

## КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ИНСТРУМЕНТА ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

*Н.А. Абдуназаров, студент гр. 10А61,*

*научный руководитель: Ласуков А.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал)*

*Национального исследовательского Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская 26*

*E-mail: lasukow@rambler.ru*

**Аннотация:** Наиболее важным фактором в металлообрабатывающей промышленности является непрерывное использование режущего инструмента и системы контроля за его состоянием. Контроль за инструментом может осуществлять оператор, либо встороненные системы автоматического контроля. Последнее актуально при использовании программных станков. В статье приведен обзор методов контроля состояния инструмента при фрезеровании.

**Ключевые слова:** высокоскоростная обработка, сила резания, вибрационный сигнал, тепло-визионное изображение, акустическая эмиссия.

В последнее время высокоскоростная обработка резанием получила распространение, благодаря высокой производительности и точности механической обработки. Ухудшение качества обработки и увеличение стоимости изделия вследствие частой смены инструмента из-за его износа или скола режущей кромки является основной проблемой высокоскоростной обработки [1]. Система контроля за состоянием инструмента приводит к сокращению времени простоев по вине инструмента, повышает производительность процесса, а также позволяет избежать повреждений инструмента и заготовки. Это положительно сказывается на качестве обрабатываемого изделия.

Следовательно, можно определить и цели системы контроля за состоянием инструмента:

- обнаружение предельного износа режущего инструмента;
- обеспечение точности обработки путем подналадки инструмента в процессе работы;
- предотвращение поломки режущего инструмента.

Износ инструмента можно измерить прямыми или косвенными методами [2]. При прямом методе производится ощупывание режущей кромки инструмента, либо инструмент снимается со станка для измерения износа под микроскопом [3]. Это занимает много времени. При косвенном методе износ оценивается по изменению различных параметров технологической системы, значения которых определяются с использованием различных датчиков, встроенных в станок (сила фрезерования, вибрация инструмента, акустическая эмиссия, крутящий момент шпинделя, температура и т.д.).

Измерение силы резания является одним из основных способов контроля износа инструмента. В процессе фрезерования износ по задней поверхности контролируют с помощью величины гармоник силы резания. В зависимости от коэффициента нагружения и количества зубьев фрезы гармоника силы резания изменяется [4]. С износом инструмента в процессе фрезерования сила резания непрерывно увеличивается из-за увеличения площади контакта между режущей кромкой и заготовкой. Такие же результаты наблюдаются и при работе твердосплавного инструмента с покрытием [5].

В процессе фрезерования износ инструмента (фрезы) определяют путем контроля вибрации шпинделя [6]. Установлено, что вынужденная частотная составляющая растет с увеличением износа инструмента, а спектральное соотношение мощности собственных и вынужденных колебаний частотных составляющих дает меру износа инструмента. Однако, для измерения уровня вибрации необходимы специальные фильтры для удаления шумов с целью разделения вибрации при обработке вибрации станка. Вибрационные характеристики, такие как среднее значение, среднеквадратичное отклонение и максимальный пик, увеличивались с увеличением износа инструмента [7].

Температура режущего инструмента повышается с увеличением скорости резания, подачи и глубины резания за счет выделения на в зоне стружкообразования [6]. В целом температура режущего инструмента повышается с увеличением скорости резания. Состояние инструмента можно контролировать с помощью температуры режущего инструмента. В процессе обработки для измерения температуры инструмента и заготовки используются разные контактные и бесконтактные методы. В качестве контактного метода обычно используется термопара (встроенная термопара, рабочая термопара, тонкопленочная термопара и др.). Контактный метод имеет некоторые недостатки, такие как ограниченный доступ к месту измерения (малые размеры зоны резания), большое время срабатывания (обработки информации). В отличие от этого, бесконтактные методы, такие как радиационный метод (использование пирометра) и ин-

фрактальная термография, лишены вышеназванных недостатков. Однако существуют сложности с отделением температуры, связанной только с износом инструмента.

