

УДК 621.9

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-3-298-35-37

*Н. А. Толстяков¹, А. Р. Ингеманссон²***ОБОСНОВАНИЕ ДИАПАЗОНОВ ВАРЬИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ
ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ ГЛУБОКОГО СВЕРЛЕНИЯ
НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ С ЧПУ**¹Волгоградский государственный технический университет²АО «Федеральный научно-производственный центр «Титан-Баррикады»

E-mail: tolstijcov@mail.ru; aleing@yandex.ru

Рассмотрены рекомендации по назначению режимов резания на операции глубокого сверления из различных источников. Выбраны режимы резания в соответствии с характером планируемого эксперимента и особенностями выполняемой технологической операции. Выбраны уровни варьирования подачи и скорости резания для разрабатываемой математической модели.

Ключевые слова: режимы резания, глубокое сверление, планирование эксперимента

*N. A. Tolstyakov¹, A. R. Ingemansson²***JUSTIFICATION OF THE RANGES OF VARYING
OF FACTORS IN EXPERIMENTAL STUDIES
OF DEEP DRILLING ON MULTI-PURPOSE CNC MACHINES**¹Volgograd State Technical University²JSC «Federal Scientific and Production Centre «Titan-Barrikady»

Recommendations for the appointment of cutting modes for operation of deep drilling from various sources were considered. Cutting modes were selected in accordance with the nature of the planned experiment and the characteristics of the technological operation being performed. The levels of varying of factors of the feed and the cutting speed are assigned for the developed mathematical model.

Keywords: cutting modes, deep hole drilling, experiment planning

Введение

Глубокое сверление является довольно важной и неотъемлемой частью технологического процесса изготовления многих сложных деталей. В то же время этот тип обработки резанием является одним из самых проблемных в производстве и недостаточно изученным в технологической науке. Сверление называется глубоким, если соотношение длины обрабатываемого отверстия к его диаметру превышает 4-кратную величину [1].

Процесс глубокого сверления сопряжен с большим количеством трудностей, в числе которых, и нестабильный процесс стружкообразования, и малая жесткость сверла при проведении обработки отверстия, и короткий период стойкости сменных многогранных пластин (далее СМП) в условиях длительного характера обработки [2].

Многие исследователи предполагают, что влияние этих проблем на качество и производительность обработки можно уменьшить путем подбора рациональных режимов резания, а именно скорости вращения шпинделя станка и скорости подачи инструмента в зоне обработки.

Существует множество различных рекомендаций по выбору режимов резания для подобного вида металлообработки. Данная работа ставит задачами рассмотрение этих рекомендаций и выбор наиболее рациональных из них, исходя из особенностей планируемого эксперимента и особенностей выполняемой технологической операции.

В последствии выбранные режимы резания будут использованы для проведения серии экспериментов по построению многофакторной и многоуровневой математической модели, которая будет использована для технологии адаптивного управления резанием – наиболее прогрессивном методе адаптации режимов резания к нестабильным и непостоянным условиям обработки металла. Установленные на стадии технологического проектирования режимы резания корректируются в автоматизированном режиме при различных условиях резания и состоянии обрабатываемого металла при использовании названной технологии.

Методика

Анализ входных факторов для операции глубокого сверления на многоцелевом станке

с ЧПУ выполнен в работе [3]. Актуальным вопросом, решение которого описано в данной статье, является обоснование диапазонов варьирования факторов при экспериментальных исследованиях.

Планируемая к разработке модель имеет 4 следующих входных параметра: твердость обрабатываемого материала, HB; теплопроводность СМП, Вт/м*К; скорость резания, м/мин; подача, мм/об. Планирование эксперимента при построении модели выполнялась с использованием современных методик и рекомендаций [4]. Функциями отклика для разрабатываемых моделей являются сила резания P_z , H и шероховатость обрабатываемой поверхности R_a , мкм.

На современных многоцелевых станках с ЧПУ обработка глубоким сверлением выполняется корпусным инструментом, оснащенным СМП. В экспериментальных исследованиях использованы корпус сверла K5D34032-11 и пластины к нему, имеющие формы квадрата (SOMT по ISO 1832) и ломаного четырехгранника (XOMT по ISO 1832). Для выбора диапазонов варьирования режимов резания необхо-

димо оценить свойства инструментального и обрабатываемого материалов и особенностей выполняемой операции.

