

УДК 621.9.02

ВЛИЯНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ БАЗОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛАСТИН СБОРНОГО СВЕРЛА НА СТАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИ ВРЕЗАНИИ

М. И. МИХАЙЛОВ, Е. В. ДЕМЧУК

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Ключевые слова: сборные сверла, напряженно-деформированное состояние, композиционные покрытия, статические показатели.

Введение

Сборные сверла находят все более широкое применение в машиностроении при получении отверстий как в сплошном материале, так и в листовых конструкциях.

Рамные конструкции состоят из сварных листовых соединений, к которым крепятся механически различные элементы. В результате требуется получение точных отверстий в листовых пакетах. Обработка листовых пакетов затруднена переходными процессами. Процесс врезания недостаточно изучен из-за сложности взаимодействия инструмента и заготовки, также как и процесс выхода инструмента.

Исследования напряженного состояния сборного инструмента, выполненные в 70-е гг., производились на оптически прозрачных моделях, которые позволили определить качественный характер распределения напряжений в режущей части инструмента [1]. Однако использование плоских моделей, большая трудоемкость изготовления моделей и обработки полученных результатов не позволяет более широко использовать этот метод.

Анализ литературы по исследованиям сборного инструмента в условиях статических нагрузок выявил, что большой вклад внесли исследования жесткости в УДН им. П. Лумумбы [2]–[6]. Многими авторами жесткость сборного инструмента изучалась на специально разработанных стендах, на которых определялась доля смещения режущей кромки инструмента в результате смещения отдельных элементов или в процессе резания, а также численным моделированием. По результатам измерений перемещений оценивалось влияние жесткости отдельных элементов на суммарную жесткость инструмента. Сила, с которой нагружался инструмент, соответствовала результирующей силе резания. Перед испытаниями на жесткость производился контроль прямолинейности и шероховатости опорной поверхности пластины и гнезда в державке под пластину. Это позволяло оценивать как конструктивный вариант исполнения инструмента, так и качество его изготовления.

В процессе врезания возникают переменные силы резания, которые вызывают вибрации элементов сборного инструмента. Для уменьшения вибраций режущие пластины располагают симметрично в корпусе инструмента.

Цель работы – повышение статической точности сборных сверл.

Методика исследования

Наибольшее влияние на напряженно-деформированное состояние (НДС) инструмента оказывает расположение сменных многогранных пластин (СМП) в его корпусе и система их крепления, что создает сложные граничные условия [6]–[11]. В соответствии с этим исследование НДС сборного сверла производилось числен-

ным методом конечных элементов. При расчете зона обработки была разделена на конечные элементы (рис. 1).

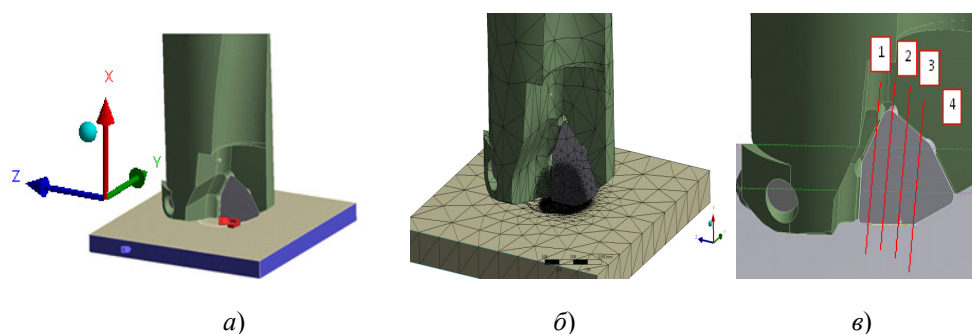


Рис. 1. Расчетные модели: а – 3D-модель; б – ее конечно-элементное представление; в – исследуемые сечения

Основными задачами при проведении исследований были:

- построение 3D-модели инструмента в программном комплексе Ansys;
- определение статических деформаций в модели осевого инструмента;
- определение распределений напряжений и перемещений.

