

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Курганский государственный университет»

Кафедра «Машиностроение»

**ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА И РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ**

Методические указания
к выполнению практических занятий для студентов направлений
15.03.04 «Автоматизация производственных процессов» и
27.03.04 «Управление в технических системах»

Курган 2023

Кафедра: «Машиностроение».

Дисциплины: «Технологические процессы и производства», «Технологические процессы автоматизированного производства».

Направления: 15.03.04 «Автоматизация производственных процессов»,
27.03.04 «Управление в технических системах».

Составил: д-р техн. наук, доцент В. Е. Овсянников.

Печатается в соответствии с планом издания, утвержденным методическим советом университета «28» декабря 2022 г.

Утверждены на заседании кафедры «15» ноября 2022 г.

Содержание

Введение	4
1 Основные теоретические сведения	4
2 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 1	10
3 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 2	12
4 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 3	14
Библиографический список	17

Введение

Целью выполнения практических занятий по дисциплинам «Технологические процессы и производства», «Технологические процессы автоматизированного производства» является приобретение навыков по выбору инструмента и расчету режимов резания в зависимости от требований, которые предъявляются к качеству обработанной поверхности.

Задачи, решаемые на занятии:

- приобретение практических навыков по выбору режущего инструмента для различных схем фрезерной обработки;
- приобретение практических навыков расчетов режимов резания для различных схем фрезерной обработки;
- формирование умений использовать современные информационные ресурсы по выбору инструмента и расчету режимов резания.

1 Основные теоретические сведения

Сверление является одним из самых распространенных способов получения отверстия. Режущим инструментом здесь служит сверло, которое дает возможность получать отверстия в сплошном материале и увеличивать диаметр ранее просверленного отверстия (расверливание). Главное движение при сверлении – вращательное, движение подачи – поступательное.

Сверло – более сложный инструмент, чем резец. В более сложных условиях протекает и процесс резания сверлом: затруднен отвод стружки и подвод охлаждающей жидкости; наблюдается значительное трение стружки о поверхность канавок сверла и самого сверла об обработанную поверхность; вдоль режущей кромки возникает резкий перепад скорости резания (от V_{\max} до нуля), так что в отдельных точках режущей кромки срезаемый слой деформируется и срезается с разной скоростью; различная деформация получается и в связи с переменным углом γ вдоль всей режущей кромки спирального сверла, а потому по мере приближения точки режущей кромки к периферии сверла деформация (усадка) уменьшается (вследствие увеличения V и γ).

Все это вызывает более тяжелые, по сравнению с точением, условия процесса стружкообразования при сверлении, большие деформации срезаемого слоя, увеличенное тепловыделение и повышенный нагрев сверла.

Если рассматривать процесс стружкообразования на небольшом участке режущей кромки, то он подчиняется тем же закономерностям и сопровождается теми же явлениями, что и при точении; упругие и пластические деформации, тепловыде-

ление, наростообразование, упрочнение, износ инструмента здесь возникают по тем же причинам.

Как и при точении, на температуру резания при сверлении скорость резания оказывает большее влияние, чем подача; температура при резании возрастает с увеличением глубины (длины) сверления, но уменьшается с увеличением диаметра сверла (из-за усиления теплоотвода вследствие большей массы сверла и большей поверхности соприкосновения с заготовкой, а также вследствие облегчения подвода охлаждающей жидкости и отвода стружки по канавкам большего сечения).

При сверлении сталей образуется в основном сливная стружка, а при обработке чугунов – стружка надлома.

В промышленности производится обработка отверстий в очень широком диапазоне диаметров D ($D = 0,1 \dots 100$ мм) и глубин l (до $100 \cdot D$). Отверстия малых диаметров ($D \leq 0,5$ мм) в жаропрочных, титановых и тугоплавких материалах стандартными сверлами обработать не удастся и поэтому применяют физико-химические методы.

