

УДК 621.9.025

Дрозд П.А., оператор компьютерного набора центра инфраструктурного развития ПИИ «Кибер Авто Тех», Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО КФУ.

Рябов Е.А., кандидат технических наук, доцент, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО КФУ.

АСПЕКТЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕЗВИЙНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ УСЛОВИЙ ОБРАБОТКИ

Аннотация: в статье рассказывается о факторах, влияющих на выбор режимов обработки для конкретного инструмента. Режимы резания выбираются на основе оптимизации экономической эффективности сочетания различных процессов. При высокой важности станкочаса или сжатых сроках на реализацию производственной программы существенным становится форсирование производительности. При повышении значимости стоимости инструмента существенным становится повышение его стойкости и снижение нагрузки на оборудование.

Ключевые слова: режущий инструмент; режимы резания; выбор инструмента

Частота смены лезвийного инструмента зависит от его периода стойкости. Этот промежуток времени является наименьшим из всех временных технологических ограничений [3]. Стабильность характеристик лезвийного инструмента на протяжении периода обработки имеет решающее значение для процесса резания.

Резание материалов комплексный процесс, учитывающий в том числе параметры инструмента и его эксплуатации. Характеристики лезвийного инструмента влияют на разработку плана его эксплуатации. Эти характеристики включают различные параметры, такие как материал изготовления, форма режущих кромок, твердость и другие свойства, определяющие эффективность использования инструмента. Основные принципы и правила эксплуатации направлены на обеспечение оптимального процесса работы инструмента. Это включает назначение правильных режимов работы, таких как скорость резания, подача материала и глубина реза, а также проведение регулярных восстановительных работ. Назначение оптимальных режимов работы

подразумевает выбор таких параметров, при которых инструмент будет работать максимально эффективно, обеспечивая требуемое качество обработки материалов и минимизируя износ самого инструмента.

Восстановление лезвийного инструмента осуществляется в зависимости от его текущего технического состояния. Процесс восстановления может включать такие операции, как заточка, правка или замена изношенных деталей, что позволяет поддерживать инструмент в рабочем состоянии. Для улучшения показателей производительности, экономии ресурсов и надежности обработки резанием исследователи предлагают разделить эксплуатацию лезвийного инструмента на два этапа: непосредственное использование (процесс резки) и техническое обслуживание (восстановление режущих характеристик). При этом они руководствуются стандартами, такими как ГОСТ 25866-83 [6].

Чтобы выбрать подходящий инструмент, необходимо решить четыре ключевые задачи: отбраковка инструмента, которая может проводиться методами магнитной или ультразвуковой дефектоскопии, чтобы исключить использование инструментов с дефектами, способными привести к их неожиданному выходу из строя; определение условий обработки, при которых инструмент будет функционировать с допустимым уровнем износа; оптимизация конструктивных и геометрических параметров инструмента, а также режима обработки, чтобы гарантировать его надежную работу; установление критических условий резания, когда необходимо проводить диагностику состояния инструмента для предотвращения возможных проблем. Эти меры помогают повысить надежность и долговечность лезвийного инструмента, обеспечивая его эффективное функционирование в процессе резания.

Эффективная эксплуатация лезвийного инструмента осложняется тем, что условия обработки могут быть непредсказуемыми. Период стойкости инструмента сильно варьируется из-за множества факторов, включая различия в характеристиках инструмента даже в пределах одной партии, неоднородность свойств обрабатываемого материала и особенности используемого

оборудования. Например, согласно ГОСТ 5688-2015 [7], средний период стойкости резцов должен составлять не менее 45 минут, тогда как минимальный установленный период стойкости — не менее 20 минут, что предполагает возможный разброс времени работы инструмента в пределах одной партии до 55,6%. Таким образом, для обеспечения надежной и продуктивной работы инструмента необходима разработка статистической модели отказов, учитывающей тот факт, что период стойкости инструмента является случайной величиной в процессе обработки [1].

Улучшение точности прогнозирования периода стойкости лезвийного инструмента на основе корректной стойкостной зависимости поможет сделать процесс резания более эффективным благодаря возможности назначения более высоких режимов резания. Согласно источнику [2], увеличение режимов резания всего на 20% существенно сокращает затраты на производство детали и снижает её себестоимость примерно на 15%. Это связано с тем, что увеличение скорости резания не оказывает влияния на фиксированные расходы, такие как оплата труда, аренда помещений и амортизация оборудования. Зато при повышении скорости резания возрастает количество изготавливаемых деталей в единицу времени, что приводит к снижению стоимости одного станкочаса. Однако стоит учитывать, что при увеличении скорости резания снижается ресурс инструмента, что ведет к увеличению расходов на него, поскольку затраты на инструмент входят в состав переменных затрат при обработке металла. Если сложить все затраты, то получается кривая суммарных производственных затрат (рисунок 1) [5].