Акустическая эмиссия (АЭ) - это явление излучения акустических волн в материале, которое возникает при деформации металла во время обработки резанием или разрушении (износе) инструмента или материала. Общепринято, что АЭ коррелирует с процессом пластической деформации во время формирования стружки на границе раздела заготовки и режущего инструмента. В работе [7] было показано, что пластическая деформация и трение обрабатываемого материала были причиной генерации сигнала АЭ в процессе фрезерования. Пластическая деформация во время обработки испускает отчетливые сигналы АЭ, поэтому эти сигналы можно использовать для понимания качества обработки и измерения износа инструмента. Износ инструмента оказывает существенное влияние на параметры АЭ. Сигнал АЭ различает режущую способность острого и изношенного инструмента. Более полную информацию о состоянии инструмента в процессе фрезерования может дать совместное контролирование акустической эмиссии и сигналов вибрации во время обработки [8]. Используя качественную оценку сигналов акустической эмиссии можно контролировать износ режущей кромки инструмента, распространение трещин в инструменте, а также адгезионный износ инструмента.

Применяются также комбинированные методы оценки износа инструмента, когда одновременно контролируется несколько параметров (например, акустическая эмиссия и сила резания, сила резания и уровень вибрации). Такие методы усложняют технологическую систему, но позволяют повысить точность оценки результата, повысить производительность. В процессе микрофрезерования регистрировались сила резания и акустическая эмиссия для контроля износа инструмента. Установлено, что сигнал акустической эмиссии имеет очень маленькое время реакции на процесс, что облегчает обнаружение этого контакта и мониторинг надежности процесса обработки [9].

Также можно прогнозировать износ инструмента по силе тока, напряжению, с использованием системы технического зрения. Хотя последний метод на сегодняшний день относительно дорогой. Применяют и расчетные методы прогнозирования износа, такие как метод конечных элементов.

В настоящее время собраны многочисленные данные по износу инструмента с использованием различных методов и приборов. На основании этих данных были предприняты попытки создания математических моделей, позволяющих прогнозировать износ инструмента, при этом конструктивно не усложняя технологическую систему различными датчиками. Прогнозирование оставшегося срока эксплуатации инструмента более важная задача, чем контроль его состояния. Поскольку оставшийся срок эксплуатации и вероятность отказа инструмента более значимы, чем диагностика износа инструмента.

Прямые измерения износа инструмента приводят к увеличению времени простоя станка и снижению производительности. Для повышения производительности требуется оперативный контроль, который использует косвенное измерение износа инструмента. Косвенные методы просты в реализации и контролируют состояние инструмента. Выбор соответствующих датчиков и функций играет жизненно важную роль в разработке систем контроля. При увеличении количества датчиков для контроля износа инструмента увеличивается стоимость системы, а также обработка полученного сигнала является утомительным процессом. Прогрессирующий износ оказал значительное влияние на силу резания, вибрацию и акустические сигналы. Это можно использовать для контроля состояния инструмента в процессе обработки.

Список используемых источников:

1. Водин Д.В., Однолько В.Г., Соколов М.В. Снижение затрат на режущий инструмент как фактор повышения эффективности отрасли «машиностроение». Процессы глобальной экономики. *Globaleconomicprocesses*: сб. науч. тр. Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2015 г. – 331 с.
2. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. – М.: Машиностроение, 1973. – 640 с.
3. Atli AV, Urhan O, Ertürk S, Sönmez M. A computervision-based fast approach to drilling tool condition monitoring. *Proc Inst Mech Eng B J Eng Manuf*2006;220:1409–15.
4. Elbestawi M, Papazafiriou T, Du R. In-process monitoring of tool wear in milling using cutting force signature. *Int J MachTools Manuf* 1991;31:55–73.
5. Li H, Zeng H, Chen X. An experimental study of tool wear and cutting force variation in the end milling of Inconel 718 with coated carbide inserts. *J Mater Process Technol*2006;180:296–304.

