

Проектування прогресивних конструкцій різальних інструментів та технологічного оснащення

УДК 621.9.01

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЙ РЕЗЦОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Деревянченко А.Г., Бовнегра Л.В., Криницын Д.А., Косс Е.В., Фомин А.А.
(ОНПУ, г. Одесса, Украина)

Введение

Известен ряд устройств и систем для контроля режущих инструментов [1]. Однако большинство из них малоприменимы в условиях прецизионной обработки на автоматизированных производствах - вследствие невысокой информативности результатов контроля. Для поддержания работоспособного состояния режущих инструментов (РИ), т.е. для своевременного обнаружения зарождения дефектов, необходимы методы распознавания, обеспечивающие высокое качество автоматической классификации дефектов.

Целью статьи является изложение результатов разработки стендовой системы контроля резцов для прецизионного точения, включающей систему технического зрения, исследования и сравнения методов распознавания состояний резцов по результатам такого контроля..

Основная часть

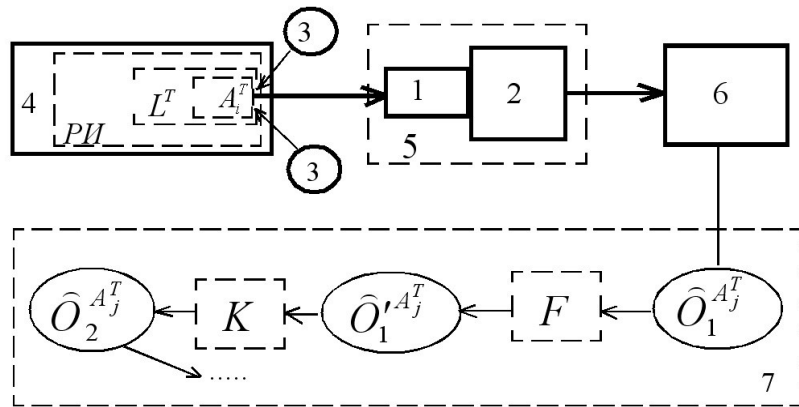
При распознавании состояний РИ (в частности – резцов для прецизионного точения) возникает необходимость автоматической классификации дефектов контактных поверхностей, т.е. выявления класса формы зон износа с параллельным высокоточным определением линейных параметров, площади и объема износа. Для решения этой задачи целесообразно использовать системы технического зрения (СТЗ), которые приобретают все более широкое распространение в задачах контроля состояний РИ [2].

Режущая часть РИ как объект контроля системой технического зрения имеет ряд особенностей. Основной из них является необходимость использования дополнительной оптической системы (или микроскопа – при стендовом контроле) в силу того, что размеры зон износа у РИ для чистовой и прецизионной обработки не превышают обычно поля 1мм * 1 мм.

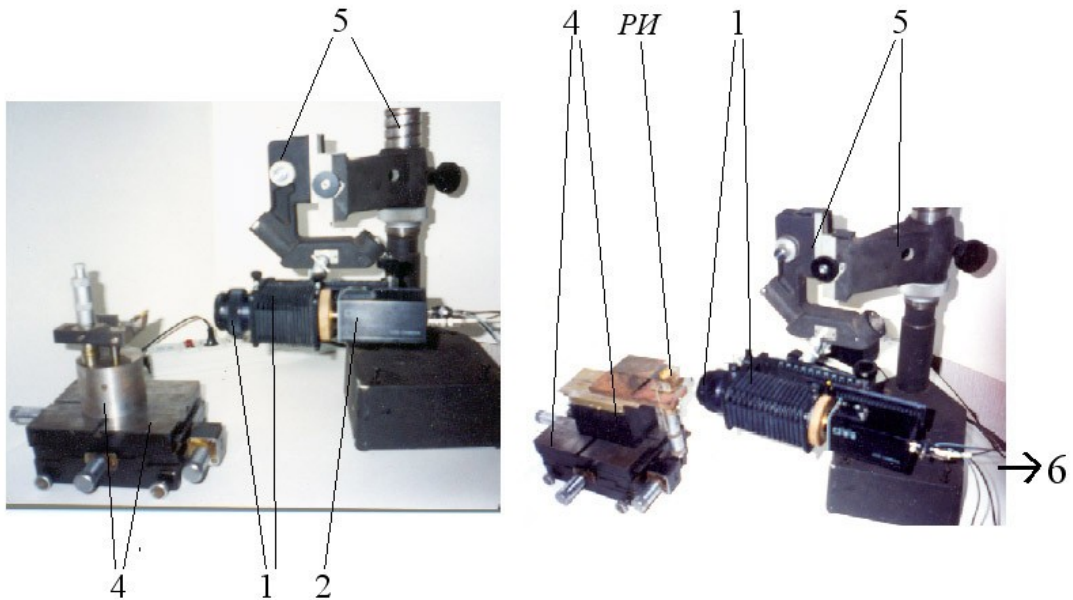
Для распознавания состояния РИ на цифровых изображениях зон износа должны быть выделены плоские одно- или многосвязные контура (границы зоны износа, границы текстурных зон и др.). Обобщенная схема обработки изображений включает обычно следующие этапы: получение изображения, предварительная обработка (улучшение качества), выделение и анализ контуров, расчет параметров зоны износа РИ.

