

УДК 681.518.54:621.941:669.295.5

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ ПО АКУСТИЧЕСКОМУ ИЗЛУЧЕНИЮ
ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА. ЧАСТЬ 1**

В.А. Залоза, Р.Н. Зинченко

Сумский государственный университет, г. Сумы

В статье рассмотрены исследования о возможности применения метода диагностики по акустическому излучению, при чистовом точении титанового сплава инструментом из быстрорежущей стали.

ВВЕДЕНИЕ

Рост автоматизации производства, процессов в машиностроении предъявляет высокие требования к средствам диагностирования, служащим для оперативного контроля состояния оборудования, обнаружения и локализации неисправностей. Для металлообрабатывающего оборудования одним из актуальных вопросов повышения его надежности и улучшения качества выпускаемой продукции изделий является диагностирование состояния режущего инструмента и оперативное обнаружение начальной стадии критического износа, скола или поломки, что на сегодняшний день является актуальной проблемой в технологическом процессе обработки материалов - контроль и диагностика состояния режущего инструмента в процессе резания, являющиеся составной частью информационного обеспечения автоматизированного производства.

Исследования по диагностике режущего инструмента свидетельствуют о многообразии параметров, которые при различных условиях резания отображают состояние режущего инструмента и технологического оборудования. Поэтому из зоны резания необходимо получать информацию о процессе с целью выбора параметра, в наибольшей степени изменяющегося от критерия отказа режущего инструмента. Точность оценки критерия отказа напрямую связана со степенью функциональной взаимосвязи критерия отказа с косвенными диагностическими признаками.

Все расширяющиеся области применения в машиностроении материалов с особыми свойствами (с повышенными прочностью и твердостью, коррозионностойких, жаропрочных и т.п.), например, таких, как нержавеющие стали, титановые сплавы и др., ставят вопрос об оптимальном использовании и сохранении режущего инструмента в условиях повышенных сил и температуры резания при их механической обработке и особенно в автоматизированном производстве, например, на станках с ЧПУ, что возможно только при использовании систем диагностики состояния инструмента.

Использование систем диагностики в автоматизированном производстве позволяет:

- увеличить производительность и снизить себестоимость обработки за счет повышения надежности обработки на повышенных режимах резания (РР), своевременной сменой некондиционного инструмента, сокращения брака изделий, расхода инструмента;

- повысить надежность работы обрабатывающих систем за счет своевременной замены предельно изношенного или поломанного инструмента на инструмент-дублер;

- повысить точность обработки благодаря вводу коррекции положения исполнительного органа станка на износ инструмента;

- предохранить механизмы и узлы станка от поломок и преждевременной потери точности.

В данной статье рассмотрены вопросы возможности применения метода диагностики по акустическому излучению (АИ) для обработки титанового сплава резцом из твердого сплава.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Для изучения работоспособности системы диагностики состояния инструмента и изучения влияния режимов обработки и износа инструмента на АИ была разработана экспериментальная установка на базе токарно-винторезного станка 16К20Т1 с системой ЧПУ НЦ-31, показанная на рисунках 1 и 2.

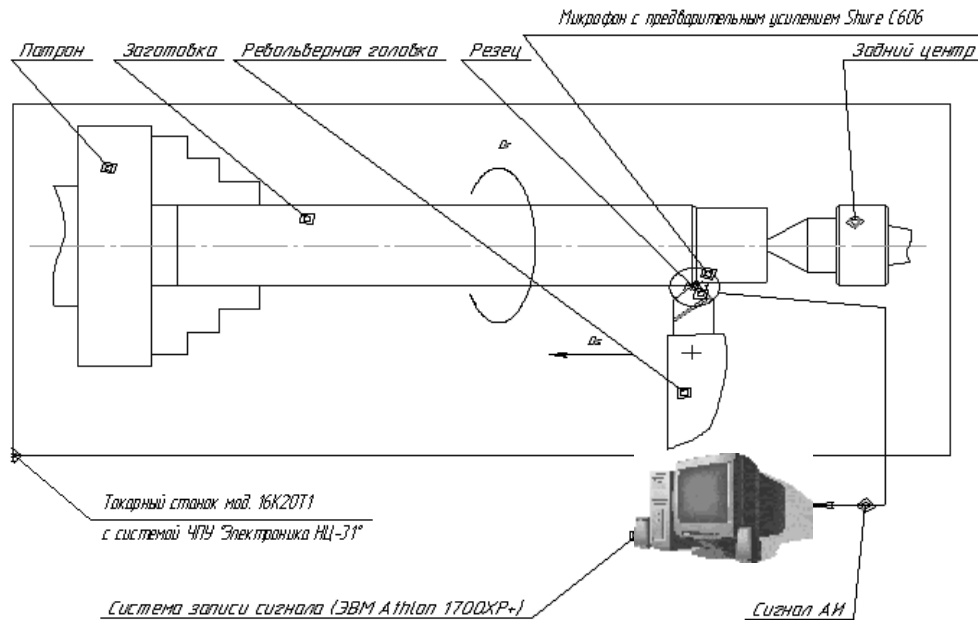


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Регистрация сигнала АИ осуществлялась с помощью приемника (микрофона), помещенного в требуемую точку пространства обрабатывающей системы.

