

УДК 621.73.042

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКРЫТИЯ ВНУТРЕННИХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ПРОТЯЖКЕ  
МЕТАЛЛА В СТУПЕНЧАТО-КЛИНОВЫХ БОЙКАХ

А. В. ВОЛОКИТИН, А. О. ТОЛКУШКИН, Е. А. ПАНИН

Рудненский индустриальный институт

Рудный, Казахстан

При получении заготовок для кузнечно-штамповочного производства одной из основных задач является устранение различных дефектов, образующихся на этапе литья. Наиболее типовыми дефектами этого класса являются дефекты несплошности – трещины, газовые пузыри, неметаллические включения и т. п. Наличие их в готовой поковке приводит к существенной анизотропии механических свойств по сечению заготовки, что может привести к поломке детали, выполненной из данной поковки. Поэтому исследования традиционных и разработка принципиально новых способов и устройств, позволяющих повысить уровень внутренней проработки металла в ходе кузнечных операций, остаются актуальными.

В ходе ранее проведенных исследований были предложены новые конструкции кузнечных бойков, конфигурация которых позволяет развить в металле одновременно сдвиговую и знакопеременную деформации [1]. При сравнительном анализе бойков двух конфигураций было выявлено, что применение клина на одном бойке и впадины на другом является наиболее оптимальным решением с точки зрения поверхностного формоизменения металла [2]. Данная работа посвящена изучению закрытия внутренних дефектов при протяжке металла в ступенчато-клиновых бойках оптимальной конфигурации с конечно-элементного моделирования в программе Deform.

В качестве исходной детали была создана заготовка квадратного сечения со стороной 30 мм и протяженностью 15 мм. Выбор небольшой протяженности был обусловлен тем, что на каждом из трех участков бойков конфигурация поверхности (характер наклона граней) остается неизменной, т. е. использование заготовки, длина которой заведомо меньше длины наименьшего из участков, равного 20 мм, дает возможность одновременно оценить формоизменение металла на переднем и заднем конце, а также в центральной зоне заготовки. При использовании заготовки большей длины аналогичные результаты получались бы в ходе разных этапов протяжки.

В качестве внутреннего дефекта было создано сквозное цилиндрическое отверстие диаметром 3 мм. При этом рассматривались три варианта вертикального расположения дефекта – в центре заготовки, вблизи верхней грани у клина и вблизи нижней грани у впадины. Для оптимизации расчета на заготовке была использована вертикальная симметрия (рис. 1). Материалом заготовки была выбрана сталь 35, нагретая до 1100 °С. Обжатие заготовки на каждом участке регламентировалось величиной изменения зазора в 10 % при деформировании на первом участке. Коэффициент трения на контакте заготовки и бойков

был принят равным 0,3. В результате расчета моделей получены следующие результаты (рис. 2).

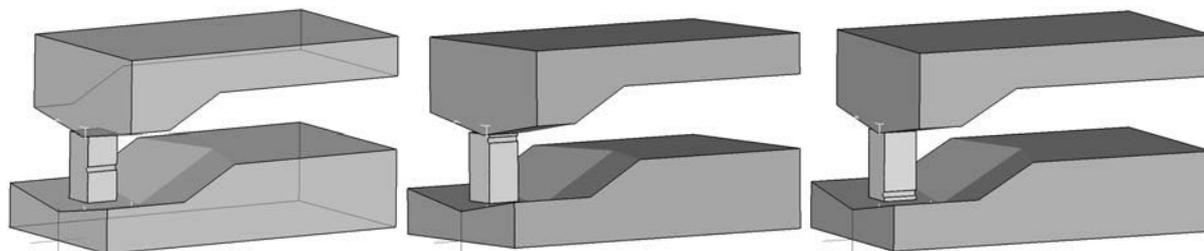


Рис. 1. Исходные модели

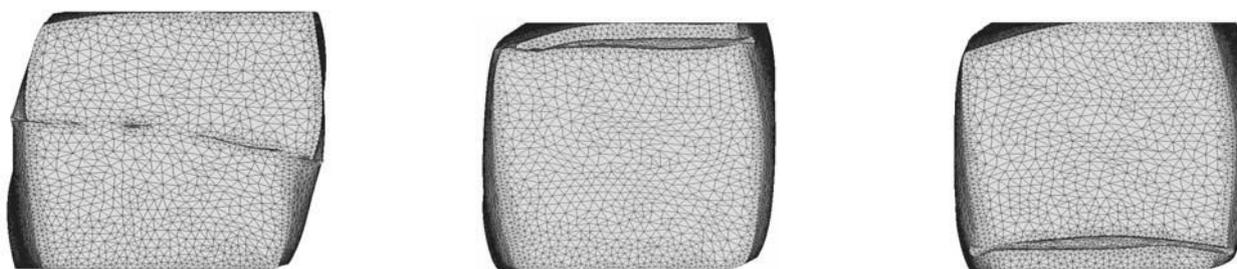


Рис. 2. Результаты моделирования

Во всех трех случаях закрытие внутреннего дефекта носит неравномерный характер. При этом наиболее интенсивное закрытие дефекта наблюдается при его расположении в осевой зоне заготовки. Дефекты, расположенные в поверхностных зонах, закрываются недостаточно хорошо. Это является следствием того, что в осевой зоне заготовка получает деформацию от одновременного действия клина и впадины обоих бойков, что характеризуется наклоном образующей дефекта. У поверхностных дефектов наклон наблюдается лишь со стороны ближайшего элемента конфигурации (клина или впадины), в этой же зоне происходит максимальное закрытие дефекта, которого из-за практически одиночного воздействия все равно недостаточно.

Учитывая то, что основная доля дефектов литых заготовок (в частности, кузнечных слитков) располагается именно в осевой зоне, данная конфигурация бойков является вполне предпочтительным выбором для эффективной проработки внутренних слоев металла с целью закрытия возможных дефектов.

Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09057965).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Tolkushkin, A. O.** Study of the drawing process in a step-wedge dies / A. O. Tolkushkin, S. N. Lezhnev, E. A. Panin // *Materials Today: proceedings*. – 2019. – Vol. 19. – P. 1883–1886.
2. Development and computer modeling of a new forging technology in step-wedge strikers / A. Volokitin [et al.] // *Machines, technologies, materials 2021: proceedings of XVIII International Congress*. – 2021. – Vol. 3. – P. 287–290.