Разработана стендовая система контроля (проброобраз будущих станочных систем), схема и общие виды которой показаны на рис. 1. Установочное приспособление 4 для крепления и ориентирования РИ, различные варианты исполнения которого приведены на рис. 1. б, в, оснащено винтом для вертикальных настроечных микроперемещений. С помощью этого приспособления контролируемый РИ ориентировали относительно объектива оптической системы 1. Эта система закреплялась на телекамере 2 (камера модели КТ – 2, оснащенная матрицей приборов зарядовой связи - ПЗС). В другом вари-

анте исполнения СТЗ телекамера крепилась к оптической системе бинокулярного микроскопа МБС – 2.



а.



б.

в.

Рис. 1. Схема системы технического зрения для регистрации и обработки изображений зон износа РИ, подлежащих диагностированию (а) и общие виды СТЗ (б, в).

Телекамеру размещали на каретке стойки 5 с траверсой. Траверса оснащена механизмом установочных макроперемещений телекамеры относительно РИ. Зона контроля (рабочая часть резца) освещалась источниками света 3 (на рис.1. б, в не показаны). Отраженный световой поток через оптическую систему попадал в телекамеру. Далее изображение через блок согласования 6 поступало в ПЭВМ.

Стенд обеспечивает регистрацию первичных образов рабочей части РИ (L^T), в том числе зон износа контактных поверхностей (A_i^T) за доли секунды.

Первичное изображение $\hat{O}_1^{A_j^T}$ одной из контактных поверхностей РИ обычно содержит ряд помех, поэтому производится его фильтрация и предобработка (F). После этого изображение $\hat{O}_1^{A_j^T}$ поступает на вход программного комплекса выделения контуров (K). Вторичный образ $A_i^T (\hat{O}_2^{A_j^T})$ зоны износа представляет собой множество контуров и является объектом многоуровневого распознавания – с выделением макродефектов, дефектов и микродефектов [2].

Пример изображения задней поверхности изношенного резца, полученного на стенде, показан на рис.2, а.

Анализ множества подобных изображений показал, что в процессе изнашивания резцов для прецизионного точения из различных инструментальных материалов и при различных режимах резания имеют место существенные отличия как в общей форме зоны износа по задней поверхности (макродефект), так и в элементах ее текстуры (дефекты). Поэтому возникает задача формирования классов состояний резцов на каждом из уровней и определения набора соответствующих признаков, обеспечивающих автоматическое распознавание классов состояний РИ.

Для определения набора признаков по цифровому изображению зоны износа и ее контуру использовался специальный программный комплекс, фрагмент одной из рабочих панелей которого представлен на рис. 2, б.