Это обусловлено тем, что модель в части обрабатываемого материала и твердосплавных СМП отражает реальные условия обработки и широкий спектр используемого на производстве инструмента. Требуется определить уровни варьирования режимов резания для подготавливаемой математической модели.

Анализ рекомендаций по выбору режимов резания выполняется с использованием справочной литературы [5, 6], рекомендаций производителей инструмента [7] и накопившегося опыта в практике машиностроительного производства – производственного опыта операторов обрабатывающих центров с ЧПУ (далее ОЦ с ЧПУ), производящих обработку глубоких отверстий.

Результаты

Рекомендуемые диапазоны варьирования скорости резания и подачи в зависимости от твердости конструкционной легированной стали приведены в табл. 1.

Таблица 1

Рекомендуемые значения режимов резания из различных научно-технических источников при различных величинах твердости обрабатываемого металла.
Параметры данные в скобках показывают допустимый диапазон значений

Источник	Скорость резания 380 HB м/мин	Подача 380 HB мм/об	Скорость резания 300 HB м/мин	Подача 300 HB мм/об	Скорость резания 220 HB м/мин	Подача 220 HB мм/об
Справочник технолога под общей редакцией А. Г. Суслова	130	0,21–0,24	130	0,21–0,25	130	0,33–0,36
Справочник технолога под общей редакцией А.Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова	243,7	0,17–0,21	243,7	0,17–0,21	243,7	0,21–0,25
Производственные рекомендации компании Bortek	–	–	55–75	01–0,13	70–80	0,1–0,14
Каталог инструмента Korloy	70 (30~120)	0,06~0,12	100 (50~160)	0,05~0,15	100 (50~150)	0,06~0,14
Сложившаяся на производстве практика обработки	70	0,12	70	0,12	70	0,12

Был проведен анализ рекомендуемых режимов резания с учетом используемых твердых сплавов и особенностей выполненных операций. В экспериментальном исследовании использовались твердосплавные СМП без покрытия, а также с CVD- и PVD-покрытием.

Кроме этого, следует учитывать рекомендации, приведенные в источнике [7], согласно которым при использовании сверл с длинной рабочей части 5D необходимо уменьшать режимы резания на 30–40 %. При окончательном назначении режимов резания данный фактор также

необходимо учитывать. Режимы в приведенной выше таблице даны без учета этой поправки.

В результате полного анализа названных

источников для серии экспериментов назначены следующие уровни варьирования режимов резания (табл. 2).

Таблица 2

Выбранные уровни варьирования режимов резания

Уровень варьирования	-1	0	+1
Скорость резания, м/мин	40	70	100
Подача, мм/об	0,08	0,12	0,16

Выводы

1. Рассмотрены подходы по выбору режимов резания в различной научно-технической литературе и производственной практике машиностроительного предприятия.

2. Выбраны наиболее рациональные режимы резания для серии экспериментов по получению данных для составления математической модели по анализу процесса глубокого сверления.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Обработка глубоких отверстий в машиностроении : справочник / С. В. Кирсанов, В. А. Гречишников, С. Н. Григорьев, А. Г. Схиртладзе ; под общ. ред. С. В. Кирсанова. – Москва, 2010. – 344 с. – ISBN 978-5-94275-521-8. – EDN PVJNMJ.
2. Уткин, Н. Ф. Обработка глубоких отверстий / Н. Ф. Уткин, Ю. И. Кижняев, С. К. Плужников, А. А. Шаманин [и др.]. – Ленинград : Машиностроение, 1988. – 269 с.
3. Толстяков, Н. А. Разработка и обоснование методики эксперимента по исследованию условий сверления в крупногабаритных заготовках при неравномерном распределении твердости / Н. А. Толстяков, А. Р. Ингемансон // Наукоемкие технологии машиностроения, авиации и транспорта : XVI Международная научно-техническая конференция. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2024. – С. 68–71.
4. Чигиринская, Н. В. Моделирование неперiodических стохастических процессов : учеб. метод. пособие / Н. В. Чигиринская, Ю. Л. Чигиринский, А. С. Горобцов ; ВолгГТУ, Волгоград, 2019. – 108 с. ISBN 978-5-9948-3496-1
5. Справочник технолога / под общей ред. А. Г. Сулова. – М. : Инновационное машиностроение, 2019. – 800 с. ISBN 978-5-907104-23-5
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
7. Металлорежущий инструмент Korloy 2018-2019 : каталог инструмента / компания Korloy ; Институт Cheongju, Chungcheongbuk-do, 2018. – 1175 с.