К глубоким отверстиям обычно относят отверстия, глубина которых превышает $5 \cdot D$. Однако уже при $h > 3 \cdot D$ в случае сверления отверстий спиральными сверлами наблюдаются трудности с подводом смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания и удалением стружки из отверстия, что приводит к снижению стойкости инструмента. Поэтому на практике применение инструментов для сверления глубоких отверстий обычно начинается с глубин, больших $3 \cdot D$.

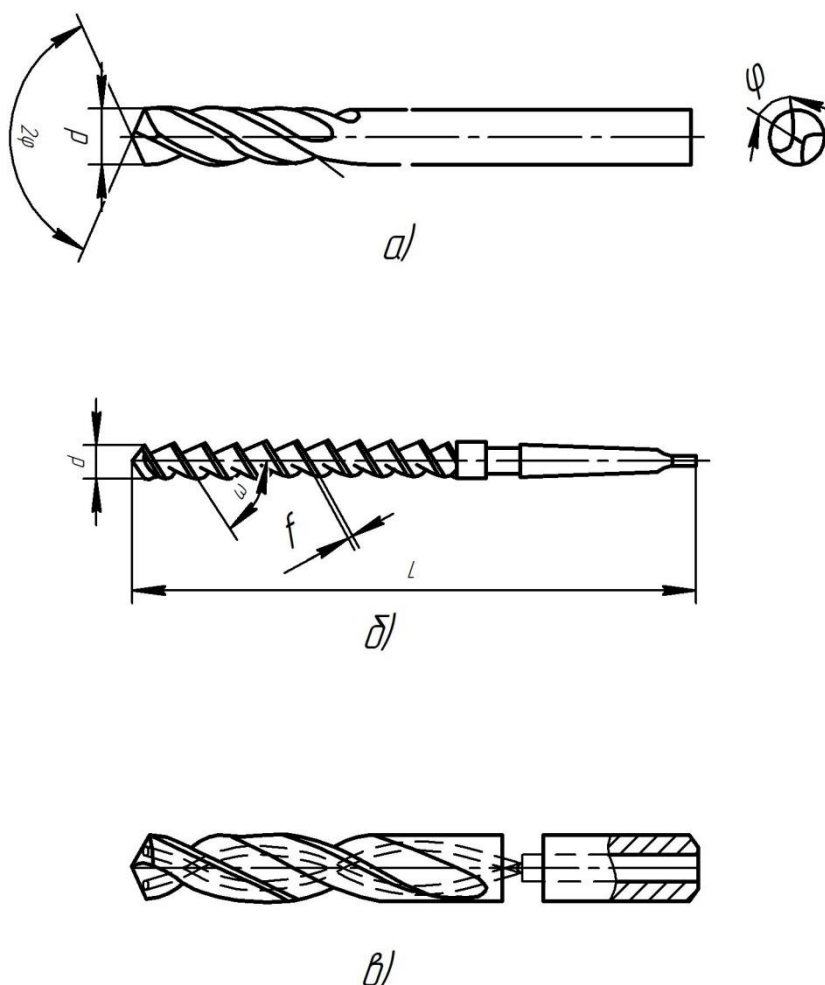
Основные трудности при сверлении глубоких отверстий заключаются [8]:

- в сложных условиях подвода СОЖ в зону резания и отвода стружки;
- в уводе осей отверстий;
- в погрешностях размера и формы отверстий в радиальном и продольном сечениях.

Улучшить условия отвода стружки из отверстий при использовании спиральных сверл можно за счет увеличения угла наклона канавок до $40 \dots 60^\circ$ и обеспечения надежного дробления стружки. В противном случае приходится периодически выводить сверло из отверстия для освобождения инструмента от стружки, что значительно снижает производительность, хотя при этом увод оси отверстия несколько уменьшается. Лучшие результаты дает использование внутреннего напорного подвода смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) в зону резания, которое обеспечивает не только надежный отвод стружки из отверстия, но и отвод тепла из зоны резания, благодаря чему повышается стойкость сверл. Причем эффективность СОЖ будет тем выше, чем выше скорость ее протекания через зону резания, которая определяется давлением и количеством (расходом) подаваемой жидкости.

