

УДК 539.3

Д.В.ЛАВИНСКИЙ

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ СОСТАВНОЙ МАТРИЦЫ ШТАМПА ПРИ ПОЛУГОРЯЧЕМ ВЫДАВЛИВАНИИ МЕТАЛЛОВ

Проведено дослідження впливу теплового навантаження на міцність та жорсткість складеної матриці штампі при напівгорячому видавлюванні. Рішення цієї задачі виконано за методом скінченних елементів, який реалізовано у програмному комплексі SPACE-T. Контактна взаємодія враховувалась за допомогою метода контактної шари.

The analysis of thermal loading on strength and stiffness of semihot extrusion die was considered in this article. The finite element method which is realized as program package SPACE-T was chosen as tool of solution. The contact interference was solved with contact layer method help.

Технологические операции по изготовлению различных деталей, основанные на способности металлов пластически деформироваться, нашли широкое применение в различных отраслях современной промышленности. Для заготовок из трудно деформируемых сталей практикуют предварительный нагрев для снижения величин предела текучести и твердости. Наиболее распространенным является полугорячее выдавливание (ПГВ), при котором заготовка нагревается до температур из диапазона 523...623 К [1]. При ПГВ внутренняя поверхность рабочей вставки матрицы нагревается до значительных температур, при этом осуществляется охлаждение внешней боковой поверхности матрицы, вследствие чего в матрице возникает высоко градиентное поле температур, которое существенным образом изменяет напряженно-деформированное состояние (НДС) в процессе выдавливания. Отмеченное выше требует проведения специального анализа НДС с учетом температурной нагрузки.

Далее проведем исследование НДС составной бандажированной матрицы для ПГВ, расчетная схема и конечно-элементная дискретизация которой представлены на рис.1 [2]. Примем, что геометрическая конфигурация, условия нагружения и закрепления матрицы позволяют рассматривать задачу в осесимметричной постановке. В таблицах 1, 2 представлены геометрические и физико-механические параметры конструкции матрицы. В таблице приняты следующие обозначения для физико-механических характеристик материала: E – модуль упругости, ν – коэффициент Пуассона, α – коэффициент линейно-

го температурного расширения, K_x – коэффициент теплопроводности изотропного материала.

Таблица 1. Геометрические параметры конструкции

R_1 , мм	R_2 , мм	R_3 , мм	R_4 , мм	H_1 , мм	H_2 , мм	H_3 , мм	H_4 , мм	a , мм	α , °
13	20	28	44,8	20	26,12	100	46,12	10	15

Таблица 2. Физико-механические характеристики конструкции

№	Элемент	Материал (сталь)	E , ГПа	ν	α , K^{-1}	K_x , Вт/ m^3
1	Рабочая вставка	X12M	220	0,30	$11,2 \cdot 10^{-6}$	50
2	Внутр. бандаж	35ХГСА	198	0,31	$12,2 \cdot 10^{-6}$	52
3	Внешний бандаж	35ХГСА	198	0,31	$12,2 \cdot 10^{-6}$	52

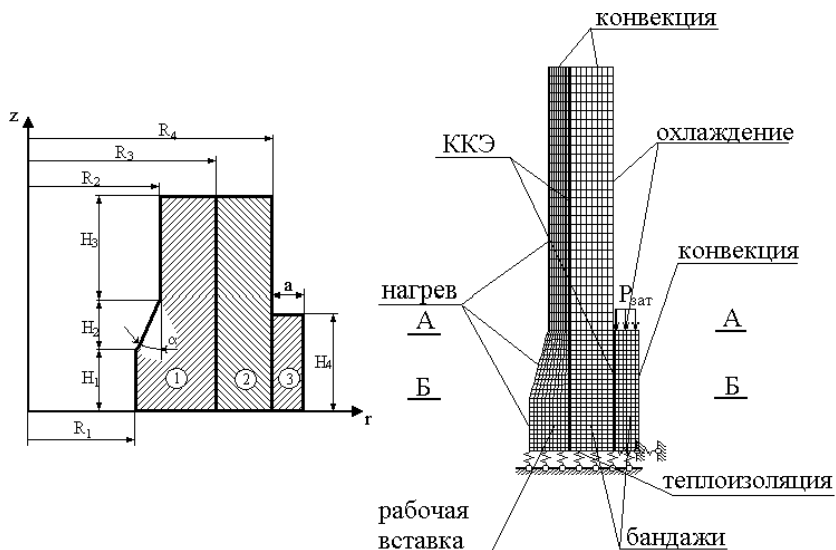


Рис.1. Расчетная схема

Анализ проводился средствами программного комплекса SPACE-T [3], который содержит широкие возможности анализа прочности и жесткости составных конструкций с учетом контактного взаимодействия. Конечно-элементная модель матрицы представляет собой три группы осесимметричных КЭ, заполняющие три области, моделирующие рабочую вставку и бандажи, соответственно. На границах разделов между отдельными подобластями (группами конечных элементов) введены слои контактных конечных элементов (ККЭ), толщиной в один элемент. Характеристики механических свойств ККЭ приняты, отвечающими свойствам одной из контактирующих подобластей матрицы. Характеристики теплофизических свойств, а именно, коэффи-

коэффициенты теплопроводности ККЭ заданы величинами на два порядка большими, чем минимальный коэффициент теплопроводности для контактирующих под областей матрицы. С помощью введенных слоев ККЭ при последующем решении задачи термоупругости проведено моделирование механизма фрикционного проскальзывания с использованием закона Кулона при значении коэффициента трения $f_n = 0,3$ [2]. По технологическим соображениям между контактирующими под областями, соответствующим бандажам матрицы, был введен предварительный натяг $\Delta = 0,2$ мм.

