



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009141506/02, 11.11.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.11.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.11.2009

(45) Опубликовано: 27.04.2011 Бюл. № 12

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2169641 C2, 27.06.2001. RU 2205093
C2, 27.05.2003. RU 2237548 C2, 10.10.2004. GB
2257269 A, 06.01.1993.

Адрес для переписки:

127994, Москва, Вадковский пер., 1, ГОУ
ВПО МГТУ "Станкин", помощнику ректора
по интеллектуальной собственности А.Л.
Храмцову

(72) Автор(ы):

Мартинов Георги Мартинов (RU),
Синопальников Вадим Александрович (RU),
Григорьев Антон Сергеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Государственное Образовательное
Учреждение Высшего Профессионального
Образования Московский Государственный
Технологический Университет "Станкин"
(RU)

**(54) УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ИЗНОСА И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОЙ
СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СИСТЕМЫ ЧПУ СТАНКА**

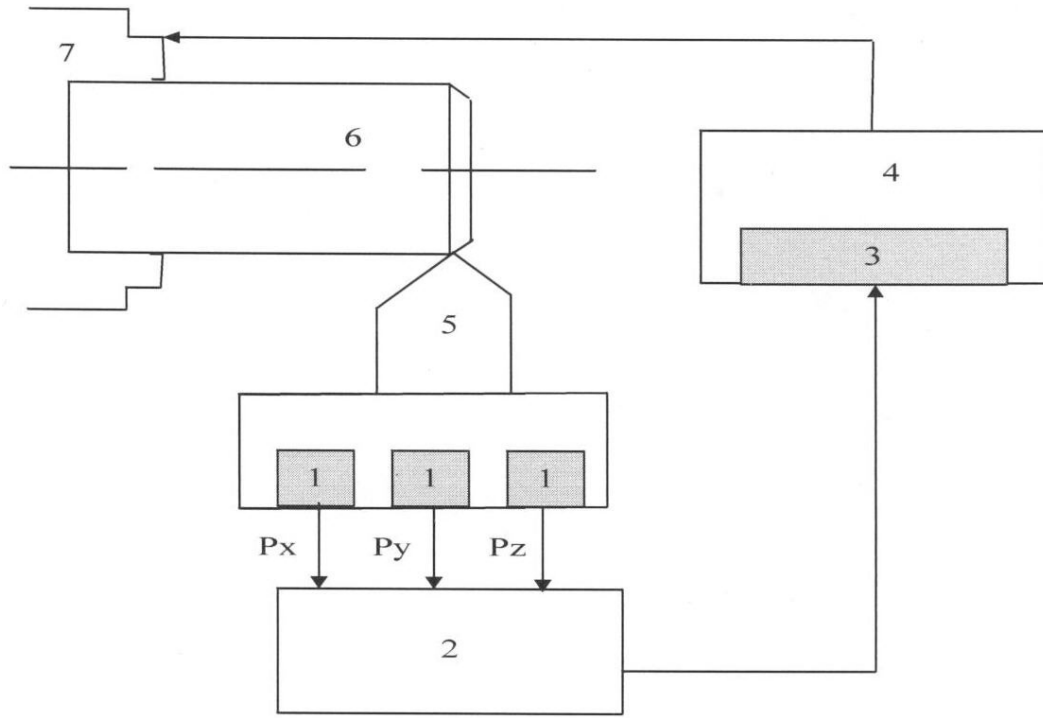
(57) Реферат:

Устройство включает приемники входных сигналов и вычислитель со средствами входа и выхода, причем приемники входных сигналов подсоединены к средствам входа, а один из выходов подключен к программируемому логическому контроллеру системы ЧПУ станка. Приемники входных сигналов выполнены в форме трех тензометрических датчиков, которые подсоединены к соответствующим входам вычислителя и функционально обеспечивают измерение составляющих сил резания по осям Rx, Ry, Rz, причем средства входа и выхода вычислителя выполнены в виде трех входов и двух выходов, причем первый выход вычислителя функционально обеспечивает формирование команд для управления системой ЧПУ станка, а второй выход вычислителя функционально обеспечивает визуализацию информации, причем вычислитель выполнен с модулем сопряжения с тензометрическими датчиками с

тремя входами и одним выходом, модулем обработки информации с одним входом и одним выходом, модулем прогнозирования с одним входом и одним выходом, модулем формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка с одним входом и одним выходом, модулем графического интерфейса пользователя с двумя входами и одним выходом, в котором первый, второй и третий входы вычислителя образованы соответствующими входами модуля сопряжения с тензометрическими датчиками, а первый выход вычислителя образован выходом модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ. При этом модуль сопряжения с тензометрическими датчиками, модуль обработки информации, модуль прогнозирования и модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка соединены последовательно, а в модуле графического интерфейса пользователя первый и второй входы подсоединены соответственно

к выходам модуля обработки информации и модуля прогнозирования, причем выход модуля графического интерфейса пользователя образует второй выход вычислителя.

Технический результат: управление процессом металлообработки с учетом процесса износа режущего инструмента в реальном времени. 5 ил.