Для проведения расчетов была разработана 3D-модель инструмента (рис. 1, а), а также произведено ее разделение на конечные элементы (рис. 1, б).

Исходными данными для расчетов являлись значения момента и силы резания, а также геометрические параметры инструмента, физико-механические и теплофизические свойства материала режущей части.

Параметры конечно-элементной сетки приведены в таблице.

Параметры конечно-элементной сетки

Параметр	Значение
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Сглаживание поверхности	Вкл
Проверка Якобиана	4 Points
Размер элемента	0,1 мм

Разработанная модель сборного сверла и заготовки закреплялась по боковым поверхностям заготовки (рис. 1, а), режущие пластины закреплялись винтами, передняя и задняя поверхности контактировали с заготовкой (рис. 1, б, в). Расчеты производились поэтапно. На первом этапе выполнялись расчеты с полным контактом СМП и корпуса инструмента. На втором этапе базовые грани СМП покрывались композиционным материалом на основе эпоксидных смол с абразивным наполнителем.

Основная часть

Результаты расчетов приведены на рис. 2–7. На рис. 2 приведены картины распределения эквивалентных напряжений в зоне обработки в первом сечении центральной пластины сверла (рис. 1, в). Как видно на рис. 2, а, максимальные эквивалентные напряжения распределены в режущем зубе по передней и задней поверхностям, а также в заготовке. Применение композиционного покрытия привело к росту напряжений в 1,113 раз (рис. 2, б). Кроме этого зона максимальных напряжений неравномерно распределена вдоль режущей кромки (рис. 2, в–д), что связано с особенностями процесса сверления.

