

УДК 621-192

М.И. МИХАЙЛОВ, д-р техн. наук; Е.В. ДЕМЧУК

Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого, Республика Беларусь

## ВЛИЯНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН В КОРПУСЕ СБОРНОГО СВЕРЛА НА ИХ НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

*Разработаны конструкции сборных сверл с различным расположением сменных многогранных пластин относительно плоскости врезания. Разработаны 3D-модели зоны обработки сборными сверлами двух сравниваемых вариантов. Приведены результаты исследования напряжений в сменных многогранных пластинах при их различном расположении в корпусе сборного сверла. Установлено влияние расположения сменных многогранных пластин на их эквивалентные внутренние напряжения и напряжения вдоль осей координат.*

**Ключевые слова:** сверла сборные, сменные многогранные пластины, расположение пластин в корпусе, внутренние напряжения

**Введение.** Сборные сверла находят широкое применение в машиностроении при получении отверстий как в сплошном материале, так и в листовых конструкциях. Отказ такого инструмента происходит чаще всего по прочности.

Приемы, связанные с работой режущего инструмента, занимают в сумме 4,7 % времени работы оператора токарных станков и 3,9 % — оператора многоцелевых станков с ЧПУ. Эти приемы, как правило, занимают мало времени, но их требуется выполнять очень часто. Например, на токарном станке с ЧПУ коррекция размеров производится примерно восемь раз в смену, удаление стружки с инструмента и детали — 24 раза в смену [1, 2]. Восстановление работоспособности режущего инструмента не требует больших затрат времени (обычно не более 4 % общего фонда времени), однако постоянное присутствие оператора в этом случае обязательно, что снижает эффективность работы как ГПМ, так и гибких производственных систем (ГПС).

Несвоевременное обнаружение отказов инструмента может иметь самые различные последствия от появления брака до аварии станка и т. д. Изнашивание режущих кромок инструмента часто сопровождается их разрушением. При этом диапазоны рассеяния периода стойкости инструмента составляют значительные величины (в отдельных случаях 200 % и более) [3–12].

Исследования напряженного состояния инструмента производилось различными методами, например на оптически прозрачных моделях, результаты которых позволили определить качественный характер распределения напряжений в режущей части инструмента. Однако 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 сделан исследованиями жесткости в Российском университете дружбы народов [8]. 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, которые приводят к росту микросколов режущих кромок. Для уменьшения вибраций и повышения прочности пластин производится оптимизация их расположения в корпусе инструмента.

*Цель работы* — повышение прочности сборных сверл.

**Методика исследования.** Основными задачами при проведении исследований были:

- построение 3D-модели инструмента в программном комплексе ANSYS;
- определение распределений напряжений в режущих пластинах.

Исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) выполнялись методом конечных элементов. Для этого была разработана 3D-модель инструмента (рисунке), а также произведено ее разделение на конечные элементы. Для проведения расчетов разработаны граничные условия и приложена нагрузка в виде момента и осевой силы.

Исходными данными для расчетов являлись значения силы резания и момента, геометрические параметры инструмента, физико-механические и теплофизические

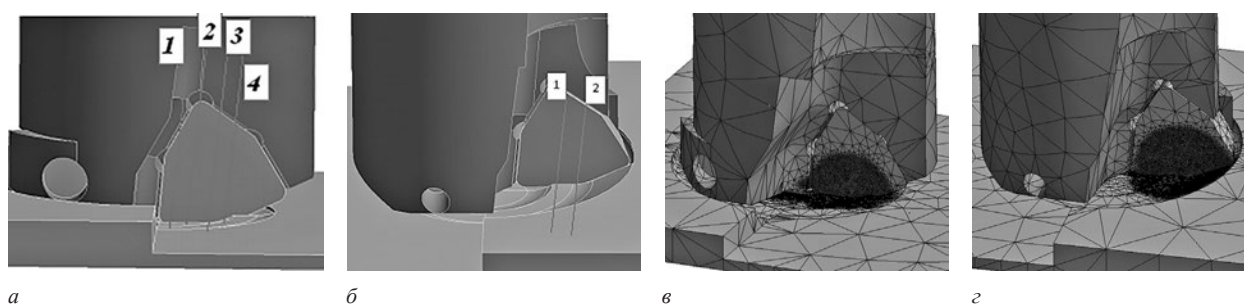


Рисунок — Расчетная модель для центральной (а) и периферийной (б) пластин и конечно-элементная сетка (в, г)