На практике при сверлении отверстий глубиной до $20 \cdot D$ на универсальном оборудовании часто используют спиральные сверла удлиненной серии или с нор-

мальной длиной режущей части и длинным хвостовиком (рисунок 1, а), равным глубине отверстия.



а – четырехленточное с длинным хвостовиком; б – шнековое;
в – с внутренним напорным охлаждением

Рисунок 1 – Спиральные сверла для глубокого сверления

Среди представленных на рисунке 1 сверл, сверла с внутренним подводом СОЖ можно использовать при сверлении отверстий диаметром более 15 мм, а четырехленточные с длинным хвостовиком – для обработки отверстий глубиной до $8 \cdot D$. Наиболее универсальными среди представленных конструкций являются сверла с увеличенным подъемом винтовой канавки (шнековые).

В случае применения спиральных сверл для освобождения сверла от стружки в процессе сверления применяется автоматический ввод-вывод инструмента из отверстия (рисунок 2):

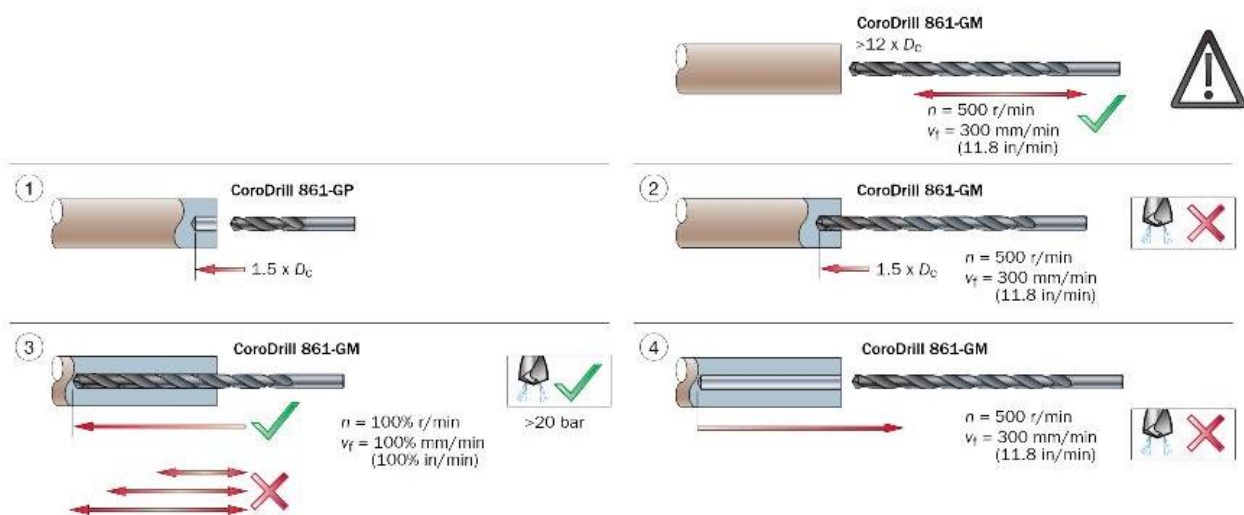


Рисунок 2 – Стратегия обработки глубоких отверстий спиральными сверлами фирмы Sandvik Coromant

Другим вариантом сверления глубоких отверстий является использование ружейных сверл (рисунки 3–5). Ружейная технология – традиционная технология, которая используется более 150 лет. Данная технология наиболее эффективна при производстве малых отверстий (от 1 мм).

Максимальная глубина обработки этими сверлами – $100 \cdot D$. Предполагает внутренний подвод и наружный отвод СОЖ. Предъявляет высокие требования к давлению СОЖ и может применяться на традиционных станках ЧПУ, оснащенных системой подачи СОЖ под высоким давлением.