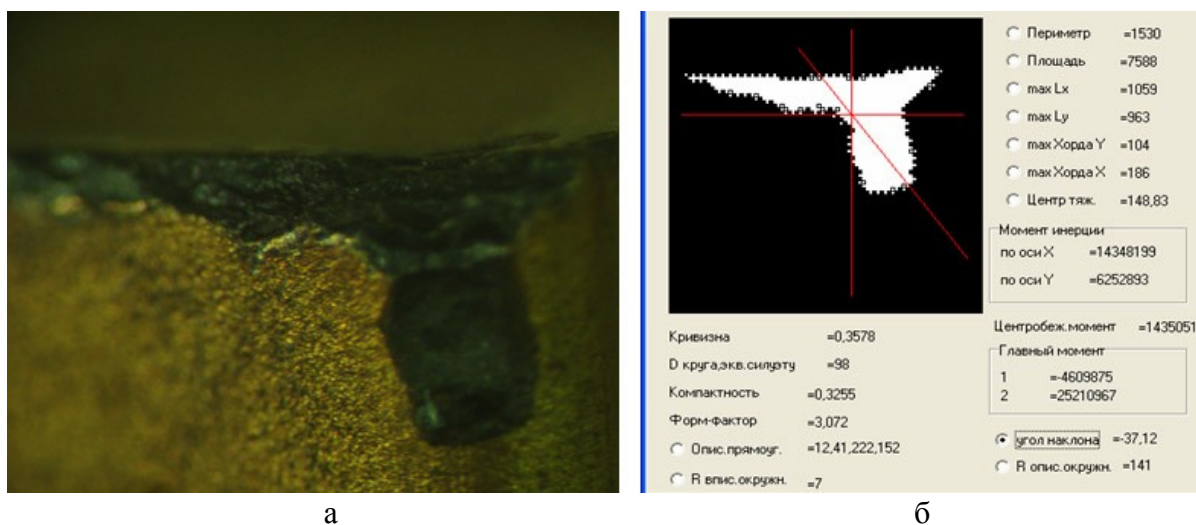


Рис. 2. Изображение зоны A_2^T РИ (а) и одна из панелей программного комплекса обработки изображений и выделения признаков контуров (б)

После обработки контура зоны A_2^T определялся ряд первичных геометрических параметров контура – линейные размеры, площадь, периметр, координаты центра тяжести, моменты инерции, кривизна, форм – фактор и другие (рис. 2.б). Затем вычислялся набор вторичных (диагностических) признаков путем нормирования первичных параметров. В итоге получали вектор формы контура (вектор состояния РИ), который включал 12 признаков ($x_1^T - x_{12}^T$).

После решения задачи формирования классов состояний РИ и определения со-

ответствующего набора признаков, описания классов состояний РИ на языке признаков возникает необходимость выбора метода распознавания, обеспечивающего качественное распознавание состояния.

Анализ классов состояний изношенных задних поверхности РИ показал наличие пересечения областей пространства признаков, соответствующих различным классам. Указанное обстоятельство свидетельствует о необходимости использования статистических методов распознавания образов. Установлено, что наиболее приемлемыми для условий решаемой задачи являются модифицированный метод статистического распознавания - ММСР [3] и искусственные нейронные сети. Поэтому ставилась задача сравнения качества и скорости распознавания состояний РИ указанными методами.

Выполнялось распознавание 3 – х классов состояний задних поверхностей резцов для прецизионного точения: класс I - износ при вершине; класс II - износ при вершине и вдоль одной из граней; класс III – равномерный износ. Каждый класс был представлен набором состояний (набором векторов признаков).

Сначала выполняли классификацию с использованием метода ММСР. Соответствующие результаты приведены в таблице 1. Здесь P_1 - процент правильного распознавания (ППР), т.е. отделения класса I от обобщенного класса II - III; P_2 - процент правильного распознавания классов II и III. Последовательно выполнялось распознавание при использовании одного признака (каждого из 12), затем – всех возможных сочетаний двух признаков, трех, четырех и т.д. В первом столбце таблицы 1 указаны номера признаков, формировавших вектора состояний РИ.

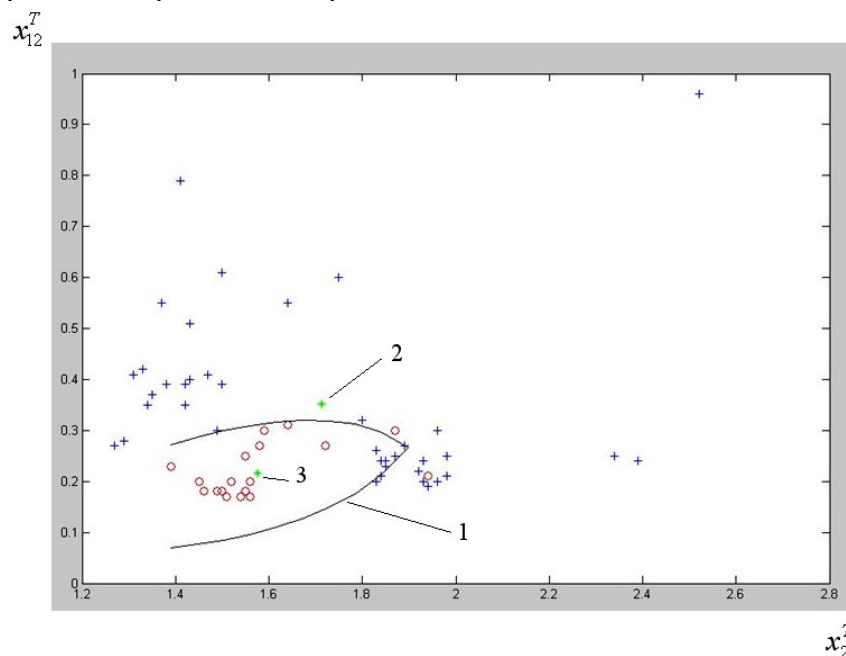
Таблица 1. Результаты отбора наилучших решений классификации состояний РИ при использовании модифицированного метода статистического распознавания