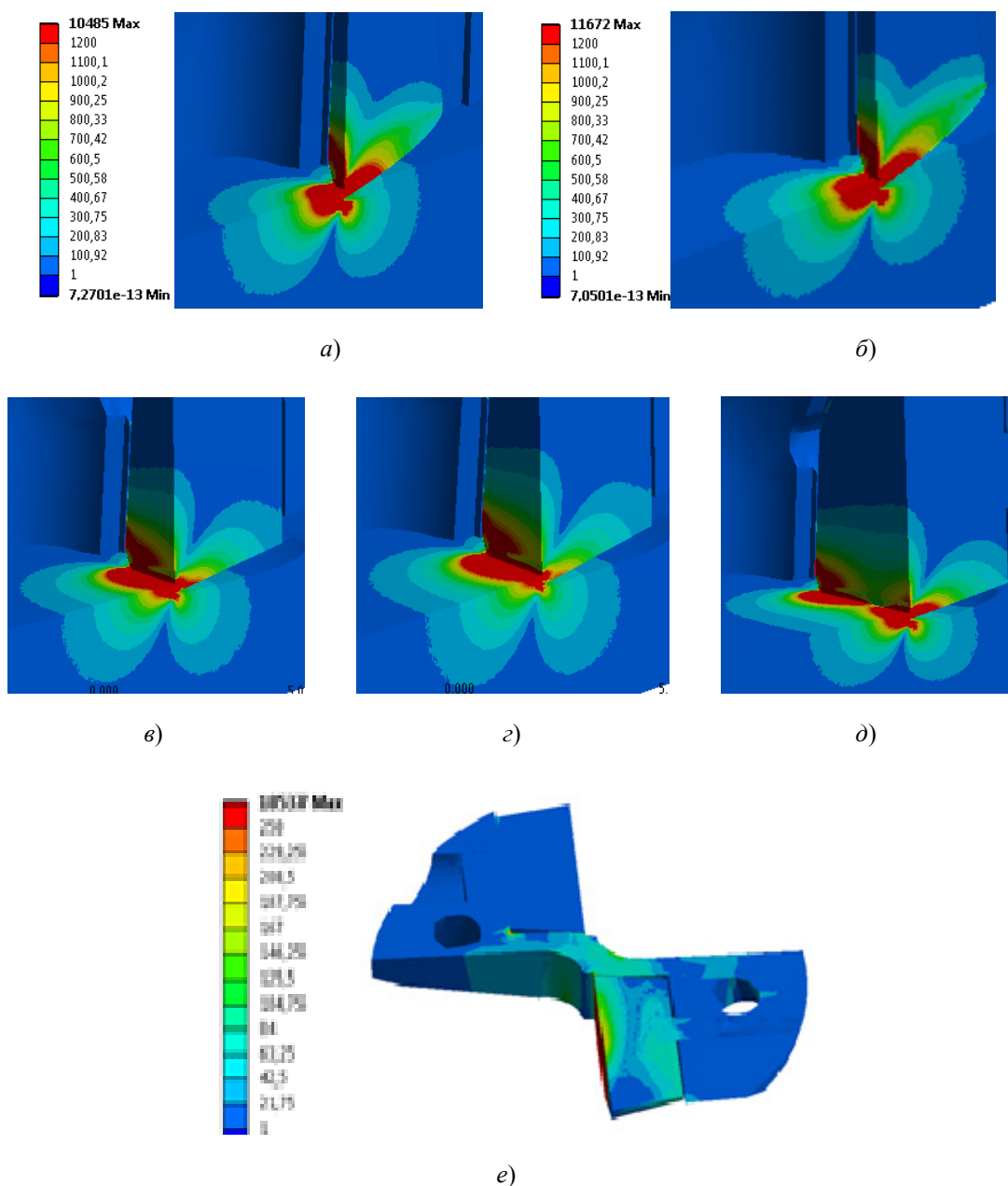


Рис. 2. Картины эквивалентных напряжений:

a – в сечении 1 с полным контактом; *б* – в сечении 1 с композиционным покрытием;
в–д – в сечениях 2–4 с полным контактом; *е* – в поперечном сечении сверла

На рис. 3 приведены картины распределения нормальных напряжений по оси X в зоне обработки в первом сечении центральной пластины сверла. Как видно на рис. 3, *a*, максимальные нормальные напряжения по оси X распределены в режущем зубе по передней и задней поверхностям, а также в заготовке. Однако характер распределения этих напряжений отличаются тем, что зона максимальных напряжений смещена относительно режущей кромки, а также расположена со смещением в заготовке. Применение композиционного покрытия привело к росту напряжений в 1,008 раз. Кроме этого зона максимальных напряжений неравномерно распределена вдоль режущей кромки (рис. 3, *в–д*), в периферийных точках кромки уровень напряжений повышается, но снижается по передней поверхности. В заготовке уровень напряжений растет под задней поверхностью и снижается на ней.

