УДК 621.9

**С.В. Гонорова**

# ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

В статье рассмотрено определение деформаций обрабатываемых деталей с целью прогнозирования точности обработки

Задачей проведенной работы является исследование напряженно-деформированного состояния (НДС) в процессе их механической обработки. Цель работы: исследовать влияние возникающих напряжений и деформаций, создаваемых силами резания, на качество и точность обработанной детали.

Для исследования выбраны две операции механической обработки: фрезерование уступов блоком из двух торцевых фрез и сверление отверстия во втулке.

Объектом для исследования процесса фрезерования выбрана корпусная деталь (подвеска рессоры), обрабатываемая на агрегатном станке. Такой выбор объекта можно обосновать особенностью геометрической формы детали. Характерная особенность заключается в сложной геометрической форме детали, имеющей выступы и сечения с резким изменением размеров детали. Следовательно, возникающие в процессе обработки силы резания вызовут концентрацию напряжений и деформации именно в этих областях. Это явление может сказаться не только на эксплуатационных свойствах детали, но и на качестве обработки. Также существенное влияние на выбор исследуемого объекта повлиял способ ее обработки (рис. 1). Кроме того, операция фрезерования уступа идет первой в технологическом процессе. Расстояние между обработанными уступами с учетом допуска на размер 91±1,5.

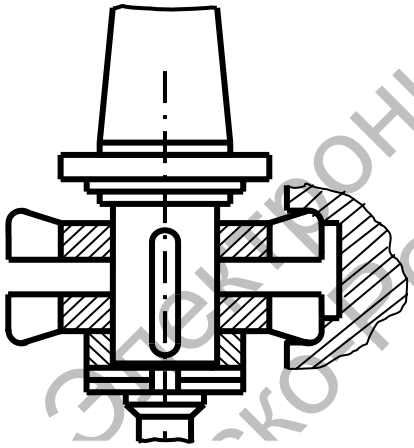


Рис.1. Схема обработки детали

Чтобы произвести расчет, прежде всего необходимо выявить базовые поверхности заготовки и определить способ ее закрепления в приспособлении. Основное допущение здесь заключается в том, что деталь считается жестко закрепленной.

Пространственная сила резания при фрезеровании разложена на составляющие:

$P_p$ = 1350 Н - радиальная, создающая момент на шпинделе;

$P_o$ = 810 Н - осевая, действующая вдоль оси фрезы;

$P_c$ = 1485 Н - сила подачи, нагружающая механизм подачи.

Для исследования НДС детали сложной формы более предпочтительным оказался метод конечных элементов. Чтобы применить названный метод, на основании предварительного анализа конструкции детали создана графическая модель подвески с незначительными упрощениями. Модель выполнена с помощью редактора SolidWorks, а непосредственно расчеты производились с использованием приложения – CosmosSolid.

Результаты исследований представлены на рис. 2.

Полученная картина распределения напряжений и деформаций позволила сделать вывод о том, что она оказывает очень существенное влияние на дальнейшую обработку. Концентраторами напряжений здесь являются обрабатываемые уступы. Величины

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

напряжений сравнительно невелики (в пределах 2 МПа) и для материала детали – чугуна – опасными не будут.

а) б)

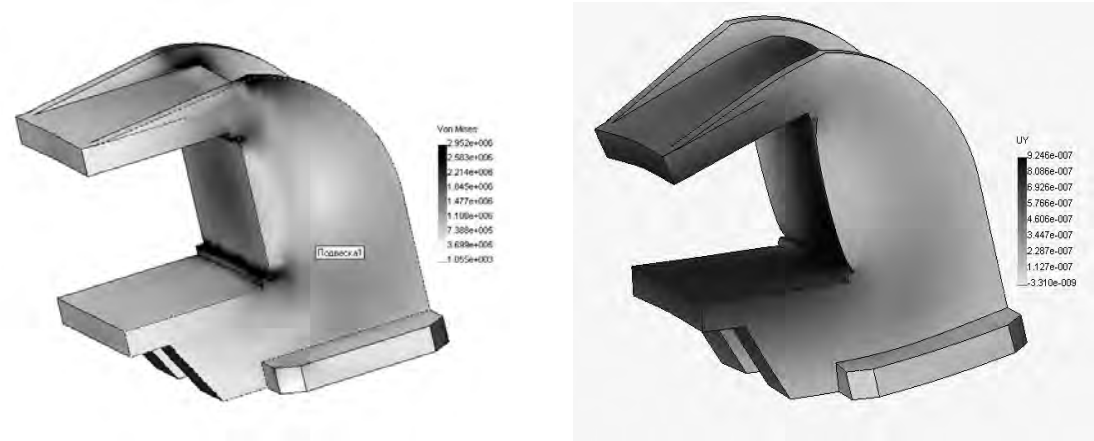



Рис. 2. Напряженно-деформированное состояние детали: а - распределение напряжений; б - распределение деформаций

Деформации получила деталь в целом. Нужно отметить, что величины полученных деформаций находятся в пределах допуска на размер. Следовательно, эти деформации нужно учесть как составную часть общей погрешности обработки детали, которую она получит во время фрезерования. Нужно обратить внимание на то, что деформации распространились на две выступающие поверхности, сопрягающиеся с уступами. В этих противоположных поверхностях на следующей операции обработки сверлятся отверстия под крепление с перебегом. Таким образом, получается, что отверстия формируются в уже деформированных поверхностях, что сказывается на точности самих отверстий. Концентратором напряжений на этой операции выступает зона обработки. Происходит накопление деформаций, особенно на выступающих поверхностях. В последующей обработке уступы и поверхности не участвуют, но задействованы в монтаже готового изделия. Наличие деформаций скажется, прежде всего, на качестве монтажа.