Фиг.1

RU 2417140 C1

RU 2417140 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.
B23B 25/06 (2006.01)
B23Q 17/09 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2009141506/02, 11.11.2009**

(24) Effective date for property rights:
11.11.2009

Priority:

(22) Date of filing: **11.11.2009**

(45) Date of publication: **27.04.2011 Bull. 12**

Mail address:

**127994, Moskva, Vadkovskij per., 1, GOU VPO
MGTU "Stankin", pomoshchniku rektora po
intellektual'noj sobstvennosti A.L. Khramtsovu**

(72) Inventor(s):

**Martinov Georgi Martinov (RU),
Sinopal'nikov Vadim Aleksandrovich (RU),
Grigor'ev Anton Sergeevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Gosudarstvennoe Obrazovatel'noe Uchrezhdenie
Vysshego Professional'nogo Obrazovanija
Moskovskij Gosudarstvennyj Tekhnologicheskij
Universitet "Stankin" (RU)**

(54) DEVICE TO MONITOR WEAR AND TO FORECAST RESIDUAL RESISTANCE OF CUTTING TOOL FOR MACHINE CNC SYSTEM

(57) Abstract:

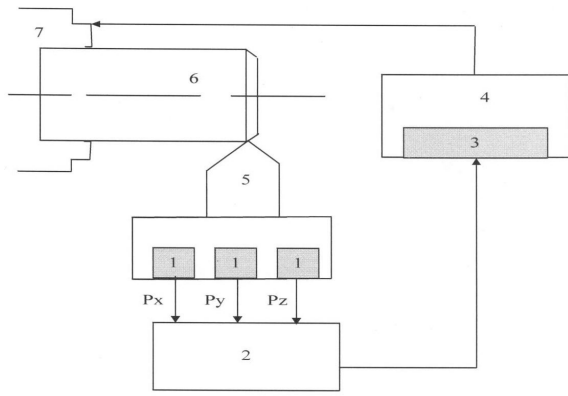
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: device comprises receivers of inlet signals and a computer with inlet and outlet facilities, besides, receivers of input signals are connected to inlet facilities, and one of outlets is connected to programmable logical controller of machine CNC system. Receivers of inlet signals are arranged in the form of three strain gage transducers, which are connected to appropriate inlets of computer and functionally provide for measurement of cutting forces components along axes Px, Py, Pz, besides, computer inlet and outlet facilities are arranged in the form of three inlets and two outlets, besides, the first inlet of the computer functionally provides for generation of commands to control machine CNC system, and the second outlet of the computer functionally provides for visualisation of information, besides, the computer is arranged with a coupling module with strain gage transducers with three inlets and one outlet, information processing module with one inlet and one outlet, a forecasting module with one inlet

and one outlet, a module to form control commands for machine CNC system with one inlet and one outlet, a module of user graphical interface with two inlets and one outlet, in which the first, second and third inlets of the computer are formed by according inlets of the coupling module with strain gage transducers, and the first outlet of the computer is formed by the outlet of the module for formation of control commands for CNC system. At the same time the module of coupling with strain gage transducers, the module of information processing, the forecasting module and the module of control commands formation for machine CNC system are connected in series, and in the module of user graphical interface the first and second inlets are connected accordingly to outlets of the information processing module and the forecasting module, besides, the outlet of the user graphical interface module forms the second outlet of the computer.

EFFECT: control of metal working process with account of real-time cutting tool wear.

5 dwg



Фиг.1

RU 2417140 C1

RU 2417140 C1

Изобретение относится к машиностроению, в частности к области обработки металлов резанием, к контролю износа и остаточной стойкости режущего инструмента, и может применяться в системах ЧПУ станка.

Повышение требований к качеству металлообработки ставит задачу оценки и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для предотвращения его поломки.

Период стойкости режущего инструмента - это время "Т", в течение которого инструмент сохраняет работоспособными свои контактные поверхности и лезвия. «Т» зависит от рода, механических и теплофизических свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических параметров инструмента, параметров режима резания и применяемой смазочно-охлаждающей жидкости и равен максимальному времени работы инструмента между двумя его заточками.

Остаточная стойкость режущего инструмента определяется для каждой пары «инструмент-деталь» и зависит от многочисленных факторов, т.е. является случайной величиной, которую можно прогнозировать с помощью статистических методов с известной долей вероятности.

В изобретении предлагается устройство, в котором остаточная стойкость режущего инструмента определяется для каждой пары «инструмент-деталь» в реальном времени в процессе обработки. Перенос данных об обработке других таких же деталей или с помощью другого такого же инструмента позволяет лишь приблизительно прогнозировать момент наступления предельного критического износа режущего инструмента.

Из уровня техники известно устройство для контроля износа режущих кромок инструмента в процессе резания. Устройство содержит электрическую цепь и резец, в гнезде головки корпуса которого на опорной токопроводящей пластине размещена режущая пластина, электрически изолированная от опорной пластины, корпуса резца и элементов крепления. Для повышения технического уровня системы контроля, жесткости технологической системы и стойкости инструмента оно снабжено электронным сигнальным блоком для фиксации момента достижения режущей пластиной допустимого износа, включенным в электрическую цепь, которая размещена между шпинделем и корпусом станка, при этом корпус инструмента не изолирован от массы станка. Электронный сигнальный блок для фиксации момента достижения режущей пластиной допустимого износа содержит последовательно соединенные интегратор, пороговый элемент, коммутатор, индикатор и цепь заряда интегратора (Александров В.И., Глинкин Е.И., Егоров А.В. Руденко Д.А. Устройство для контроля износа режущих кромок инструмента в процессе резания, RU, патент № 2205093, 2003).