С увеличением скорости резания повышается производительность обработки пока не будет достигнут уровень, когда будет затрачиваться непропорционально много времени на смену инструмента и производительность начнет снижаться.

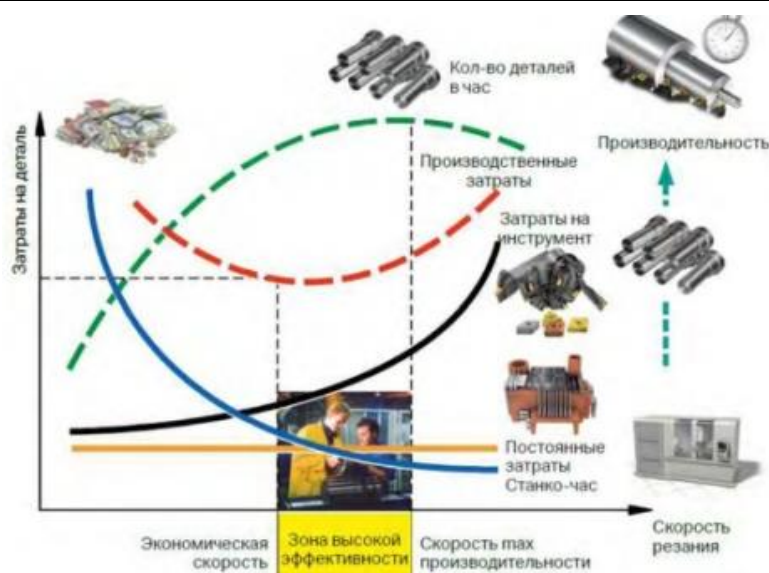


Рис. 1. Определение зоны рациональных режимов резания

Таким образом, влияние разных факторов приводит к тому, что зона высокой эффективности, в которой следует работать, определяется нижней точкой на кривой производственных затрат и соответствует экономической скорости резания.

Стойкость инструмента чаще всего измеряют по времени. При разных видах обработки используются разные показатели для оценки стойкости инструмента. Например, при чистовом фрезеровании учитывается обработанная площадь, при точении — пройденный путь резания, а при черновой обработке — объем удаленного материала. В условиях массового и крупносерийного производства удобно ориентироваться на количество обработанных деталей. Также можно применять интегральный показатель — выполненную механическую работу. Для этого можно использовать датчик расхода электроэнергии, установленный на станке, и настроить систему ЧПУ для учета работы каждого инструмента.

Согласно теории надёжности, предпочтительнее выбирать такую меру оценки износа инструмента, которая наиболее тесно связана с самим процессом износа. Это позволяет точнее предсказывать степень износа инструмента после определённой наработки. Чтобы рассчитать величину механической работы, нужно учитывать следующие факторы: время резания; режимы обработки на каждом этапе; твёрдость обрабатываемого материала; зависимость силы резания от выбранного режима резания. Эти данные необходимы для точного анализа и прогнозирования износа инструмента.

Оценку периода стойкости предложил Ф. Тейлор [4], которую принято записывать:

$$T(v, S, h, HB) = \frac{C_T}{v^\mu S^{v_x} h^{v_y} HB^{v_z}}$$

где v – скорость резания; S – подача; h – глубина резания; HB – твердость материала заготовки; C_T, μ, v_x, v_y, v_z – эмпирические коэффициенты.

Период стойкости инструмента представляет собой случайную величину, которая зависит от целого ряда факторов, связанных с условиями обработки. К ним относятся режимы резания, режущие свойства инструмента, свойства материала и покрытие инструмента, вид обработки, твёрдость обрабатываемых деталей, величина припуска на обработку, предварительное напряжённо-деформированное состояние, вибрация, геометрические ошибки станка и инструмента, а также смазочно-охлаждающая жидкость и многие другие аспекты.

Случайная величина считается заданной, если известен закон её распределения. В данном контексте речь идёт о плотности распределения периода стойкости $f(t)/f(t)$ или вероятности безотказной работы $P(t)P(t)$, которую ещё называют функцией надёжности. Эта функция показывает вероятность того, что инструмент проработает дольше некоторого времени T , то есть $T > t$. Вероятность безотказной работы лезвийного инструмента определяется именно через функцию надёжности.