Ружейные сверла диаметром $D = 8 \dots 30$ мм состоят из рабочей части и трубчатого корпуса (стебля).

Для создания благоприятных условий резания главная режущая кромка смещена на $0.2 \cdot D$ от оси сверла. Сверло имеет внутренний канал круглого или серповидного поперечного сечения для подвода СОЖ под давлением 2...4 МПа. СОЖ вместе со стружкой вымывается по наружной прямой канавке.

Применение ружейных сверел для обработки глубоких отверстий требует специального оборудования и оснастки (см. рисунок 3), поэтому наибольшая эффективность достигается на специализированном оборудовании – станках для сверления ружейными сверлами. Подходят для обработки чугуна, стали, алюминия.

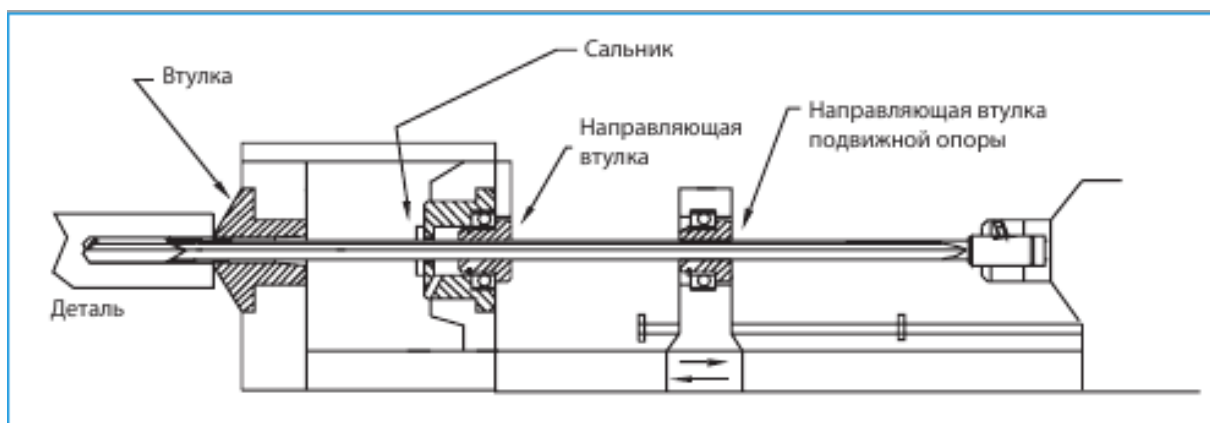


Рисунок 3 – Принадлежности для сверления ружейными сверлами

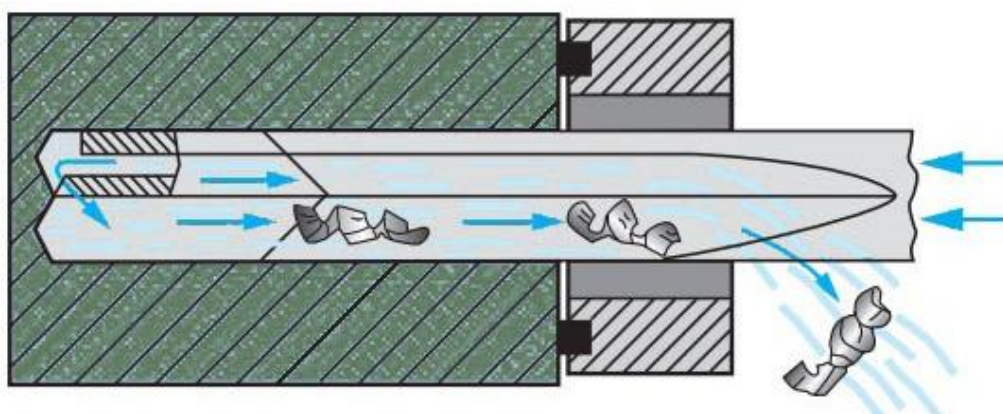


Рисунок 4 – Ружейная технология глубокого сверления



Рисунок 5 – Общий вид ружейного сверла

В эжекторной (двухштанговой) системе СОЖ циркулирует между внутренней и внешней штангами. Замкнутая система обеспечения СОЖ требует меньшего давления подачи СОЖ, поэтому может применяться на традиционном оборудовании (например, на токарных станках) без внесения существенных изменений в их конструкцию. Отсутствие необходимости в приобретении специального оборудования делает эжекторную технологию предпочтительной при производстве небольших партий. Кроме того, не требуется уплотнения