Согласно описанию изобретения в момент достижения предельного износа режущая пластина замыкает электрическую цепь, подключенную к сигнальному блоку. В силу неравномерности износа контактная поверхность режущей пластины может не обеспечить устойчивое замыкание электрической цепи. Соответственно сигнальный блок будет работать неустойчиво. Это устройство не позволяет прогнозировать износ режущего инструмента в реальном времени.

Известен также способ определения относительной стойкости лезвийного режущего инструмента, в котором описано устройство для реализации способа. Способ заключается в том, что заготовки из разных конструкционных материалов обрабатывают каждую отдельным лезвийным инструментом из исследуемых режущих материалов при одном выбранном из оптимальных для обработки этого материала

значении переменного параметра, например скорости резания, и неизменных значениях всех остальных параметров и факторов в течение одинакового для всех заготовок времени, а оценку относительной стойкости лезвийных инструментов из исследуемых режущих материалов осуществляют отдельно для каждого

конструкционного материала по результатам такой обработки. Для повышения надежности время обработки выбирают в пределах 30-60 с и фиксируют степень износа каждого лезвийного инструмента после обработки измерением ширины видимого контакта сходящей стружки с передней гранью инструмента.

Относительную стойкость инструментов из исследуемых режущих материалов в порядке ее увеличения оценивают по уменьшению измеренной ширины контакта стружки с передней гранью (Терехов В.М., Клауч Д.Н., Даниленко В.Г., Белоусов В.П., Редин А.П. Способ определения относительной стойкости лезвийного режущего инструмента, RU, патент № 2237548, 2002).

Описанный в изобретении способ не позволяет построить точный график зависимости «износ-время обработки» для конкретной пары «деталь-режущий инструмент». В данном способе не учитывается неравномерность износа режущего инструмента и неоднородность материала заготовки. Время обработки заготовки определяется с большой погрешностью.

Из уровня техники по решаемой технической задаче наиболее близким является контрольно-измерительный комплекс для контроля износа режущего инструмента (прототип), содержащий последовательно соединенные приемник сигналов акустической эмиссии (АЭ), предварительный усилитель, блок полосовых фильтров и основной усилитель. Между блоком полосовых фильтров и основным усилителем включен интегратор. Выход основного усилителя подключен к входам устройства контроля, выполненного в виде отдельного блока и имеющего два входа. Через первый вход подключен первый аналого-цифровой преобразователь, выход которого подключен к первому входу запоминающего устройства, а выход второго аналого-цифрового преобразователя, подключенного через второй вход устройства контроля, подключен ко второму входу запоминающего устройства, при этом первый выход запоминающего устройства имеет связь с блоком сравнения через микропроцессор. Второй выход запоминающего устройства имеет непосредственную связь с блоком сравнения, при этом выход последнего подключен к системе ЧПУ станка (Сарилов М.Ю., Максимов А.Ю. Контрольно-измерительный комплекс для контроля износа режущего инструмента. RU, патент № 2169641, 2001, прототип).

К основным недостаткам прототипа следует отнести то, что для контроля износа используются сигналы акустической эмиссии (АЭ) и оценки параметров этих сигналов (амплитуды и частоты).

Источником сигналов акустической эмиссии из зоны резания являются процессы трения и деформирования. АЭ представляет собой упругую энергию, мгновенно высвобождающуюся в материале при разрушении. Эти процессы генерируют упругие волны, распространяющиеся по инструменту, обрабатываемой детали и деталям станка. Изменение в характере протекания процессов резания вызывают изменение параметров сигналов АЭ. Причиной этого может быть нарушение образования и схода стружки, а также увеличение контактных площадок на рабочих поверхностях инструмента в связи с его изнашиванием.

Высокочастотные колебания АЭ позволяют регистрировать в инструментальном материале процесс трещинообразования, который является предвестником разрушения режущей части инструмента.

Недостатками комплекса при контроле износа режущего инструмента с помощью сигналов АЭ является существенное ослабление сигнала при его прохождении стыков упругой системы станка. Поэтому сигнал должен сниматься непосредственно с инструмента, а установить датчик вблизи зоны резания не всегда предоставляется

возможным (например, на станках с автоматической сменой инструмента). Колебания АЭ изменяются в широком диапазоне частот и несут обобщенную информацию о процессе резания. Из сигналов АЭ необходимо извлечь ту информацию, которая отображает процессы износа режущей части инструмента. Для того, чтобы выделить полезный сигнал, необходимы специальные технические средства, обеспечивающие первоначальную настройку и последующую адаптацию фильтра к приему сигналов в широком диапазоне частот АЭ. Кроме того, датчики колебаний АЭ обычно удалены от зоны резания, что приводит к потерям полезной информации в передаточных звеньях технологической системы.

В прототипе отсутствуют сигналы и блоки, задающие диапазоны допустимых значений сигналов АЭ и начальную настройку при включении устройства на амплитуду и частоту полезного сигнала АЭ. Сигналы АЭ принимаются на фоне интенсивных вибропомех от электромотора станка. Для выделения полезных сигналов из смеси (сигнал + помеха) необходимо использовать методы адаптивной фильтрации, т.к. частота и амплитуда контролируемого полезного сигнала может изменяться в широком диапазоне, а помехи также могут менять частоту при изменении режима резания.

В связи с вышеизложенным предпочтительнее использовать для диагностирования инструмента сигналы тех физических эффектов, которые непосредственно сопровождают контактные процессы резания. К ним относятся сигналы от тензометрических датчиков, которые измеряют составляющие силы резания.

