

УДК 621.777

В. С. ЖЕРНАКОВ, Х. Ш. ГАЗИЗОВ, Р. Ш. ВАЛИЕВ, А. Н. ЕРМОЛЕНКО
**КОНТАКТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ИНСТРУМЕНТА И ЗАГОТОВКИ
 ПРИ ШТАМПОВКЕ КРУГЛЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Приводятся результаты численного моделирования контактного взаимодействия инструмента и деформирующейся заготовки при высадке осесимметричной детали — шар-пальца. Получена реальная эпюра давления на стенку инструмента, позволяющая более обоснованно решать задачи оптимального проектирования матриц для штамповки шар-пальцев. *Матрица; напряженно-деформированное состояние; эпюра давления; шар-палец; долговечность*

Одним из эффективных методов повышения стойкости матриц для холодной объемной штамповки является переход к составным конструкциям. При сборке слоев с предварительным натягом на рабочих поверхностях инструмента наводятся остаточные напряжения сжатия, что повышает не только износостойкость, но и долговечность матриц. Однако задача об определении оптимальных размеров посадочных поверхностей слоев и натягов между ними в многослойных конструкциях имеет аналитическое решение только в случае одномерной задачи [1, 2]. В реальных конструкциях многослойных матриц даже для штамповки осесимметричных деталей компоненты напряженно-деформированного состояния могут быть определены только численными методами. Решение подобной задачи с привлечением известных программных комплексов LS-DYNA, DEFORM-2D и 3D, QFORM и других требует дополнения их новыми специализированными модулями и не может считаться приемлемым для решения задач оптимизации конструкций.

Задача о напряженном состоянии матриц с собранными с предварительным натягом слоями методом конечных элементов и оптимизации их конструкции рассматривается в монографии [3]. Однако вопрос об истинном характере внешней нагрузки на инструмент — законе распределения давления по ручью вставки со стороны деформирующейся заготовки — остался за пределами [3]. Здесь и в большинстве других работ (см., например, [4]) этот закон принимается по эмпирическим соображениям. Можно указать лишь работу [5], где этот закон определяется экспериментально.

Целью данной работы является: а) теоретическое определение закона изменения (эпюры) внутреннего давления на стенку вставки двухслойной матрицы для штамповки шар-пальца (рис. 1: 1 — верхняя вставка, 2, 3 — двухслойная нижняя вставка, 4 — пуансон, 5 — толкатель, 6 — заготовка); б) исследование влияния на этот закон механических характеристик материала заготовки. Для решения первой из перечисленных задач использовали программный комплекс DEFORM-2D, позволяющий исследовать процесс холодного выдавливания в осесимметричных матрицах. При этом матрица и подвижный пуансон (см. рис. 1) моделировались абсолютно твердыми телами (rigid).

При решении второй из перечисленных выше задач рассматривались два варианта материала заготовки: в первом он полагался идеально упруго-пластическим (без упрочнения) с пределом текучести $0,001E$, во втором — с изотропным упрочнением с модулем упрочнения $0,00125E$ (E — модуль упругости материала).