между заготовкой и кондукторной втулкой. Диапазон стандартных диаметров: 18-65 мм, максимальный диаметр – 200 мм.

В эжекторном сверле головка навинчена на наружную трубку, являющуюся несущим корпусом (рисунок 6). Режущая часть оснащена твердосплавными пластинами, расположенными в шахматном порядке.

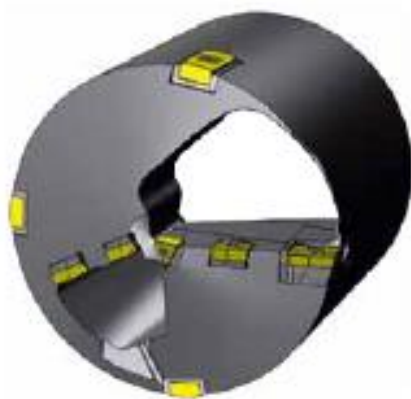


Рисунок 6 – Общий вид сверлильной головки

Поэтому стружка срезается в виде отдельных лент, а затем дробится стружколомающими уступами и легко удаляется. Особенностью эжекторных сверл является эффект подсоса СОЖ, уходящей вместе со стружкой в результате разрежения внутри сверла, разрежение возникает из-за разделения прямого потока жидкости (под давлением 2...3 МПа) на два: около 0,7 жидкости направляется в зону резания, а 0,3 обратно через прорези во внутренний канал трубы. Это разрежение, возникающее между потоком жидкости со стружкой и потоком через щели, улучшает условия отвода стружки.

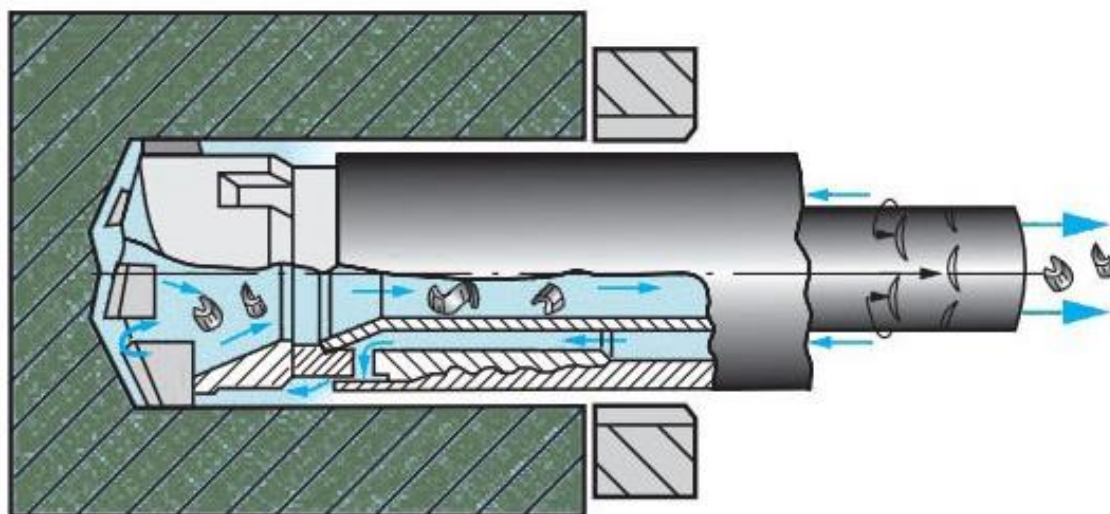


Рисунок 7 – Эжекторная технология глубокого сверления

Эжекторные сверла работают на скоростях резания 25...200 м/мин и подачах 0,15...0,7 мм/об. Обеспечивается точность 9...11-го квалитетов и $Ra = 1,25...0,63$ мкм. Для повышения точности обработки служат твердосплавные направляющие.