Задачи, на решение которых направлено изобретение, заключаются в обеспечении возможности управления процессом металлообработки с учетом износа режущего инструмента в реальном времени. Динамика износа режущего инструмента имеет сложную нелинейную характеристику. Для выбора оптимальных параметров и режимов металлообработки требуется непрерывно контролировать и оценивать износ режущего инструмента, прогнозировать момент наступления предельного износа, исключить поломку режущего инструмента, снизить уровень брака, что особо актуально для обработки сложных изделий, включающей в себя сотни и тысячи технологических переходов. В конечном итоге это изобретение позволит сделать процесс металлообработки более экономичным за счет снижения затрат на изготовление инструмента и его переточку.

Технический результат изобретения состоит в повышении качества металлообработки за счет прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента в процессе обработки изделия.

Данный технический результат достигается посредством того, что в устройстве контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка, включающем приемники входных сигналов и вычислитель со средствами входа и выхода, в которых приемники входных сигналов подсоединены к средствам входа, а один из выходов подключается к программируемому логическому контроллеру системы ЧПУ станка, приемники входных сигналов выполнены в форме трех тензометрических датчиков, которые подсоединены к соответствующим входам вычислителя и функционально обеспечивают измерение составляющих сил резания по осям R_x , R_y , R_z , причем средства входа и выхода вычислителя выполнены в виде трех

входов и двух выходов, где первый выход вычислителя функционально обеспечивает формирование команд для управления системой ЧПУ станка, а второй выход вычислителя функционально обеспечивает визуализацию информации, причем вычислитель организован с модулем сопряжения с тензометрическими датчиками с 5 тремя входами и одним выходом; модулем обработки информации с одним входом и одним выходом, модулем прогнозирования с одним входом и одним выходом, модулем формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка с одним входом и одним выходом, модулем графического интерфейса пользователя с двумя 10 входами и одним выходом, в котором первый, второй и третий входы вычислителя образованы соответствующими входами модуля сопряжения с тензометрическими датчиками, а первый выход вычислителя образован выходом модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка, при этом модуль сопряжения с тензометрическими датчиками, модуль обработки информации, модуль 15 прогнозирования и модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка соединены последовательно, а в модуле графического интерфейса пользователя первый и второй входы подсоединены соответственно к выходам модуля обработки информации и модуля прогнозирования, причем выход модуля графического интерфейса пользователя образует второй выход вычислителя. 20

Изобретение поясняется графическими материалами, где:

- на фиг.1 приведено устройство контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка,
- на фиг.2 показан график для оценки износа по данным от тензометрических 25 датчиков,
- на фиг.3 приведена зависимость износ-время в стадии установившегося износа,
- на фиг.4 показан пример прогноза остаточной стойкости режущего инструмента
- на фиг.5 приведена схема вычислителя.

В графических материалах конструктивные элементы обозначены следующими 30 позициями (см. фиг.1, фиг.5):

- 1 - тензометрические датчики,
- 2 - вычислитель,
- 3 - программируемый логический контроллер,
- 4 - система ЧПУ станка,
- 5 - режущий инструмент,
- 6 - заготовка,
- 7 - станок,
- 8 - модуль сопряжения с тензометрическими датчиками,
- 9 - модуль обработки информации,
- 10 - модуль графического интерфейса пользователя,
- 11 - модуль прогнозирования,
- 12 - модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка. 45

Тензометрические датчики подсоединены к входам вычислителя с функциональной возможностью измерения составляющих силы резания по осям x , y , z (в прототипе - на входы устройства контроля поступают амплитуда и частота сигнала АЭ).

В заявленном устройстве выполняется оценка текущего износа и строится прогноз 50 остаточной стойкости режущего инструмента для следующего технологического перехода. В прототипе отсутствуют блоки и элементы, которые могли бы реализовать функции прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента в реальном времени.

В заявленном устройстве на выходе вычислителя формируются команды управления ЧПУ станка (в прототипе - на выходе блока контроля формируется сигнал индикации, который показывает, что износ инструмента достиг предельного значения).

5 В вычислителе дополнительно сформирован второй выход с возможностью отображения информации в графическом виде, фиг.2-4.

В вычислитель входят дополнительные модули (модуль сопряжения с тензометрическими датчиками, модуль обработки информации, модуль графического интерфейса пользователя, модуль прогнозирования, модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка), функционально обеспечивающие прогнозирование износа режущего инструмента и остаточной стойкости в реальном времени.

15 Устройство контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка содержит три тензометрических датчика 1 для измерения составляющих сил резания по осям $P_x(t)$, $P_y(t)$, $P_z(t)$ и вычислитель 2. Первый, второй и третий входы вычислителя 2 подключаются к тензометрическим датчикам 1, а один из выходов - к программируемому логическому контроллеру 3, входящему в систему ЧПУ станка 4. На первом выходе вычислителя 2 формируются команды управления для системы ЧПУ станка. Второй выход вычислителя 2 функционально обеспечивает отображение в графическом виде сигналов износа режущего инструмента и сигналов прогноза остаточной стойкости для следующего технологического перехода, фиг.2-4.