Таблица 1 — Параметры конечно-элементной сетки





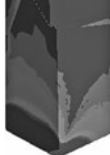








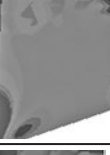









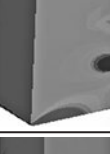
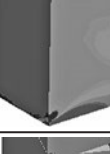








Параметр	Значение
Тип сетки	Сетка на твердом теле
Используемое разбиение	Стандартная сетка
Сглаживание поверхности	Вкл
Проверка Якобиана	4 Points
Размер элемента	1,7309 мм
Допуск	0,33654 мм

свойства материала режущей части и обрабатываемой заготовки. В качестве материала корпуса инструмента выбрана сталь 40X, а режущая пластина выполнена из твердого сплава T15K6.

Параметры конечно-элементной сетки приведены в таблице 1.

В варианте 1 модели сверла режущие кромки расположены со смещением в осевом направлении на 0,3 мм. Во втором варианте режущие кромки расположены в одной плоскости.

Таблица 2 — Результаты расчета НДС центральной пластины

		Направления осей 			
Вариант расчетной схемы	Вид напряжений	Сечение 1	Сечение 2	Сечение 3	Сечение 4
Вариант 1	Эквивалентные напряжения				
Вариант 2					
Вариант 1	Напряжения по оси X				
Вариант 2					
Вариант 1	Напряжения по оси Y				
Вариант 2					
Вариант 1	Напряжения по оси Z				
Вариант 2					

**Результаты и их анализ.** Для более детального исследования были получены картины распределения напряжений в элементах системы крепления центральной и периферийной пластин (таблицы 2, 3).


















Полученные результаты позволяют заключить, что уровень эквивалентных напряжений центральной твердосплавной пластины в сечении 1 приконтактной зоны с корпусом конструктивного варианта 1 выше в 1,5 раза, а зона этих напряжений увеличилась в 2,8 раза. Уровень эквивалентных напряжений по передней поверхности конструктивного варианта 1

в данном сечении увеличился в 2,5 раза, а по задней поверхности — в 2,1 раза.

Уровень эквивалентных напряжений центральной твердосплавной пластины в сечении 2 приконтактной зоны конструктивного варианта 2 выше в 1,3 раза, а зона этих напряжений увеличилась в 2,4 раза. Эквивалентные напряжения центральной твердосплавной пластины по передней поверхности в сечении 2 конструктивного варианта 1 увеличились в 1,4 раза, а на задней поверхности — в 1,6 раза.

В сечении 3 уровень эквивалентных напряжений центральной твердосплавной пластины в приконтактной

**Таблица 3** — Результаты расчета НДС периферийной пластины

Направления осей 			
Вариант расчетной схемы	Вид напряжений	Сечение 1	Сечение 2
Вариант 1	Эквивалентные напряжения		
Вариант 2			
Вариант 1	Напряжения по оси X		
Вариант 2			
Вариант 1	Напряжения по оси Y		
Вариант 2			
Вариант 1	Напряжения по оси Z		
Вариант 2			

зоне конструктивного варианта 2 выше в 1,5 раза, а зона этих напряжений увеличилась в 1,6 раза. Эквивалентные напряжения на передней поверхности конструктивного варианта 1 в данном сечении увеличились в 1,3 раза, а на задней поверхности — в 1,5 раза.