Признаки	P_1	P_2	Средний ППР
Отбор решений по одному признаку			
1	86,67	97,50	92,08
2	85,00	97,50	91,25
8	85,00	92,50	88,75
12	76,67	92,50	84,58
Отбор решений по двум признакам			
2, 4	95,00	100	97,50
2, 8	95,00	100	97,50
2, 12	95,00	100	97,50
Отбор решений по трем признакам			
2, 6, 12	98,33	100	99,17
2, 3, 12	96,67	100	98,33
2, 6, 7	96,67	100	98,33
2, 6, 8	96,67	100	98,33
2, 8, 11	96,67	100	98,33
6, 8, 9	96,67	100	98,33
Отбор решений по четырем признакам			
2, 6, 7, 12	100	100	100
2, 6, 8, 12	100	100	100
2, 6, 10, 12			

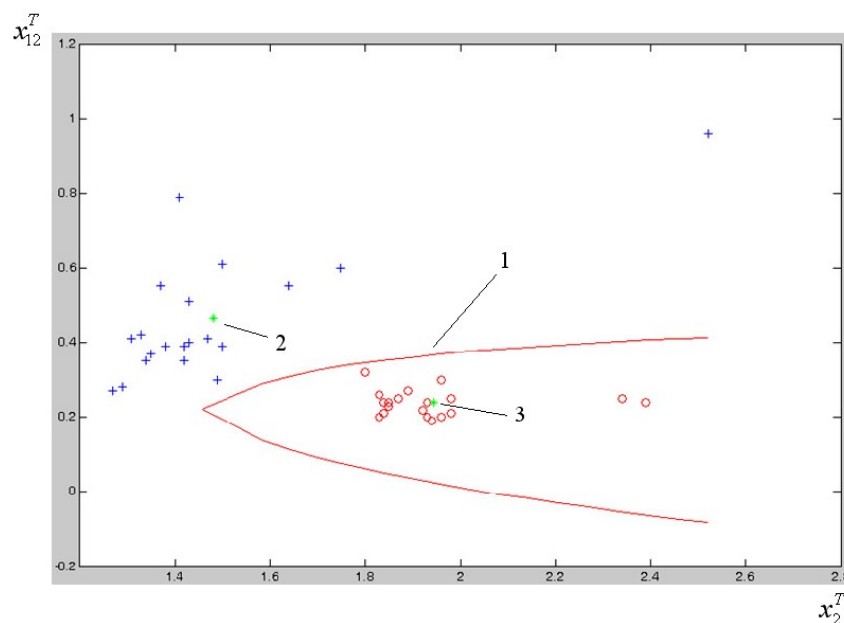
	100	100	100
--	-----	-----	-----

В таблице 1 собраны наилучшие решения из протокола результатов счета при переборе всех возможных сочетаний признаков (общее количество вариантов – 4095).

Графическое представление одного из результатов распознавания при использовании двух признаков приведено на рис. 3.



а



б

Рис. 3. Графическое представление результатов распознавания при использовании сочетания признаков 2 и 12 (x_2^T, x_{12}^T).

а – результаты распознавания - отделения класса I от обобщенного класса II - III;

б – результаты распознавания - отделения класса II от класса III.

1 – граница классов (решающее правило), 2,3 – центры классов

После получения результатов с использованием метода ММСП выполнялось распознавание классов макродефектов РИ на тех же исходных данных с использованием нейронной сети.