25 Вычислитель 2 имеет три входа и два выхода, см. фиг.5. К входам вычислителя 2 подсоединены тензометрические датчики 1, к первому выходу подсоединен программируемый логический контроллер 3 системы ЧПУ станка, второй выход выполнен с функциональной возможностью отображения информации в графическом виде, фиг.2-4.

В вычислитель 2 входят модули, функционально обеспечивающие оценку износа и прогноз остаточной стойкости режущего инструмента, фиг.5:

- модуль сопряжения с тензометрическими датчиками 8,
- модуль обработки информации 9,
- 35 - модуль графического интерфейса пользователя 10,
- модуль прогнозирования 11,
- модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12.

Первый, второй и третий входы вычислителя 2 образованы одноименными входами модуля сопряжения с тензометрическими датчиками 8, причем первым выходом является выход модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12, вторым выходом является выход модуля графического интерфейса пользователя 10.

45 Модуль сопряжения с тензометрическими датчиками 8, модуль обработки информации от датчиков 9, модуль прогнозирования 11 и модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12 соединены последовательно.

Выходы модуля обработки информации от датчиков 9 и модуля прогнозирования 11 подсоединены к первому и второму входам модуля графического интерфейса пользователя 10.

50 Сигналы составляющих силы резания по осям поступают с тензометрических датчиков 1. Эти сигналы через модуль сопряжения с тензометрическими датчиками 8 поступают в модуль обработки информации от датчиков 9. В модуле обработки

информации от датчиков 9 сигналы преобразуются из аналоговой формы представления в цифровую, значения сигналов заносятся в память. В модуле обработки информации от датчиков 9 на основании эмпирических таблиц формируются сигналы текущего износа режущего инструмента. Из модуля обработки информации от датчиков 9 сигналы текущего износа режущего инструмента поступают в модуль прогнозирования 11 и на вход графического интерфейса пользователя 10.

В модуле прогнозирования 11 вычисляется коэффициент наклона для прямой линии, аппроксимирующей график текущего износа, фиг.2-4. В модуле прогнозирования 11 прямая линия текущего износа экстраполируется на время следующего технологического перехода. На выходе модуля прогнозирования 11 формируется сигнал прогноза остаточной стойкости для следующего технологического перехода, фиг.2.

В модуле графического интерфейса пользователя 10 строятся графики сигналов текущего износа инструмента и сигналов прогноза остаточной стойкости, см. фиг.2-4.

В том случае, когда текущий или прогнозируемый износ режущего инструмента приближается к критическому значению, модуль прогнозирования 11 передает сигнал прогноза на вход модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12. Модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12 подсоединен к входу программируемого логического контроллера 3 системы ЧПУ станка 4. На выходе модуля 12 формируются управляющие команды для системы ЧПУ станка.

Устройство контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка работает следующим образом.

Тензометрические датчики 1 расположены на режущем инструменте. Тензометрические датчики 1 выполняют измерение составляющих сил резания по трем осям $R_x(t)$, $R_y(t)$, $R_z(t)$. Три тензометрических датчика подключаются к соответствующим входам вычислителя 2.

Первый выход вычислителя 2 подключен к входам программируемого логического контроллера 3, входящему в систему ЧПУ станка 4. Система ЧПУ станка 4 управляет режущим инструментом 5 при обработке заготовки 6 на станке 7. На первом выходе вычислителя 2 формируются команды управления для системы ЧПУ станка 4.

Начальная инициализация заявленного устройства подразумевает ввод в вычислитель 2 исходных данных, к которым относятся:

h_3 - максимальный допустимый износ инструмента;

$T_{3д}$ - задержка опроса датчиков, определяющая частоту получения информации от тензометрических датчиков;

S - количество импульсов сигналов от тензометрических датчиков.

Тензометрические датчики 1 измеряют составляющие силы резания по трем осям (x, y, z) - $R_x(t)$, $R_y(t)$, $R_z(t)$ в дискретные моменты времени t . Результаты измерения составляющих силы резания по трем осям $R_x(t)$, $R_y(t)$, $R_z(t)$ поступают на соответствующие входы вычислителя 2. В модуле обработки информации от датчиков 9 определяют износ режущего инструмента по эмпирическим таблицам. Эмпирические таблицы описывают зависимости силы резания от износа режущего инструмента. Изменение силы резания R является показателем изменения величины износа.

Вычислитель 2 принимает решение на основе данных о текущем состоянии износа режущего инструмента и прогнозе износа для следующего технологического

перехода. Первый выход вычислителя 2 подключается к программируемому логическому контроллеру 3 системы ЧПУ станка 4.

5 Система ЧПУ станка работает в своем стандартном цикле (см. описание системы ЧПУ станка в Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления. Учебное пособие. - М.: Логос, 2005 - 296 с., Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Программирование систем числового программного управления. Учебное пособие. - М.: Логос, 2008 - 344 с.). Система ЧПУ станка вызывает специальную программу обработки входных сигналов от программируемого логического
10 контроллера 3 и расшифровывает управляющую команду.

В модуле прогнозирования 11 строят временной ряд из мгновенных значений износа режущего инструмента в последовательные моменты времени, см. фиг.2. Контроль износа режущего инструмента описан в литературе (Григорьев С.И. Синопальников В.А. Надежность и диагностика технологических систем. М.: Высшая
15 школа, 2005 - 331 с.).