6. Технология машиностроения: В 2-х т. Т. 1. Основы технологии машиностроения. / Под ред. А.М. Дальского – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 1997. – 564 с.
7. Shankar S, Mohanraj T, Rajasekar R. Prediction of cutting tool wear during milling process using artificial intelligence techniques. *Int J Comput Integr Manuf* 2019; 32:174–82.
8. Krishnakumar P, Rameshkumar K, Ramachandran K. Machine learning based tool condition classification using acoustic emission and vibration data in high speed milling process using wavelet features. *Intell Decis Technol* 2018; 12:265–82.
9. Jemielniak K, Arrazola PJ. Application of AE and cutting force signals in tool condition monitoring in micro-milling. *CIRP J Manuf Sci Technol* 2008; 1:97–102.

## ВЫПЛАВКА КОНСТРУКЦИОННОЙ ХРОМОНИКЕЛЕВОЙ СТАЛИ

*З.Н. Расулзода, студент гр. 10В60,*

*научный руководитель Ибрагимов Е. А старший преподаватель*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. +7 (923) 531-87-84*

*E-mail: rasulov.rasulzoda@mail.ru*

**Аннотация:** На сегодняшний день существуют разные типы сталей, которые отличаются составляющими и способами плавки, а исходя из этого своими свойствами. Одни из наиболее распространенных – это хромоникелевые стали (используется аббревиатура ХН).

**Ключевое слово:** Хромоникелевые стали

Их популярность объясняется свойствами: никель в составе сплава делает его очень пластичным, в результате чего сталь легче поддается различным технологическим операциям. Кроме того, хромоникелевые стали обладают наивысшей стойкостью против коррозии и немагнитны. Данный тип сталей легко поддается сварке, но может давать при ней трещины.

Важным свойством хромоникелевых сталей является – жаростойкость, которая характеризует, при насколько высоких температурах металл может сопротивляться процессу окисления. Это свойство стали обеспечивает хром, поскольку у него большее родство с кислородом, чем у железа. Благодаря этому при нагревании на поверхности сплава образуется плёнка из выделяемых оксидов, которая защищает его от коррозии. Чем больше в составе стали хрома, тем ниже нужна температура, чтобы образовалась данная плёнка.

Хромоникелевые стали (20ХН – 50ХН, 12ХНЗ, 12Х2Н4А и др.) выплавляют в основной печи как с окислением на свежей шихте, так и методом переплава. При ведении плавки с окислением шихту составляют из углеродистых отходов (50 – 60%), отходов хромоникелевых сталей (40 – 50%), металлического никеля и науглероживается (кокса или электродного боя). По расплавлению содержание углерода в металле должно быть  $\geq 0,3\%$  при выплавке низкоуглеродистой стали (20ХН, 12ХНЗА, 12Х2Н4А и т. д.),  $\geq 0,5\%$  при выплавке среднеуглеродистой стали типа 40ХН, 45Х14 и  $\geq 0,6\%$  при выплавке стали 50ХН. В завалку вместе с металлической частью шихты дают ~ 2 % извести.

После расплавления  $\sim 2/3$  шихты и появления в центре печи жидкого металла в печь загружают железную руду. Для ускорения расплавления куски шихты подрезают кислородом. Расход железной руды составляет 12 – 15 кг/т. Необходимо добиваться, чтобы шлак сходил самотеком через порог. После окончания присадок железной руды металл и шлак перемешивают и отбирают пробу металла для определения его состава.

В процессе плавания должно быть удалено 70 – 80% шлака. За 10 – 15 мин до полного расплавления в печь присаживают 10 – 15 кг/т извести, 5 – 6 кг/т железной руды. К моменту расплавления этих присадок обычно заканчивается расплавление шихты. По расплавлении отбирают пробу металла на полный анализ и затем начинают окислительный период. Ванну окисляют железной рудой или газообразным кислородом. Средняя скорость окисления углерода, считая с момента расплавления до начала скачивания окислительного шлака, должна быть  $\geq 0,3\%/ч$ , а количество выгоревшего углерода за этот период  $\geq 0,2\%$ .

Через каждые 10 – 15 мин в окислительный период отбирают пробы металла на содержание углерода, марганца и фосфора. При достижении в металле содержания углерода на 0,07 – 0,1% ниже сред заданного в готовой стали и содержания фосфора  $\leq 0,015\%$  после ввода последней порции