Облегчить стружкоотвод оказалось возможным путем применения вибрационного сверления, при котором задаются принудительные вибрации в осевом направлении обрабатываемой заготовке или инструменту, благодаря чему при определенных параметрах колебаний удастся обеспечить дробление сливной стружки по длине и получить мелкую, легко удаляемую из отверстия стружку.

2 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 1

Исходные данные:

- сверление отверстия в сплошном материале;
- диаметр отверстия: 20 мм;
- глубина отверстия: 80 мм;
- квалитет отверстия: Н12;
- материал детали: сталь 45.

Используем информационную систему CoroPlus tool guide (рисунки 8–11).



Рисунок 8 – Выбор вида обработки

Условия обработки

Стабильность крепления
Хорошая стабильность

Хорошие условия

Способность выполнения/наличие глухих отверстий
ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Обрабатываемый диаметр DM 20 mm

Глубина элемента обработки DEPTHMF 80 mm

Точность отверстия TSHA A12

Верхнее отклонение диаметра DTOLU 0.51 mm

Нижнее отклонение диаметра DTOLL 0.3 mm

Дополнительные параметры

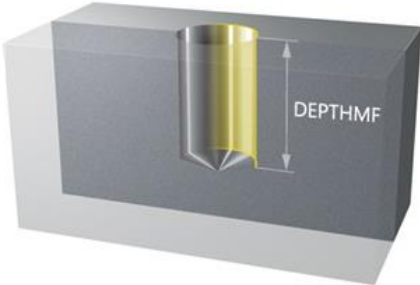


Рисунок 9 – Ввод условий обработки

P	Низколегированная сталь Показать варианты ...	175 HB P2.1.Z.AN	M	Аустенитная нержавеющая ...	200 HB M1.0.Z.AQ
K	Серый чугун	245 HB K2.2.CUT	N	Сплав на основе алюминия	90 HB N1.3.C.AG
S	Жаропрочный сплав на осн...	350 HB S2.0.Z.AG	H	Сверхзакаленная сталь	60 HRC H1.3.Z.HA
O	O1.0.0.X0	50 HV O1.0.0.X0			







Рисунок 10 – Ввод данных по обрабатываемому материалу

СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / СМЕННАЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



CoroDrill 870

	870-2000-20LX1-5 Инструмент		
	870-2030-20-PM 4334 Пластина		

Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange)
-inch: 1

Стойкость, дет. TLIFEC	773 Отверстия
Время обработки на элемент TMF	00:09.000 мин:с

Создайте инструментальную сборку

ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания VC	110 m/min
Подача на оборот FN	0.326 mm
Минутная подача у центра инструмента VF	562 mm/min

Показать подробности


Информация 

Рисунок 11 – Результаты расчетов

3 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 2

Исходные данные:

- сверление отверстия в сплошном материале;
- диаметр отверстия: 10 мм;
- глубина отверстия: 100 мм;
- качество отверстия: H12;
- материал детали: сталь 45.

Результаты расчетов приведены на рисунках 12–13.