Мгновенные значения износа режущего инструмента аппроксимируют линейной функцией

$$h = K * t + h_{\text{прир}}, \quad (1)$$

20 где h - оценка износа, K - коэффициент наклона линейной функции аппроксимации, $h_{\text{прир}}$ - смещение линейной функции аппроксимации, t - время.

Оценка коэффициента наклона прямой линии K получена на основании временного ряда по известной формуле для линейной функции аппроксимации (см. Сборник задач по курсу высшей математики. Под ред. Кручковича. - М.: Высш. КК., 1973).

25 Значение коэффициента наклона K_i на каждом временном отрезке $T_{3Д}$ определяется по формуле:

$$K_i = \text{tg} \alpha_i \quad (2)$$

где α_i - угол наклона прямой линии.

30 По значениям K_i на каждом отрезке $T_{3Д}$ определяют среднее значение $K_{\text{ср}}$:

$$K_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n K_i \quad (3)$$

35 Значение $K_{\text{ср}}$ с ростом числа отрезков n приближается к средней скорости износа работающего инструмента, которая определяется коэффициентом наклона K для прямой (1).

При прогнозировании остаточной стойкости режущего инструмента определяют время до наступления критического износа режущего инструмента $T_{\text{ост}}$ по значениям K_i и $K_{\text{ср}}$ для всего периода стойкости инструмента (по формулам 2-3).

40 Данные об износе инструмента, полученные в процессе обработки предыдущих деталей, используются при прогнозировании остаточной стойкости инструмента. Коэффициент K наклона прямой (1) определяется по данным износа инструмента, полученным при обработке последней детали, а среднее значение коэффициента наклона (3) определяется по результатам обработки предыдущих деталей. Прямая
45 износа с коэффициентом наклона $K_{\text{ср}}$ экстраполируется на отрезок времени, соответствующий времени следующего технологического перехода $T_{\text{МАШ}}$ (фиг.4).

Если отрезок полученной прямой прогноза для $T_{\text{МАШ}}$ пересекает максимально допустимый уровень $[h_3]$ (фиг.4), то модуль прогнозирования 11 формирует и передает
50 сигнал на вход модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка 12. На первом выходе вычислителя 2 формируется команда для системы ЧПУ станка на прекращение процесса обработки и отвод режущего инструмента.

В заявленном устройстве вычислитель 2 формирует и передает в программируемый логический контроллер системы ЧПУ станка следующие команды:

- если прогнозируемая остаточная стойкость режущего инструмента меньше или равна заданному критическому значению - команду «приостановить выполнение следующего технологического перехода и произвести смену режущего инструмента»,
- если прогнозируемая остаточная стойкость режущего инструмента близка к заданному критическому значению - команду «оптимизировать технологические параметры процесса резания» (величину подачи, скорость резания, обороты шпинделя и т.п.) с целью успешного завершения текущего технологического перехода,
- если мгновенное изменение величины износа режущего инструмента превышает допустимую (заданную) величину изменения и абсолютная величина износа режущего инструмента близка к заданному критическому значению - ситуация распознается как поломка инструмента, выдается команда «произвести экстренный останов процесса резания и замену инструмента».

Заявленное устройство позволяет:

- заблаговременно определить, что износ инструмента приблизился к предельно допустимому значению;
- предотвратить поломку режущего инструмента в процессе обработки заготовки,
- своевременно дать команду системе ЧПУ станка произвести замену режущего инструмента,
- дать системе ЧПУ станка команду оптимизировать параметры резания для предотвращения поломки режущего инструмента в процессе обработки заготовки для успешного завершения текущего технологического перехода.

Заявленное устройство представляет собой независимое, подключаемое практически к любой системе ЧПУ станка устройство, которое выполняет функции контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента в реальном режиме времени (в процессе обработки заготовки) и формирует управляющие команды для системы ЧПУ станка. Схема заявленного устройства является универсальной и не зависит ни от типа системы ЧПУ станка, ни от станка, ни от реализации вычислителя. Устройство подключается параллельно с системой ЧПУ станка и формирует команды управления для системы ЧПУ станка.

Вычислитель может быть выполнен на базе персонального компьютера в промышленном исполнении, с подсоединенной дополнительной платой для сопряжения с тензометрическими датчиками.

Модули, входящие в вычислитель, могут быть реализованы программно и выполняться под управлением операционной системы реального времени.

Модуль сопряжения с тензометрическими датчиками 8 может быть реализован на базе платы National Instruments DAQ 6024E.

В качестве среды разработки программной части модулей вычислителя используется среда разработки Microsoft Visual Studio 2005 и API функции, поставляемые с платой National Instruments DAQ 6024E.

Указанные в независимом пункте формулы признаки являются существенными и взаимосвязаны между собой с образованием устойчивой совокупности необходимых признаков, достаточной для получения требуемого технического результата.

Свойства, регламентированные в заявленном комплексе отдельными признаками, общеизвестны из уровня техники и не требуют дополнительных пояснений.

Однако следует отметить, что заявленная совокупность существенных признаков обеспечивает в соединении синергетический (сверхсуммарный результат).