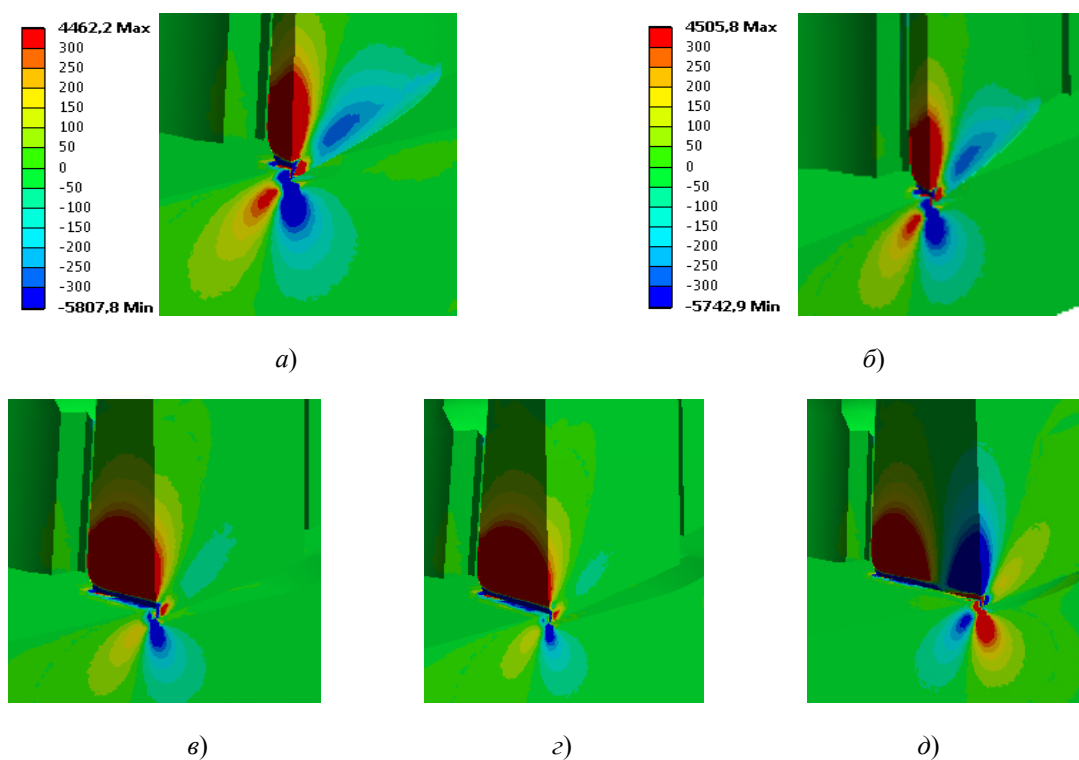


Рис. 3. Картины нормальных напряжений по оси OX :
 а – в сечении 1 с полным контактом; б – в сечении 1 с композиционным покрытием;
 в–д – в сечениях 2–4 с полным контактом

На рис. 4 приведены картины распределения перемещений по оси X в зоне обработки в первом сечении центральной пластины сверла.

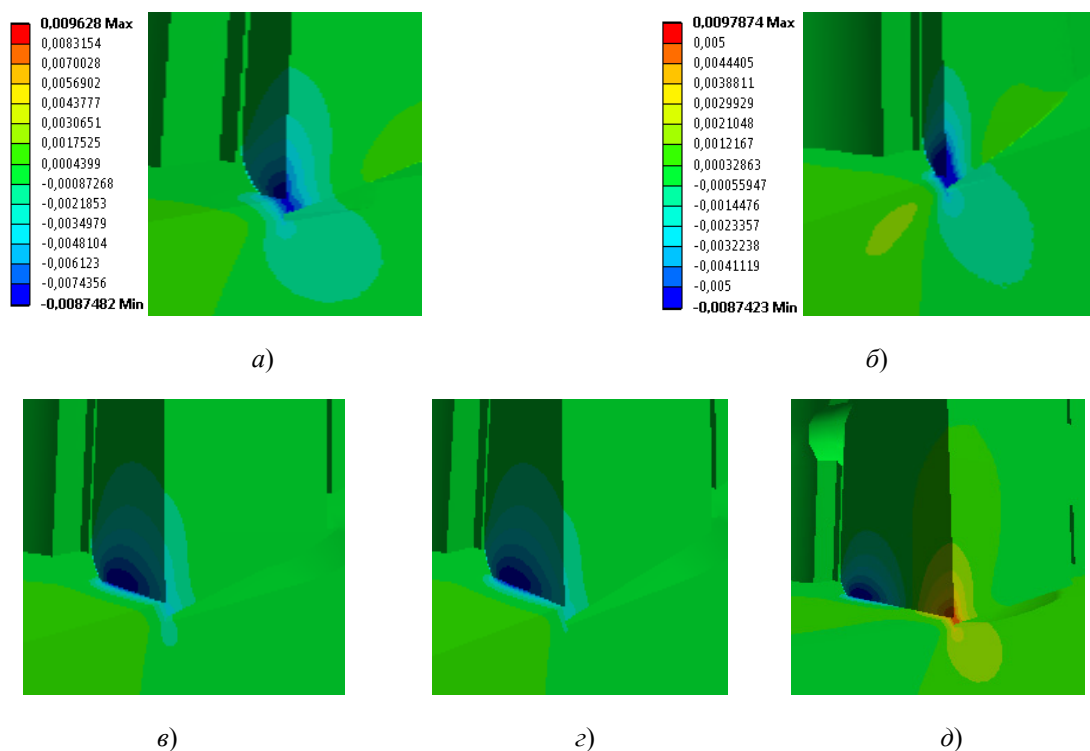


Рис. 4. Картины перемещений по оси OX :
 а – в сечении 1 с полным контактом; б – в сечении 1 с композиционным покрытием;
 в–д – в сечениях 2–4 с полным контактом