Задача стационарной теплопроводности была решена с учетом тепла, выделяемого при развитии пластических деформаций в заготовке и при трении на соответствующих поверхностях. Температура нагрева внутренней поверхности рабочей вставки принималась равномерно распределенной и равной – 623 К, температура охлаждения – 300 К, интенсивность источников тепловыделения $60 - \text{Вт/м}^3$. На нижнем торце матрицы были приняты условия теплоизоляции. На остальных поверхностях задавались конвективный теплообмен со следующими параметрами: температура внешней среды $T_\infty = 298$ К, коэффициент конвективного теплообмена $\alpha = 50 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$.

Целью анализа НДС было определение зон в матрице с максимальной интенсивностью напряжений, а также областей с максимальными радиальными перемещениями внутренней поверхности рабочей вставки. Абсолютный максимум интенсивности напряжения наблюдается в сечении А-А, где контактируют угловая точка внешнего бандажа с наружной поверхностью внутреннего бандажа, отвечающей зоне концентратора напряжения В этой точке интенсивность напряжений составляет 876 МПа. Отметим, что интенсивность напряжений в области концентратора более чем в два раза превышает максимальную интенсивность напряжений на внутренней поверхности рабочей вставки в этом сечении и приблизительно в четыре раза превышает максимальную интенсивность напряжений в сечении Б-Б. Несмотря на то, что используемый в работе алгоритм решения контактных задач дает завышенные (на 15 – 20 %) результаты расчета по напряжениям в окрестностях особых точек [4], очевидно данное сечение матрицы является наиболее опасным. Величина максимальных радиальных перемещений наблюдается в окрестности верхнего торца рабочей вставки и является довольно значительной величиной (приблизительно 1 мм). Очевидно, что при учете силовой нагрузки при деформировании заготовки максимальные радиальные перемещения могут превысить допустимые технологические ограничения, лежащие в диапазоне 1,5...2,5 мм.

В данном случае необходимо произвести определенную корректировку или геометрических параметров, или условий эксплуатации конструкции с целью снижения максимальных радиальных перемещений. Было проведено варьирование величины температуры охлаждения внешней боковой поверхности матрицы и высоты внешнего бандажа. На рис. 2 представлены зависимости максимальных перемещений и интенсивности напряжений от темпера-

туры охлаждения и высоты внешнего бандажа относительно номинальных значений, полученных при $T_{\text{охл}} = 300 \text{ К}$ и $H_4 = h_{\text{ном}} = H_1 + H_2$.

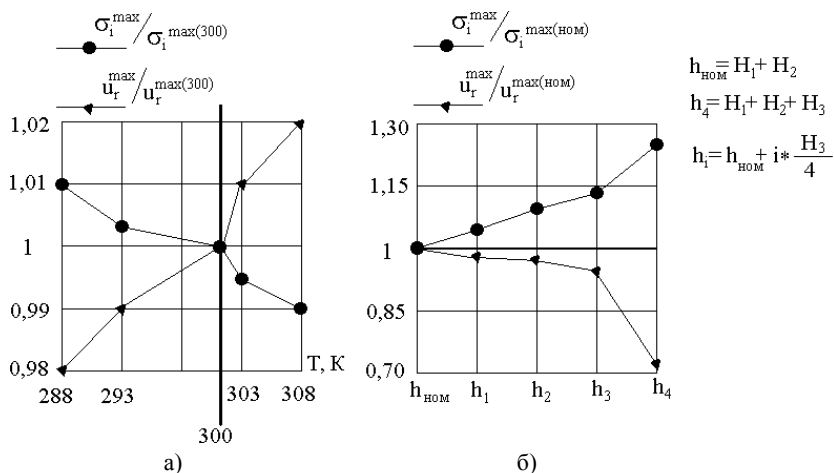


Рис. 2. Зависимость максимальных радиальных перемещений и интенсивности напряжений от температуры охлаждения (а) и высоты внешнего бандажа (б)

Проведенные расчеты позволяют считать, что оптимальным представляется выбор температуры охлаждающей жидкости порядка 298 – 303 К (25 – 27 °С), так как при этой температуре максимальные перемещения не будут превышать 1 мм. Представленные результаты также свидетельствуют о невысокой эффективности увеличения жесткости матрицы за счет изменения высоты бандажа. Это связано с тем, что максимальные перемещения значительно (приблизительно на 30 %) уменьшаются практически при достижении высоты внешнего бандажа к общей высоте матрицы. При этом, несомненно, возникнут проблемы конструктивного характера, связанные с креплением «высокого» бандажа к опорной плите. Отметим также, что в случае предельно высокого бандажа на 25 % возрастает максимальная интенсивность напряжений, отвечающее, как ужесточению конструкции, так и увеличению перепада температуры по толщине матрице.

Список литературы: 1. *Евстратов В.А.* Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. – Харьков: Вища школа, 1987. – 144 с. 2. *Евстратов В.А., Кузьменко В.И.* Совершенствование конструкций матриц для выдавливания и условия их крепления в штампах // Кузнечно-штамповое производство, № 9, 1997. 3. *Бондарь С.В., Зубатый С.С., Киркач Б.Н., Лавинский В.И.* Программный комплекс SPACE-T для решения термоупругопластических контактных задач // Динамика и прочность машин. – 2000. – №57. – С. 24-34. 4. Задачи контактного взаимодействия элементов конструкций / *Подгорный А.Н., Гонтаровский П.П., Киркач Б.Н.* и др. – К.: Наукова думка, 1989. – 232с.

Поступила в редколлегию 17.06.2003