вертикальных перемещений металла при отсутствии трения

Таким образом, компьютерным моделированием установлено, что коэффициент трения слабо влияет на формоизменение поры, форма поры изменяется от круглой в сечении до плоскоооальной, при этом темп деформации поры оказывается значительно выше темпа деформации заготовки. Последний вывод позволяет надеяться на то, что поры быстро ликвидируются при прокатке как объемные объекты. Однако их наличие перед

прокаткой не может проходить бесследно, поскольку из объемных объектов они превращаются в точечные или плоские инородные образования. Кроме того, полному закрытию пор может помешать, находящаяся в них вода, как проявление водородной болезни в случае прокатки меди и медных сплавов.

Библиографический список

1. Логинов, Ю.Н. Модель деформации поверхностного слоя заготовки, пораженного дефектами / Ю.Н. Логинов. Кузнечно-штамповочное производство, 2001. - №4. - С.36-40.

2. Логинов, Ю.Н. Концепция описания деформации заготовки, имеющей неровную поверхность / Ю.Н. Логинов. Известия вузов. Черная металлургия, 2004. - №5. - С.29-34.

3. Tirosh J., Shirizly A., Rubinski L. Evolution of anisotropy in the compliances of porous materials during plastic stretching or rolling – analysis and experiments. Mechanics of Materials. V.31, Issue 7, July 1999, pp. 449-460

4. Tripathy P.K., Das S., Jha, M.K., Singh J.B., Kumar A.M., Das A.K. Migration of slab defects during hot rolling. Ironmaking & Steelmaking, V.33, N 6, 2006, pp. 477-483.