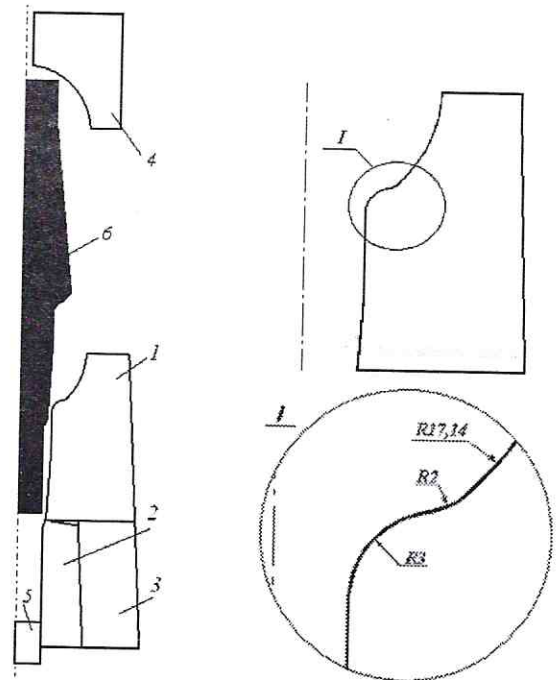


Рис. 1

Рис. 2

Фрагмент геометрии канала верхней вставки образован пятью участками (рис. 2). Первый участок — сферический, с радиусом 17,14 мм, второй и третий — переходные поверхности с радиусами соответственно 2 и 3 мм. Четвертый и пятый (ниже четвертого, на рисунке не показан) образуют цилиндрическую и коническую поверхности.

На рис. 3–7 приведены графики изменения нормального давления по всем пяти участкам образующей канала: а — для образца из материала без упрочнения, б — для материала с изотропным упрочнением.

Эти данные были получены конечноэлементным решением с привлечением пакета DEFORM-2D. Сетка элементов содержала 10435 узлов и 10084 билинейных четырехугольных элемента,