Таким образом, вышеизложенные сведения свидетельствуют о выполнении при использовании заявленного технического решения следующей совокупности условий:

5 - объект, воплощающий заявленное техническое решение, при его осуществлении предназначен для использования в машиностроении и может быть реализован в системах ЧПУ станка;

10 - для заявленного объекта в том виде, как он охарактеризован в независимом пункте нижеизложенной формулы, подтверждена возможность его осуществления с помощью вышеописанных в заявке или известных из уровня техники на дату приоритета средств и методов;

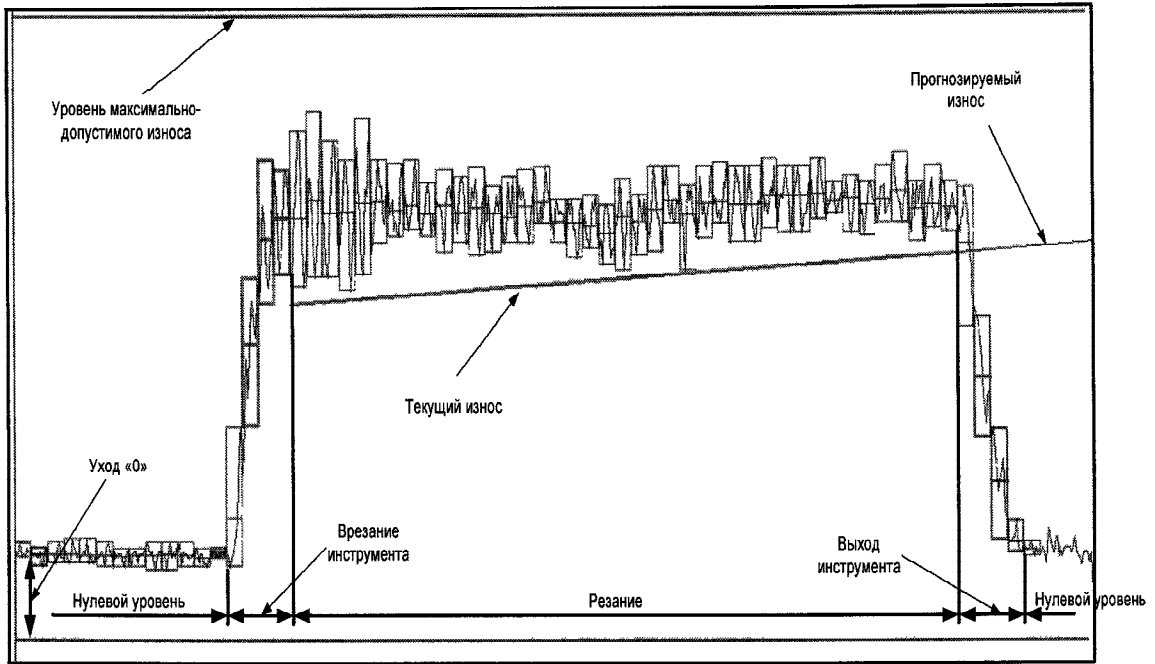
- объект, воплощающий заявленное техническое решение, при его осуществлении способен обеспечить достижение усматриваемого заявителем технического результата.

15 На основании изложенного заявленный объект соответствует требованию условия патентоспособности «новизна», «изобретательский уровень» и «промышленная применимость» по действующему законодательству.