Как видно на рис. 4, *а*, максимальные перемещения по оси X получает зуб по передней и задней поверхностям. Применение композиционного покрытия привело к росту перемещений в 1,016 раз (рис. 4, *б*). Кроме этого зона максимальных перемещений неравномерно распределена вдоль режущей кромки (рис. 4, *в–д*), так в периферийных точках кромки уровень перемещений снижается и они изменяют знак, т. е. пластина поворачивается.

На рис. 5 приведены картины распределения перемещений по оси Y в зоне обработки в первом сечении центральной пластины сверла. Как видно на рис. 5, *а*, максимальные перемещения по оси Y получает зуб по передней и задней поверхностям (рис. 5, *б*). Применение композиционного покрытия привело к росту перемещений в 1,63 раза. Кроме этого зона максимальных перемещений неравномерно распределена вдоль режущей кромки (рис. 5, *в–д*), так в периферийных точках кромки уровень перемещений снижается и они изменяют свой знак, т. е. пластина поворачивается.

На рис. 6 приведены картины распределения перемещений по оси Z в зоне обработки в первом сечении центральной пластины сверла. Как видно на рис. 6, *а*, максимальные перемещения по оси Z получает корпус сверла и незначительная зона в вершине зуба по передней и задней поверхностям. Применение композиционного покрытия привело к росту перемещений в заготовке. Кроме этого зона максимальных перемещений неравномерно распределена вдоль режущей кромки (рис. 6, *в–д*), так в периферийных точках кромки уровень перемещений снижается и они изменяют знак, т. е. пластина изменяет свое пространственное положение.