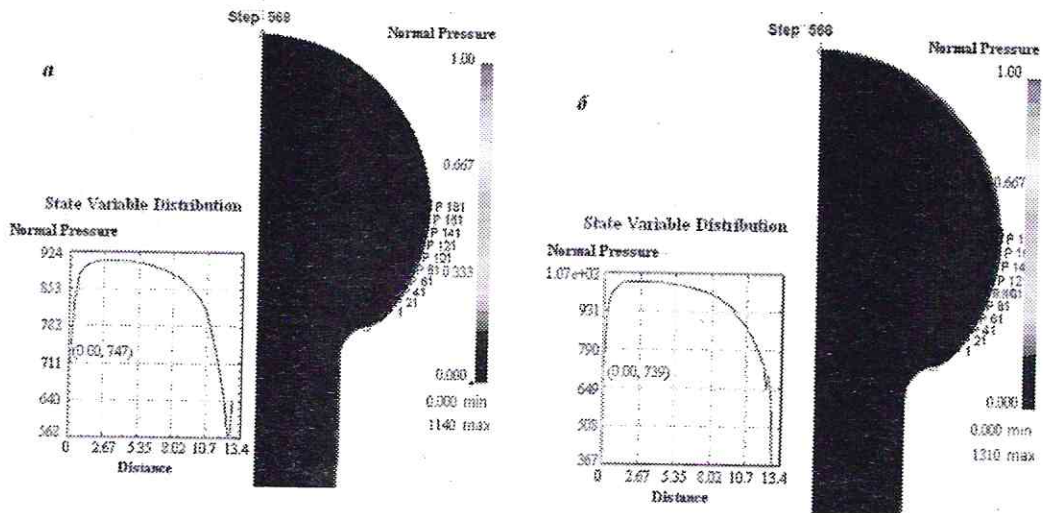


Рис. 3

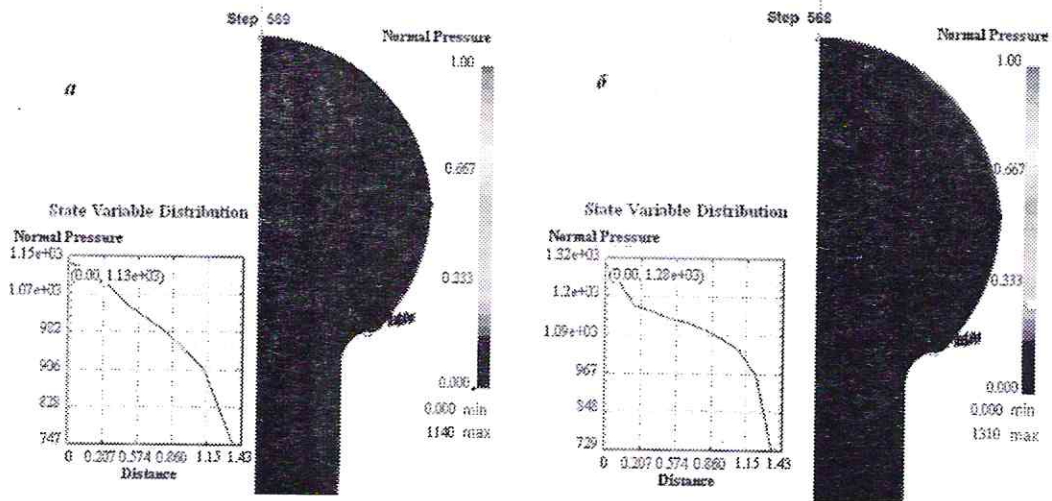


Рис. 4

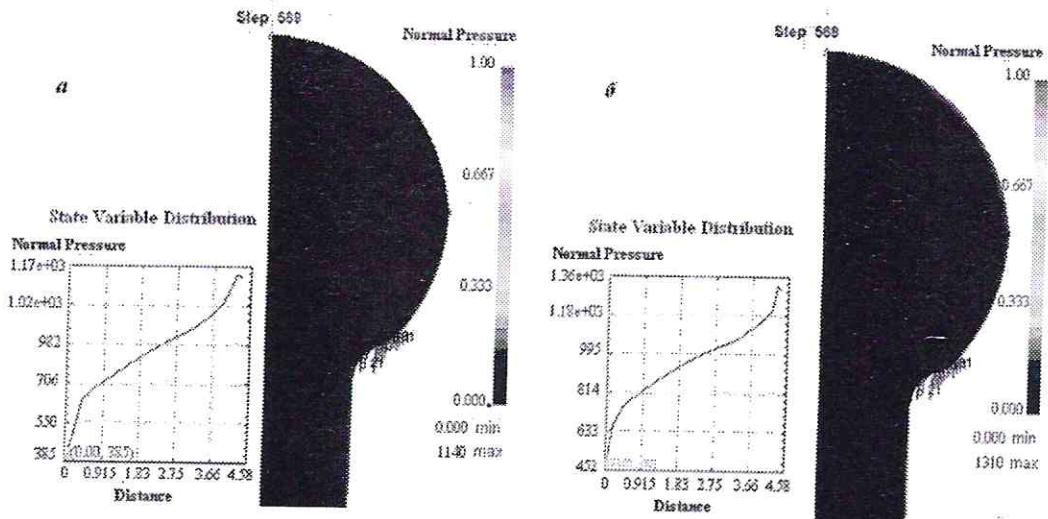


Рис. 5

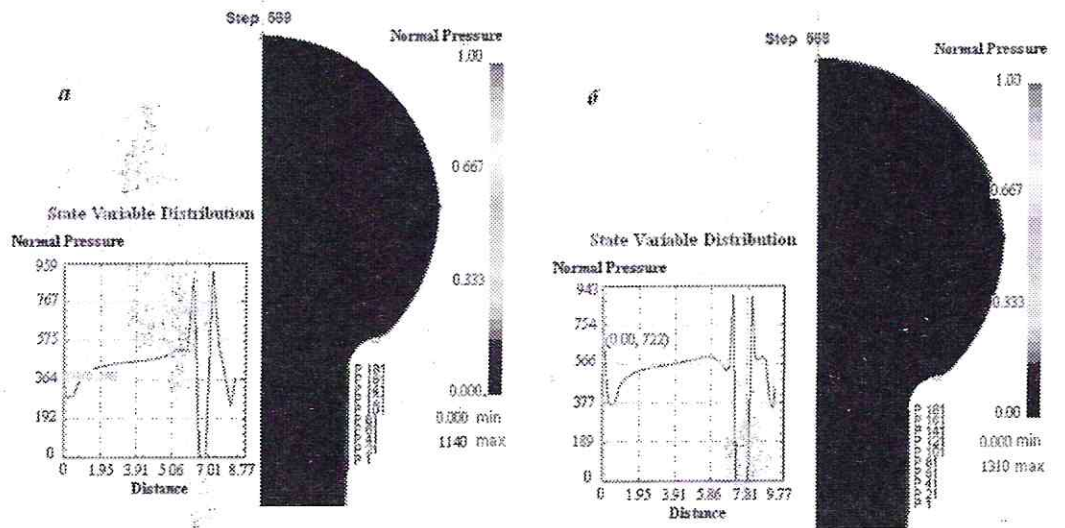


Рис. 6

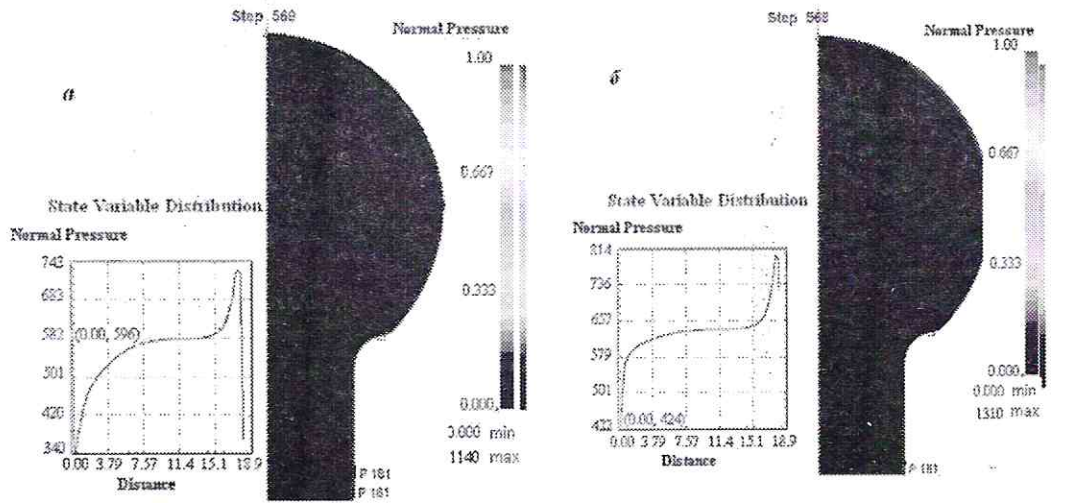


Рис. 7

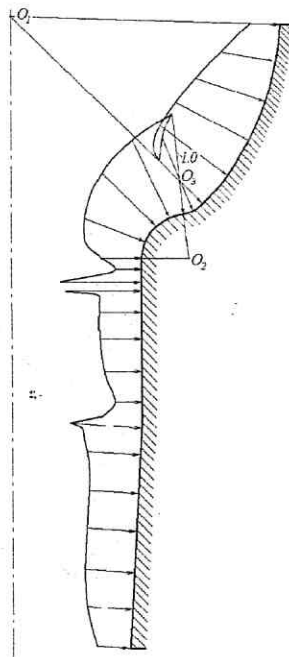


Рис. 8

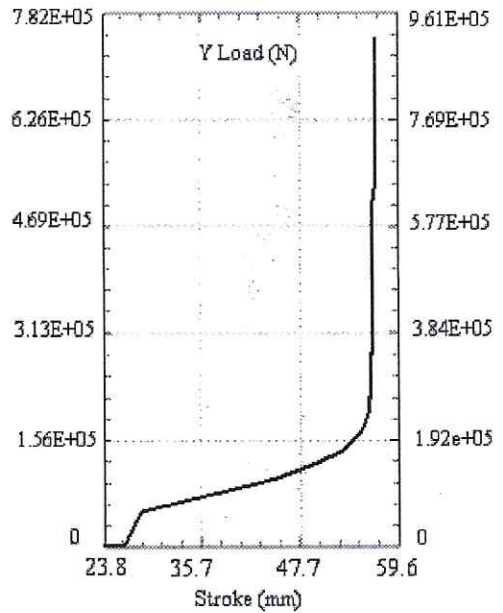


Рис. 9

достаточно малых размеров для описания геометрии образующей канала. Анализ этих графиков показывает, что характер изменения нормального давления по высоте вставки практически не зависит от модуля упрочнения. Числовые же значения несколько отличаются — отличие максимального значения давления не превышает 13% (для материала без упрочнения).