В сечении 4 уровень эквивалентных напряжений центральной твердосплавной пластины в приконтактной зоне конструктивного варианта 2 выше в 1,25 раза, а зона этих напряжений увеличилась в 1,9 раза. Эквивалентные напряжения на передней поверхности конструктивного варианта 1 в данном сечении увеличились в 1,8 раза, а на задней поверхности — в 2,4 раза. Такой характер напряжений обусловлен особенностями процесса сверления, а также расположением режущих пластин в корпусе инструмента.

Представленные результаты в таблице 3 позволяют заключить, что уровень эквивалентных напряжений периферийной твердосплавной пластины в сечении 1 приконтактной зоны с корпусом сверла конструктивного варианта 1 выше в 2,2 раза, а на задней поверхности — в 1,7 раза. Напряжения по оси  $X$  на передней поверхности конструктивного варианта 1 превышают в 1,2 раза, а напряжения по оси  $Y$  по длине передней поверхности конструктивного варианта 2 — в 1,32 раза.

В сечении 2 эквивалентные напряжения на передней и задней поверхностях конструктивного варианта 1 больше в 2,9 раза, а напряжения по оси  $X$  на передней поверхности превышают в 1,33 раза. Напряжения по оси  $Y$  на передней и задней поверхностях конструктивного варианта 1 превышают в 2 раза, а напряжения по оси  $Z$  конструктивного варианта 2 больше в 2 раза, чем у варианта 1.

**Выводы.** В результате произведенного расчета напряженного состояния вышеприведенных моделей было установлено, что расположение режущих кромок сменных многогранных пластин в одной плоскости привело к снижению эквивалентных напряжений центральной

и периферийной твердосплавных пластин, а также снизился уровень напряжений по осям  $Y, Z$ .

### Список литературы

1. Маслов, А.Ф. Конструкции и эксплуатация прогрессивного инструмента / А.Ф. Маслов. — М.: ИТО, 2006. — 166 с.
2. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин [и др.]. — М.: Машиностроение, 1990. — 272 с.
3. Токарный инструмент. Вращающийся инструмент. Инструментальные системы. Общий каталог 2007–2009. — Mitsubishi, 2007. — С. D080.
4. Токарный инструмент. Вращающийся инструмент. Инструментальные системы. Общий каталог 2007–2009. — Mitsubishi, 2007. — С. D090.
5. Новые инструменты. Дополнение к каталогам. 12.2. — Sandvik Coromant, 2012. — С. E1–E85.
6. Sandvik Coromant 2010. Руководство по металлообработке. — Sandvik Coromant, 2010. — 800 с.
7. Сверление. Общий каталог 2009. — Walter, 2009. — С. 342–351.
8. Малыгин, В.И. Модель напряженно деформированного состояния режущего элемента сборного инструмента / В.И. Малыгин, Н.В. Лобанов // Вестн. машиностроения. — 2000. — № 2. — С. 22–26.
9. 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, 3–5 октября 2000 г.: в 2 т. / Московский гос. технол. ун-т «СТАНКИН». — М.: МГТУ «СТАНКИН», 2000. — Т. 1. — С. 158–160.
10. 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; Моск. станконструм. ин-т. — М., 1985. — 22 с.
11. Остафьев, В.А. Расчет динамической прочности режущего инструмента / В.А. Остафьев. — М.: Машиностроение, 1979. — 168 с.
12. 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.

Mikhaylov M.I., Demchuk E.V.

### Influence of the cutting plates location in the prefabricated drill body on their stress state

Designs of prefabricated drills with different arrangement of replaceable polyhedral plates relative to the embedding plane have been developed. 3D models of the processing zone with prefabricated drills of two compared variants have been developed. The results of the study of stresses in replaceable polyhedral plates are presented with their different arrangement in the housing of a prefabricated drill. The arrangement influence of the replaceable polyhedral plates on their equivalent internal stresses and stresses along the coordinate axes is established.

Поступила в редакцию 05.10.2021.