Для моделирования периода стойкости лезвийного инструмента как случайной величины предложено множество распределений разными авторами. На практике чаще всего применяются простые законы, которые достаточно точно соответствуют экспериментальным данным. Среди них гамма-распределение, распределение Вейбулла, распределение Бернштейна, нормальное распределение, логнормальное распределение, экспоненциальное распределение и альфа-распределение [8].

Когда сложная система состоит из нескольких независимых элементов, каждый из которых может выйти из строя и затем восстановиться, и при отказе любого из этих элементов останавливается работа всей системы, вероятность

безотказной работы такой системы наилучшим образом описывает показательное распределение.

Таким образом, для учёта изменчивости периода стойкости лезвийного инструмента при выборе условий обработки необходимо установить закон распределения этого периода. Этот закон должен учитывать как постепенное ухудшение характеристик инструмента, связанное с его износом, так и возможные внезапные отказы инструмента. Изменчивость характеристик инструмента и заготовок также должна быть учтена в этом законе распределения.

Примечания.

Работа выполнена за счет гранта Академии наук Республики Татарстан, предоставленного молодым кандидатам наук (постдокторантам) с целью защиты докторской диссертации, выполнения научно-исследовательских работ, а также выполнения трудовых функций в научных и образовательных организациях Республики Татарстан в рамках Государственной программы Республики Татарстан «Научно-технологическое развитие Республики Татарстан

Список использованных источников

1. Анцев, Александр Витальевич. Повышение эффективности эксплуатации лезвийного инструмента при неопределенности условий обработки диссертация доктора технических наук 05.02.07 / Анцев Александр Витальевич: [Место защиты: ФГБОУ ВО «Тульской государственный университет»] - Тула, 2020. - 370 с.
2. Автоматизация диагностики технологических систем по параметрам качества поверхностей обрабатываемых деталей / В.П. Федоров [и др.] // Вестник Брянского государственного технического университета. – 2012. – № 1. – С. 85-94.
3. Автоматические линии в машиностроении: Справочник. В 3-х т. Т. 2. Станочные автоматические линии / А.И. Дашенко [и др.]. – М.: Машиностроение, 1984. – 408 с.
4. Автоматы и автоматические линии. Ч. I. Основы проектирования / под ред. Г.А. Шаумяна. – М.: Высш. шк., 1976. – 230 с.
5. Албагачиев, А.Ю. Оптимизация режимов резания при высокоскоростном точении жаропрочного сплава ХН77ТЮ / А.Ю. Албагачиев, А.С. Краско, Е.С. Страмцова // Вестник машиностроения. – 2018. – № 7. – С. 75-78..

6. ГОСТ 25866-83. Эксплуатация техники. Термины и определения = Exploitation of technique. Terms and definitions [Текст] = Exploitation of technique. Terms and definitions : государственный стандарт Союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 13.07.1983 № 3105 : введен впервые : введен 01.01.1985 / разработан Государственным комитетом СССР по стандартам. - Москва : Изд-во стандартов, 1983. - 8 с.
7. ГОСТ 5688-2015. Резцы с твердосплавными пластинами. Технические условия = Carbide-tipped tools. Specifications [Текст] = Carbide-tipped tools. Specifications : межгосударственный стандарт : издание официальное : приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 8 июня 2016 г. № 562-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 5688-2015 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации : взамен ГОСТ 5688-61 : дата введения 2017-01-01 / разраб. "ВНИИИНСТРУМЕНТ". - Москва : Стандартиформ, 2016. - III, 11 с.
8. Шашок, А.В.. Прогнозирование стойкости и надежности режущего инструмента [Текст] : монография / А. В. Шашок, Ж. В. Симсиве ; Министерство образования и науки Российской Федерации, ФГБОУ ВО "Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова". - Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2015. - 172 с.

Drozd P.A., operator of the computer set of the Center for Infrastructure Development of the Cyber Auto Tech Company, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of the Kazan (Volga Region) Federal University

Ryabov E.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Naberezhnye Chelny Institute (branch) of the Kazan (Volga Region) Federal University.

DYNAMIC PARAMETERS OF THE CUTTING TOOL IN DIGITAL PRODUCTION

Abstract: the article describes the factors influencing the choice of processing modes for a particular tool. The cutting modes are selected based on the optimization of the economic efficiency of the combination of various processes. With the high importance of machine hours or tight deadlines for the implementation of the production program, it becomes essential to boost productivity. With an increase in the importance of the cost of the tool, it becomes essential to increase its durability and reduce the load on the equipment.

Key words: cutting tool; cutting modes; tool selection