С учетом необходимости распознавания небольшого числа классов состояний РИ (3 класса) были приняты следующие параметры нейронной сети: количество слоев: 1; количество нейронов в слое: 20; активационная функция: гиперболический тангенс; точность обучения сети: 0,01. Для всех вариантов работы сети, связанных с использованием на входе различных сочетаний признаков, количество итераций (решений) не превышало 100. На вход сети последовательно подавались значения наилучших сочетаний признаков состояний РИ, полученных методом полного перебора в рамках метода ММСП (таблица 1). В таблице 2 приведены ошибки распознавания каждого из 3 – х классов, соответствующих количеству неверно классифицированных состояний (δ_1 , δ_2 , δ_3 – в процентах) и результирующий процент правильного распознавания.

При реализации метода ММСП распознавание выполняется по схеме дихотомии, т.е. очередной класс последовательно отделяется от остальных. При реализации метода нейронных сетей происходит параллельная классификация, т.е. на вход сети подается вектор признаков состояний РИ, а на выходе сразу указывается – какому классу принадлежит контролируемое состояние РИ.

Таблица 2.Обобщенная таблица результатов отбора наилучших решений при использовании нейронной сети

Признаки	δ_1	δ_2	δ_3	ППР
Отбор решений по одному признаку				
1	15.3846	0	15.3846	69.2308
2	12.8205	0	10.2564	76.9231
8	10.2564	12.8205	10.2564	66.6667
12	25.6410	0	5.1282	69.2308
Отбор решений по двум признакам				
2, 4	7.6923	0	5.1282	87.1795
2, 8	0	0	0	100
2, 12	2.5641	0	2.5641	97.4359
Отбор решений по трем признакам				
2, 6, 12	0	0	0	100
2, 3, 12	0	0	0	100
2, 6, 7	0	0	0	100
2, 6, 8	0	0	0	100
2, 8, 11	0	0	0	100
Отбор решений по четырем признакам				
2, 6, 7, 12	0	0	0	100
2, 6, 8, 12	0	0	0	100

2, 6, 10, 12	0	0	0	100
--------------	---	---	---	-----

Количество используемых признаков непосредственно влияет на время распознавания. Поэтому ограничиваются их числом, минимально необходимым и достаточным для качественного распознавания. Анализ приведенных выше результатов показал, что при использовании метода ММСР (для двух- и трехпризнаковой классификации) процент правильного распознавания для множества вариантов реализаций составил 97 – 98%, при использовании нейронных сетей: 97 – 100%.

Метод ММСР, при незначительно меньшем качестве распознавания, имеет преимущество в быстродействии по сравнению с нейронными сетями. Для распознавания отказов резцов скорость выявления дефектов является одним из решающих факторов. Поэтому модифицированный метод статистического распознавания может быть рекомендован в качестве основного для многоуровневого диагностирования состояний резцов.

Разработан метод распознавания дефектов – следов концентрированного износа (канавок - Kn_i^T) на задней поверхности РИ (A_2^T). При прецизионной обработке концентрированный износ существенно влияет на качество обработанной поверхности [1]. На рис. 4 приведен фрагмент рабочей панели программного комплекса, обеспечивающего выделение контуров канавок ($k^{Kn_i^T}$). Они находятся внутри контура зоны износа задней поверхности ($k^{A_2^T}$). Признаком состояния РИ на этом уровне диагностирования является расстояние от центра канавки до формообразующего участка режущей кромки.