Одним из путей снижения деформаций и напряжений в процессе обработки будет изменение способа базирования заготовки в приспособлении. Работа в этом направлении предполагается после полного компьютерного анализа напряженно-деформированного состояния детали при всех видах обработки, предусмотренных технологическим процессом.

Основной погрешностью, возникающей во время сверления отверстия, является увод оси отверстия от необходимого направления. Это неизбежное явление зависит от ряда факторов, связанных прежде всего с неточностью геометрии сверла и погрешностями установки детали в приспособлении.

Исследование возникающих в процессе сверления деформаций и напряжений про ведено для втулки, изготовленной из стали 30. Диаметр отверстия – Ø14,5 F7. Силы, возникающие во время обработки: осевая сила $P_0$ = 1849 Н, крутящий момент M = 10,2 Н·м и радиальная сила $P_p$ = 1110,9 Н.

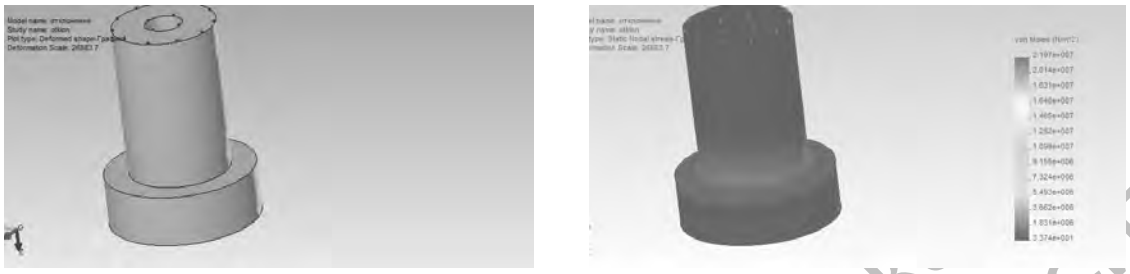
Основная проблема, с которой пришлось столкнуться при создании модели – это отсутствие возможности показать работу самого инструмента во время обработки. Поэтому инструмент заменен силовым винтом с центральной осью, роль которой играет

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

ось сверла.

На рис. 3 представлено напряженно-деформированное состояние втулки при идеальных условиях обработки: отсутствуют погрешности установки и заточки сверла.

а) б)



в)

Рис. 3. Напряженно-деформированное состояние втулки: а - общая деформация; б - распределение напряжений; в - распределение деформаций

Из анализа картины деформаций можно сделать вывод, что деформации, полученные деталью в этом случае, незначительны и не выходят из пределов допуска на размер. В случае идеальных условий обработки их наибольшая величина достигает $3{,}28 \cdot 10^{-4}$ мм. Концентратором напряжений выступает зона обработки (21,9 МПа). Если говорить о детали в целом, то в данном случае напряжения на периферии составляют 3,37 МПа и опасными не являются.

Для дальнейших исследований примем отклонение оси инструмента (силового винта) на 0,02 мм. Эта величина является предельно возможным отклонением. Предположение об идеальной заточке инструмента сохраняется.

Картина напряженно-деформированного состояния для этого случая представлена на рис. 4. Очевидны полные деформации детали (рис. 4, а), которые свидетельствуют не только о пространственных отклонениях формируемого отверстия, но и о пространственных деформациях всей детали. Наибольшая деформация детали составила $9{,}41 \cdot 10^{-4}$ мм. Это значение очень существенно и в сумме с остальными погрешностями обработки, которые можно определить эмпирическим путем, может дать значительное отклонение от заданных размеров отверстия.

Вывод, который можно сделать из проведенных исследований, позволяет сказать, что величины деформаций детали в процессе обработки зависят от ряда факторов, к которым нужно отнести способ обработки поверхности, а также форму обрабатываемой детали. Кроме того, компьютерное моделирование процессов обработки позволяет учитывать различные погрешности обработки и их влияние на напряженно-деформированное состояние детали.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета

а) б)

в)

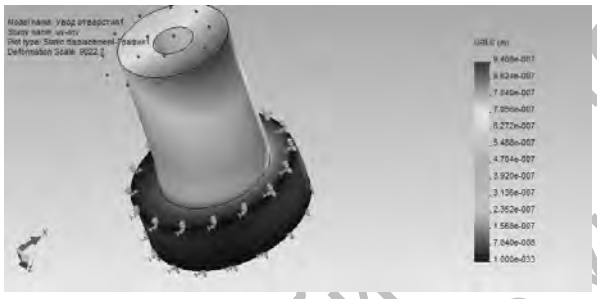


Рис. 4. Напряженно-деформированное состояние втулки с учетом погрешностей установки инструмента: а - общая деформация; б - распределение напряжений; в - распределение деформаций

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Решетов, Д. Н.** Точность металлорежущих станков / Д. Н. Решетов, В. Т. Портман. – М. : Машиностроение, 1986. – 336 с.

2. **Александров, А. В.** Основы теории упругости и пластичности / А. В. Александров, В. Д. Потапов. – М. : Высш. шк., 1990. – 398 с.

3. **Можаровский, Н. С.** Приложение методов теории пластичности и ползучести к решению задач в машиностроении : Ч. 1. – Киев : Вища шк., 1991. - 264 с.

Белорусско-Российский университет
Материал поступил 28.10.2005

**S.V. Honorova**
**Stress – deformed parts state investigation during various kinds of machining**
Belarusian-Russian University

The determination of the machined parts deformations with the aim of machining accuracy discussed in the article.

Электронная библиотека Белорусско-Российского университета