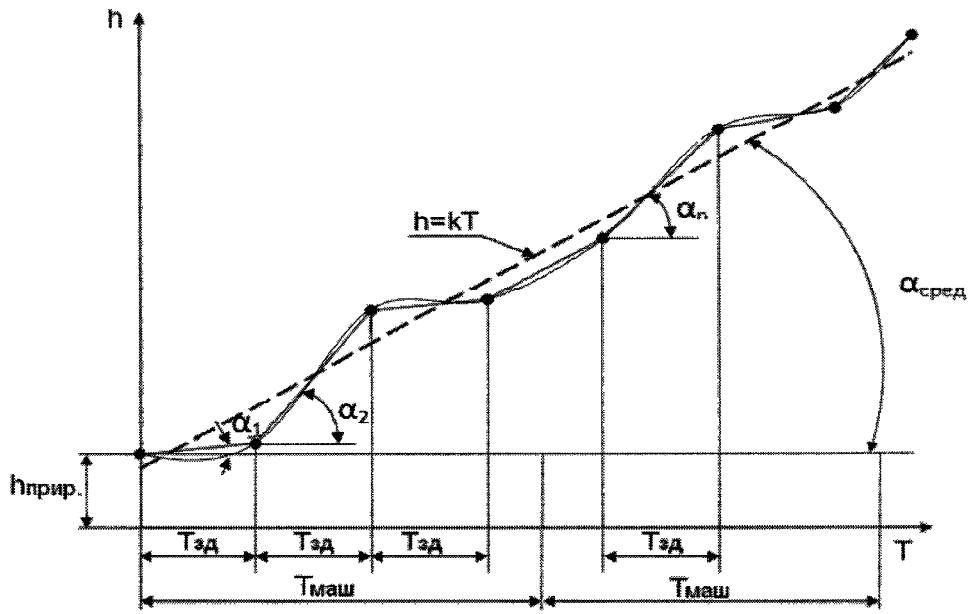
Формула изобретения

20 Устройство контроля износа и прогнозирования остаточной стойкости режущего инструмента для системы ЧПУ станка, включающее приемники входных сигналов и вычислитель со средствами входа и выхода, причем приемники входных сигналов подсоединены к средствам входа, а один из выходов подключен к программируемому логическому контроллеру системы ЧПУ станка, приемники входных сигналов выполнены в форме трех тензометрических датчиков, которые подсоединены к
25 соответствующим входам вычислителя и функционально обеспечивают измерение составляющих сил резания по осям Rx, Ry, Rz, причем средства входа и выхода вычислителя выполнены в виде трех входов и двух выходов, причем первый выход вычислителя функционально обеспечивает формирование команд для управления системой ЧПУ станка, а второй выход вычислителя функционально обеспечивает
30 визуализацию информации, причем вычислитель выполнен с модулем сопряжения с тензометрическими датчиками с тремя входами и одним выходом, модулем обработки информации с одним входом и одним выходом, модулем прогнозирования с одним входом и одним выходом, модулем формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка с одним входом и одним выходом, модулем графического интерфейса
35 пользователя с двумя входами и одним выходом, в котором первый второй и третий входы вычислителя образованы соответствующими входами модуля сопряжения с тензометрическими датчиками, а первый выход вычислителя образован выходом модуля формирования управляющих команд для системы ЧПУ, при этом модуль сопряжения с тензометрическими датчиками, модуль обработки информации, модуль прогнозирования и модуль формирования управляющих команд для системы ЧПУ станка соединены последовательно, а в модуле графического интерфейса
40 пользователя первый и второй входы подсоединены соответственно к выходам модуля обработки информации и модуля прогнозирования, причем выход модуля графического интерфейса пользователя образует второй выход вычислителя.

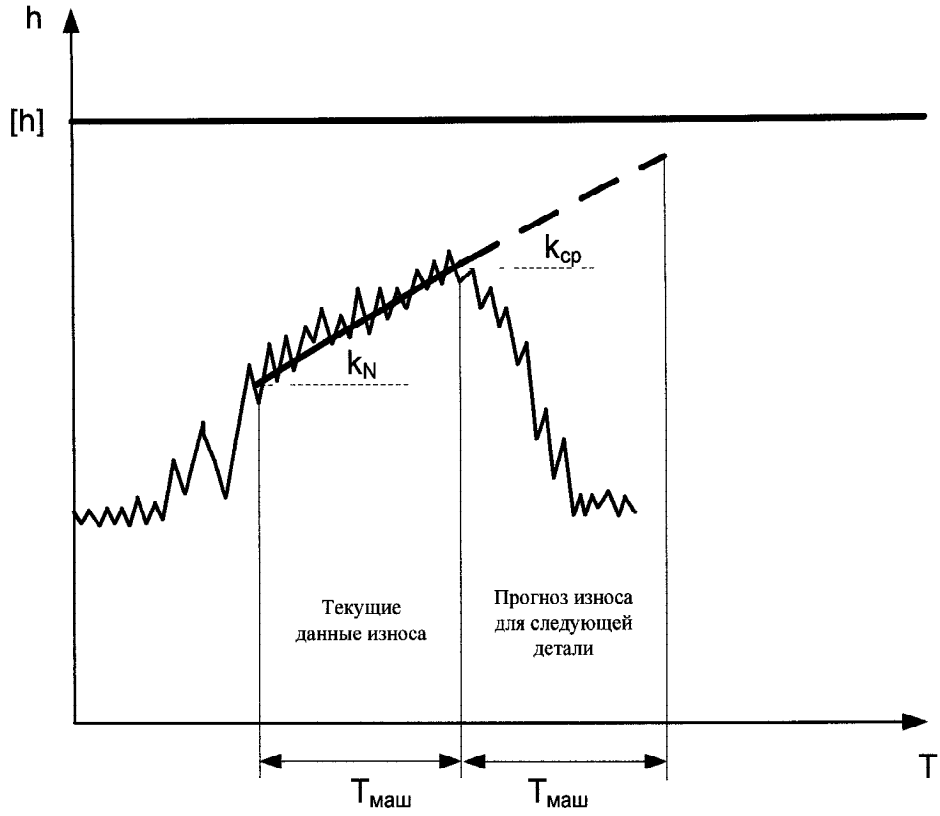
50



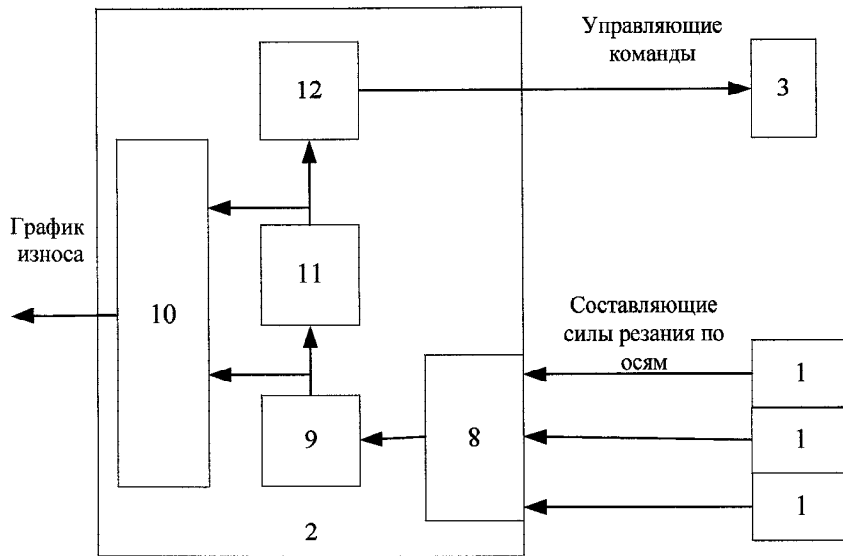
Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4



Фиг.5