Способность выполнения/наличие глухих отверстий
ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Обрабатываемый диаметр DM 10 mm

Глубина элемента обработки DEPTHMF 100 mm

Точность отверстия TSHA A12

Верхнее отклонение диаметра DTOLU 0.43 mm

Нижнее отклонение диаметра DTOLL 0.28 mm

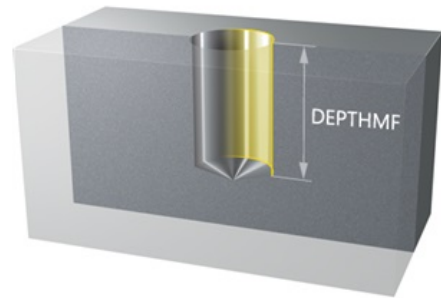
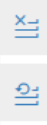


Рисунок 12 – Ввод условий обработки

СВЕРЛЕНИЕ СВЁРЛАМИ С МОНОЛИТНОЙ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТЬ. / СМЕННАЯ

РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



CoroDrill 870

870-1000-6LX063-10
Инструмент

870-1030-6-PM 4334
Пластина

Cylindrical shank (ISO9766 drill shank with flange)
-inch: 5/8 (x 48mm)

Стойкость, дет. 601
TLIFEC Отверстия

Время обработки на элемент 00:11.280
TMF МИН:С

ШАГИ 1

СВЕРЛЕНИЕ СВЕРЛАМИ С СИММЕТРИЧНОЙ ВЕРШИНОЙ

Скорость резания 110
VC m/min

Подача на оборот 0.161
FN mm

Минутная подача у центра инструмента 547
VF mm/min

Рисунок 13 – Результаты расчетов

4 Выбор инструмента и расчет режимов резания на переход 3

Исходные данные:

- расширение отверстия;
- диаметр отверстия до обработки: 50 мм;
- диаметр отверстия после обработки: 52 мм;
- глубина отверстия: 50 мм;
- качество отверстия: H12;
- материал детали: сталь 45.

Расчеты приведены на рисунках 14–16.

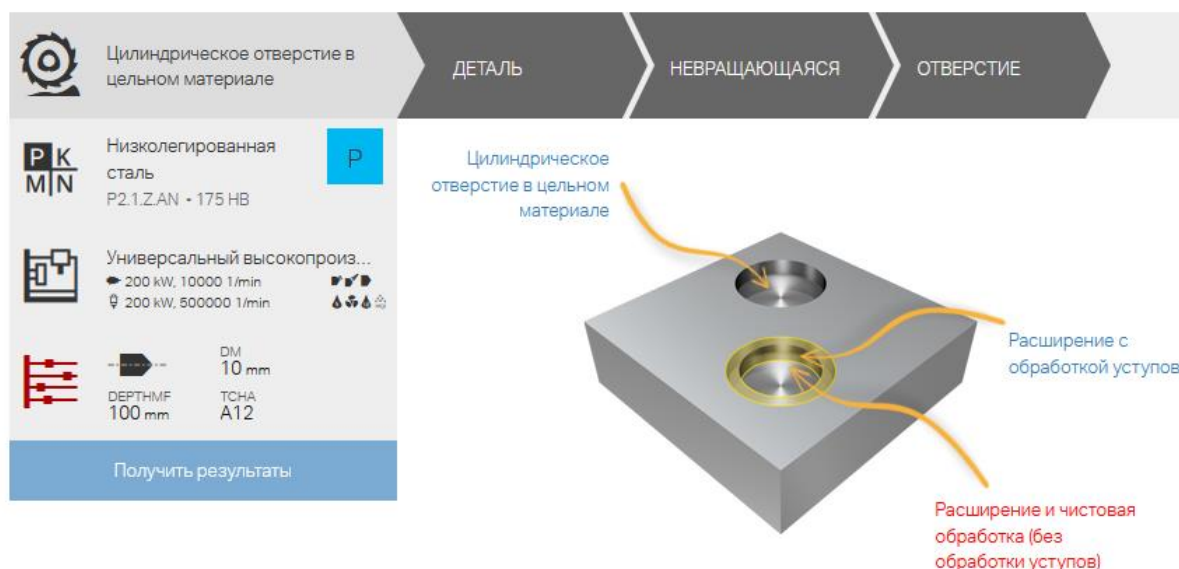


Рисунок 14 – Выбор вида обработки

Условия обработки	Состояние поверхности загото... Предварительно обработанная	Условия резания Непрерывное резание	Стабильность крепления Хорошая стабильность
-------------------	--	--	--