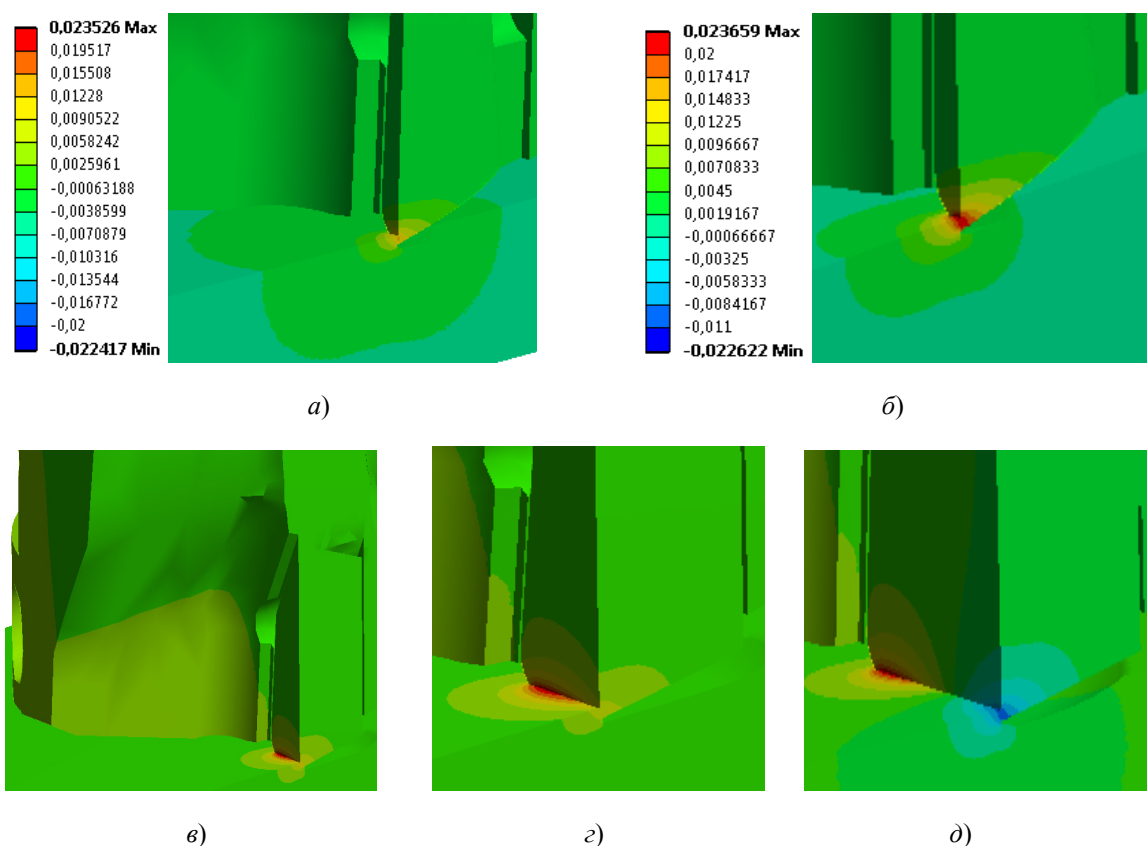


Рис. 5. Картины перемещений по оси OY :
а – в сечении 1 с полным контактом; *б* – в сечении 1 с композиционным покрытием;
в–д – в сечениях 2–4 с полным контактом

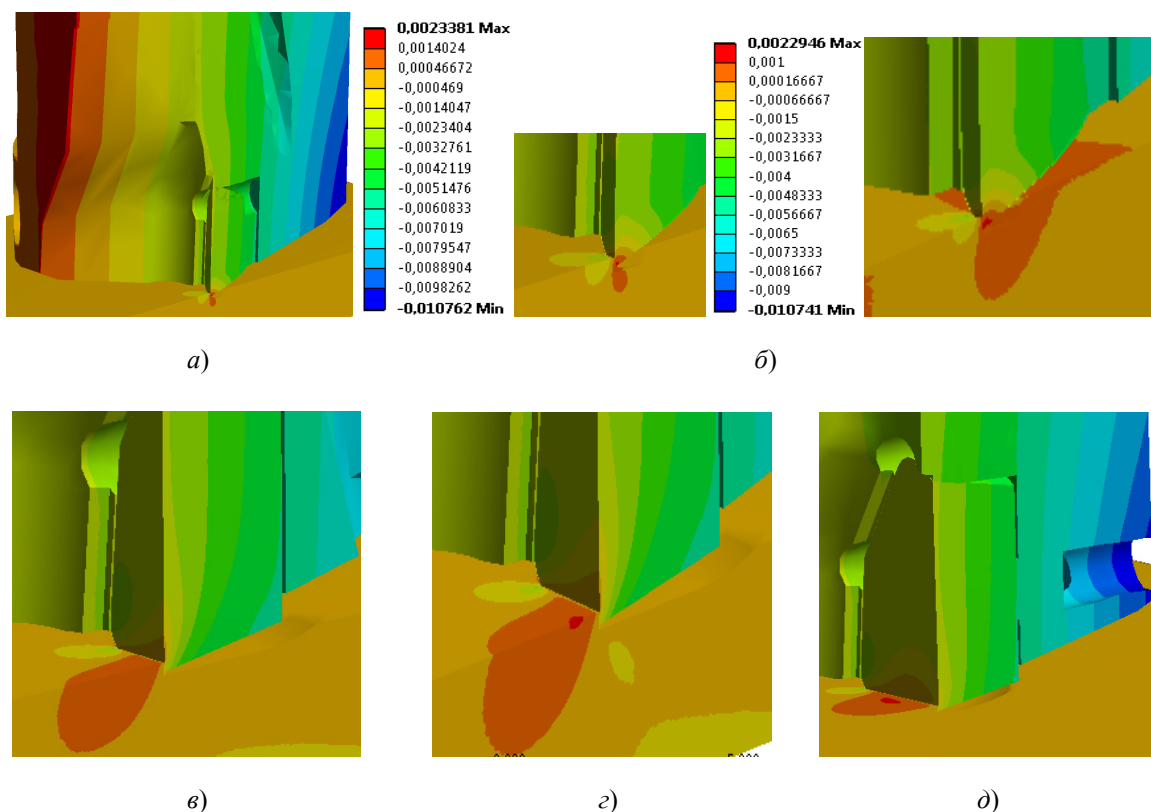


Рис. 6. Картины перемещений по оси OZ:
 а – в сечении 1 с полным контактом; б – в сечении 1 с композиционным покрытием;
 в–д – в сечениях 2–4 с полным контактом

На рис. 7 приведена картина распределения эквивалентных перемещений в поперечном сечении сверла.