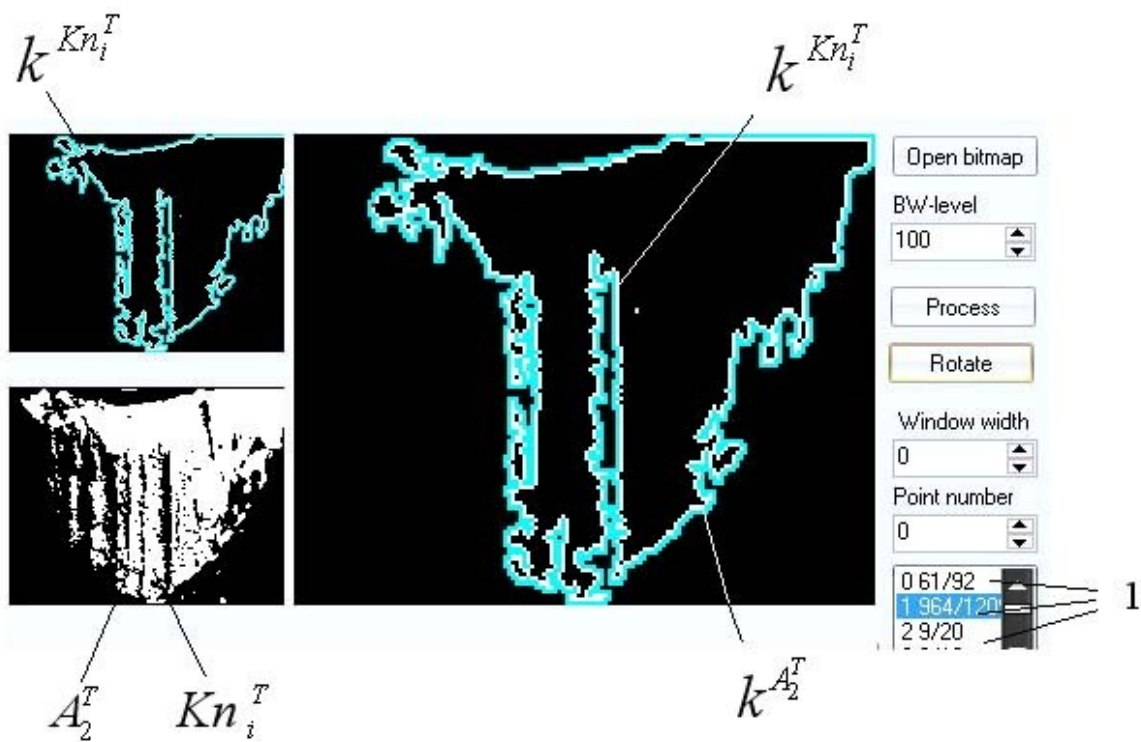


Рис. 4. Фрагмент рабочей панели программного комплекса для выделения

дефектов различных уровней по их первичным образам:
1 – зона отображения параметров выделенных контуров дефектов

Выводы

Разработана стендовая система контроля состояний резцов, основанная на использовании системы технического зрения. Установлено, что модифицированный метод статистического распознавания, при незначительно меньшем качестве распознавания, имеет преимущество в быстродействии по сравнению с нейронными сетями. Для распознавания отказов резцов скорость выявления дефектов является одним из решающих факторов. Поэтому ММСР может быть рекомендован в качестве основного для многоуровневого диагностирования состояний резцов. Разработан метод распознавания дефектов – следов концентрированного износа на задней поверхности РИ.

Список литературы: 1. Деревянченко А.Г., Павленко В.Д., Андреев А.В. Диагностирование состояний режущих инструментов при прецизионной обработке. – Одесса: Астропринт, 1999. – 184 с. 2. Деревянченко А.Г., Фомин А.А., Криницын Д.А., Бовнегра Л.В. Формирование диагностической информации для систем поддержания работоспособности режущих инструментов// Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Випуск 5(139). – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С.101-105. 3. Методы и средства построения классификатора состояний режущих инструментов / А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко, А.А. Фомин, Л.В. Бовнегра, С.В. Павленко // Современные технологии в машиностроении: К юбилею Ф.Я. Якубова. Сборник научн. статей – Харьков: НТУ “ХПИ”. 2007. — С. 46-55.

СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА МЕТОДИ РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНІВ РІЗЦІВ ДЛЯ ПІДТРИМКИ ЇХ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Дерев'яниченко О.Г., Бовнегра Л.В., Криницын Д.О., Косс О.В., Фомін О.О.

Розроблено стендову систему контролю станів різців, що містить систему технічного зору. Досліджено методи багаторівневого розпізнавання станів різців.

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЙ РЕЗЦОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ИХ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Деревянченко А.Г., Бовнегра Л.В., Криницын Д.А., Косс Е.В., Фомин А.А.

Разработана стендовая система контроля состояний резцов, включающая систему технического зрения. Исследованы методы многоуровневого распознавания состояний резцов.

CONTROL SYSTEM AND METHODS OF CUTTING TOOLS STATES RECOGNITION FOR THEIR CAPACITY MAINTENANCE

Derevianchenko A.G., Bovnegra L.V., Krinitsin D.A., Koss E.V., Fomin A.A.

System of cutting tools states control with computer vision system is offered. Methods of multilevel recognition of cutting tool states are investigated.

Рецензент: д.т.н., проф. Матюха П.Г.