Machining process demand
MACHPD

Способность выполнять сквозные отверстия
ВОЗМОЖНОСТЬ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ

Обрабатываемый диаметр
DMS 50 mm

Обработанный диаметр
DME 52 mm

Глубина элемента обработки
DEPTMF 50 mm

Глубина элемента
DEPTHF 60 mm

Точность отверстия
TSHA A13

Верхнее отклонение диаметра
DTOLU 0.8 mm

Нижнее отклонение диаметра
DTOLL 0.34 mm

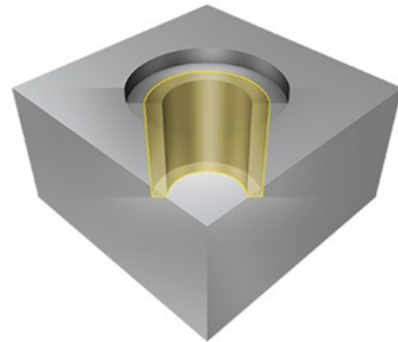
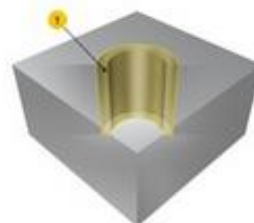


Рисунок 15 – Ввод условий обработки

РАСТАЧИВАНИЕ / MULTI EDGE
SYMMETRICAL



РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ



CoroBore BR30

	BR30-56CC09F-C4 Инструмент		
	CCMT 09 T3 12-PR 4425 Пластина		
	C5-391.02-40 040A Корпус		

Capto (segment) -size C5

Стойкость, дет. TLIFEC	4640 Отверстия
Время обработки на элемент TMF	00:03.498 мин:с

ШАГИ 1

УВЕЛИЧЕНИЕ ДИАМЕТРА

Глубина резания AP	1.28 mm
Скорость резания VC	162 m/min
Подача на оборот FN	0.9 mm

[Показать подробности](#)

[Информация](#)

[Выбрать сверло для отверстия под резьбу](#)

Рисунок 16 – Результаты расчетов

Библиографический список

1 Богдасарова Т. А. Выполнение работ по профессии токарь / Т. А. Богдасарова. – URL : <https://infourok.ru/lekcii-po-predmetu-vipolnenie-rabot-po-profesii-tokar-2146657.html> (дата обращения: 02.02.2023).

2 Кузнецов Ю. И. Оснастка для станков с ЧПУ : справочник / Ю. И. Кузнецов, А. Р. Маслов, А. Н. Байков. – Москва : Машиностроение, 1983. – 568 с.

3 Металлорежущие станки и автоматы : учебник для машиностроительных вузов / под редакцией А. С. Проникова. – Москва : Машиностроение, 1981. – 479 с.

4 Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин [и др.]. – Москва : Машиностроение, 1980. – 584 с.

5 Онлайн-калькулятор режимов резания. – URL : <https://sandvik-coromant.com/> (дата обращения: 02.02.2023).

6 Справочник технолога машиностроителя: в двух томах. Т. 2 / под ред. А. Н. Малова. – 3-е изд. – Москва : Машиностроение, 1972. – 568 с.

7 Станочное оборудование автоматизированного производства / под ред. В. В. Бушуева. – Москва : Изд-во «Станки», 1993. – 584 с.

Овсянников Виктор Евгеньевич

**ВЫБОР ИНСТРУМЕНТА И РАСЧЕТ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ
ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ**

Методические указания
к выполнению практических занятий для студентов направлений
15.03.04 «Автоматизация производственных процессов» и
27.03.04 «Управление в технических системах»

Редактор В. С. Никифорова

Библиотечно-издательский центр КГУ.
640020, г. Курган, ул. Советская, 63/4.
Курганский государственный университет.