Построенная по графикам 3–7 эпюра давления (в относительных единицах — наибольшее значение ординаты эпюры принято равным единице) на внутреннюю стенку канала вставки представлена на рис. 8. Как видно, полного контакта заготовки и инструмента на цилиндрическом участке вставки не происходит: на расстоянии 1,75 мм от верхней границы цилиндрического участка канала в узкой области шириной примерно 0,5 мм давление равно нулю. Имеющие место пики давления на границе контакта двух согласованных поверхностей (цилиндр–цилиндр) предсказуемы и теоретически [6].

Диаграмма деформирования — зависимость между перемещением пуансона (Stroke) (мм) и усилием прессования (Y Load) (в ньютонах) показана на рис. 9. Оказалось, для материала как с упрочнением (правая шкала), так и без упрочнения (левая шкала) эти кривые практически отличаются только масштабом ординат (1,23:1).

ВЫВОДЫ

Привлечением пакета DEFORM-2D получена реальная эпюра давления на внутреннюю стенку вставки матриц для штамповки деталей типа шарпальца, позволяющая более обоснованно произвести оптимизацию их конструкций с целью повышения их долговечности и износостойкости.

Установлено, что закон упрочнения материала заготовки практически не влияет на характер изменения давления от деформирующейся заготовки по высоте ручья инструмента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Максимов, Л. Ю.** Выбор рациональных размеров контейнеров / Л. Ю. Максимов, Д. Д. Гольман // Исследование и расчет элементов конструкций мощных гидравлических прессов и другого металлургического оборудования : Тр. ВПИИМстман. М., 1960. № 1. С. 80–101.
2. **Кузьминых, А. А.** Оптимизация геометрических параметров многослойных матриц с твердосплавной вставкой / А. А. Кузьминых, Х. Ш. Газизов // Изв. вузов. Черная металлургия. 1999. № 3. С. 48–51.
3. **Закиров, Д. М.** Численные методы проектирования многослойных матриц / Д. М. Закиров и др. Уфа: УГАТУ, 2003. 48 с.
4. **Ганаго, О. А.** Расчет и оптимизация конструкций осесимметричных матриц для холодной объемной штамповки / О. А. Ганаго, В. Л. Марченко, В. В. Ковтун // Кузнечно-штамповочное производство. 1985. № 9. С. 21–24.

5. **Белков, Е. Г.** Распределение давления па стелке матрицы при холодной высадке стержневых изделий / Е. Г. Белков, Ю. А. Лавриченко // Кузнечно-штамповочное производство. 1976. № 6. С. 6–7.
6. **Джонсон, К.** Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон. М.: Мир, 1989. 510 с.

ОБ АВТОРАХ



Жернаков Владимир Сергеевич, проф., зав. каф. сопротивления материалов. Дипл. инж.-мех. по авиац. двигателям (УАИ, 1967). Д-р техн. наук по тепл. двигателям ЛА (УГАТУ, 1992). Заслуж. деят. науки и техники РФ. Иссл. в обл. механики деформир. тверд. тела.



Газизов Хатиб Шарифзянович, проф. той же каф. Дипл. инж.-мех. по авиац. двигателям (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по мех. деформир. тверд. тела (ЮУрГУ, 2003). Иссл. в обл. числ. методов механики деформ. тверд. тела.



Валиев Рафаил Шамилевич, аспирант той же кафедры. Дипл. инж.-мех. по обработке металлов давлением (УГАТУ, 1995). Готовит дис. по проектированию инструмента для холодной объемной штамповки.



Ермоленко Анатолий Николаевич, аспирант той же каф. Дипл. инж.-мех. по сварочному производству (УГАТУ, 2003). Готовит дис. по числ. моделир. больших пластич. деформаций.