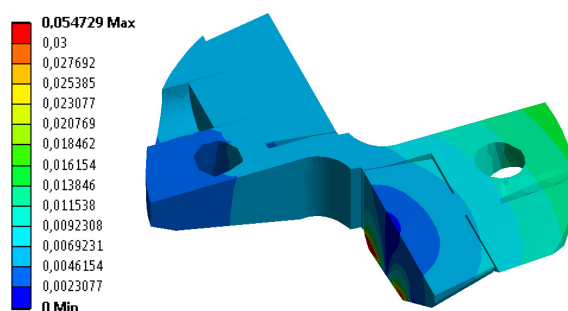


Рис. 7. Картина эквивалентных перемещений

Заключение

Используя нагрузки, соответствующие современным режимам резания, получены распределения эквивалентных напряжений и перемещений в корпусе и элементах крепления пластин сборных сверл, численные значения которых позволяют оптимизировать конструкцию инструмента и режимы обработки.

Литература

1. Остафьев, В. А. Расчет динамической прочности режущего инструмента / В. А. Остафьев. – М. : Машиностроение, 1979. – 168 с.

2. Хамуда, С. Н. Экспериментальное исследование жесткости сборных торцевых фрез по их статическим характеристикам / С. Н. Хамуда, К. Г. Громаков, А. Д. Шустиков // Исследования процессов обработки металлов и динамики технологического оборудования. – М., 1982. – С. 44–49.
3. Шустиков, А. Д. Анализ качества сборных проходных резцов / А. Д. Шустиков. – М. : НИИМаш, 1981. – 40 с.
4. Способ контроля качества инструмента : а. с. 2895679 СССР : МКИ5 В23В / А. Д. Шустиков [и др.] ; дата публ.: 07.12.1981.
5. Вольвачев, Ю. Ф. Оценка качества сборных проходных резцов по статическим и динамическим характеристикам на полуавтоматических испытательных стендах : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / Ю. Ф. Вольвачев ; Мосстанкин. – М., 1953. – 18 с.
6. Малыгин, В. И. Модель напряженно-деформированного состояния режущего элемента сборного инструмента / В. И. Малыгин, Н. В. Лобанов // Вестн. машиностроения. – 2000. – № 2. – С. 22–26.
7. Гречишников, В. А. Исследование деформированного состояния сборного режущего элемента методом конечных элементов / В. А. Гречишников, С. В. Лукина, А. И. Веселов // Конструкторско-технологическая информатика 2000 : материалы IV Междунар. конгр., Москва, 2000 г. / МГТУ. – М., 2000. – Т. 1. – С. 158–160.
8. Когель, И. З. Исследование жесткости узлов крепления пластин твердого сплава в корпусе инструмента и ее влияние на стойкость лезвия при торцевом фрезеровании : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / И. З. Когель ; Мосстанкин. – М., 1985. – 22 с.
9. Systeme d'outil equilibre multi-fonctions. TraMetal; Revue technique mensuelle du travail des metaux. – 2000. – № 51. – P. 14–16.
10. Лукина, С. В. Система автоматизированного проектирования сборного режущего инструмента / С. В. Лукина // Конструкторско-технологическая информатика 2000 : материалы IV Междунар. конгр., Москва, 2000 г. / МГТУ. – Т. 2. – М., 2000. – С. 33–36.
11. Михайлов, М. И. Сборный металлорежущий механизированный инструмент: Ресурсосберегающие модели и конструкции / М. И. Михайлов ; под ред. Ю.М. Плещачевского. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2008. – 339 с.

Получено 09.09.2019 г.