Приемник АИ присоединяется к звуковой карте компьютера. Сигнал, поступающий из микрофона, преобразуется из аналогового вида в цифровой с помощью аналогово-цифрового преобразователя, установленного на звуковой карте. Полученные данные сохраняются в памяти ЭВМ для дальнейшей обработки с помощью специально разработанной программы.



Рисунок 2 – Экспериментальная установка

Механические свойства обрабатываемого материала (титановый сплав ВТ-22) в состоянии поставки: $\sigma_b = 1123$ МПа, $\delta = 11,6-12,9\%$, $\psi = 32,2-33,7\%$, 37 НРС. Исследования производились при обработке этого титанового сплава в закаленном состоянии. Твердость после закалки и старения - 42 НРС. Диаметр заготовки составлял 46 ч 49 мм.

Для проведения экспериментов использованы резцы со сменной круглой неперетачиваемой пластиной из сверхтвердого материала СТМИБ и с напайной пластиной из твердого сплава ВК8. Отрезной резец с твердосплавной пластиной (рис. 3) имел радиус вершины лезвия $r_e=3.5$ мм и геометрические параметры - $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 15^\circ$.

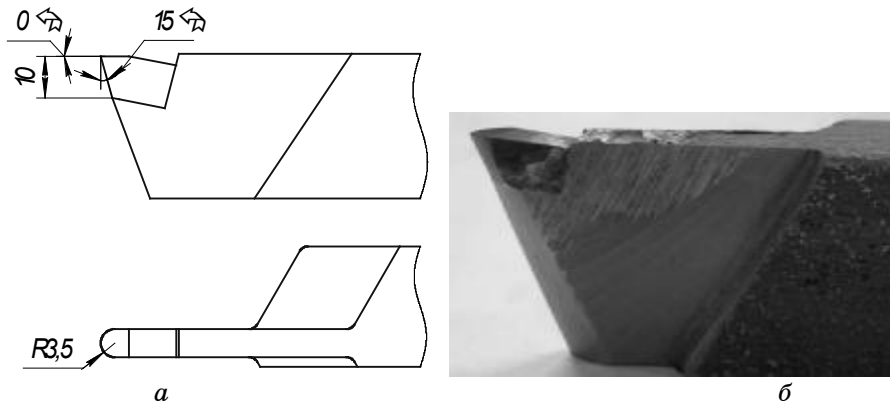


Рисунок 3 – Эскиз (а) и фотография (б) резца с напайной пластиной из твердого сплава ВК8

ВЫДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАТИВНЫХ ПОЛОС

Известно, что различные элементы технологической системы и сам процесс резания по-разному «шумят» на различных частотах. Поэтому необходимо выделить полосу частот, амплитуда колебаний в которой зависит только от элементов режима резания и величины износа инструмента. Для решения этой задачи был построен план эксперимента (см. табл. 1) и построены спектры сигнала АИ в условиях цехового шума

и при установившемся резании для каждого пункта плана эксперимента. Эти спектры были наложены друг на друга, как показано на рисунках 4 и 5, и выделены участки, характеризующиеся увеличением амплитуды сигнала при изменении параметров обработки (скорость, подача, глубина) или износа инструмента. В некоторых случаях проявляется одна полоса, в некоторых – две, три и более (и в соответствии с этим идет и название полос, если одна то А, если две, то А и В, если три, то А, В,С и т.д.).

Таблица 1 – План эксперимента

Пор. номер	Теоретическая скорость резания, м/мин	Фактическая скорость резания, м/мин	Частота вращения шпинделя, об./мин	Подача, мм/об.	Глубина резания, мм
1	60	56,4	355	0,02	0,02
2	80	77,0	500	0,02	0,02
3	110	109,3	710	0,02	0,02
4	150	153,9	1000	0,02	0,02
5	230	215,5	1400	0,02	0,02
6	320	305,4	2000	0,02	0,02
7	150	152,7	1000	0,01	0,02
8	150	152,7	1000	0,02	0,02
9	150	152,7	1000	0,04	0,02
10	150	152,7	1000	0,08	0,02
11	150	151,4	1000	0,16	0,02
13	150	151,4	1000	0,02	0,02
14	150	151,4	1000	0,02	0,04
15	150	151,4	1000	0,02	0,08
16	150	151,4	1000	0,02	0,16

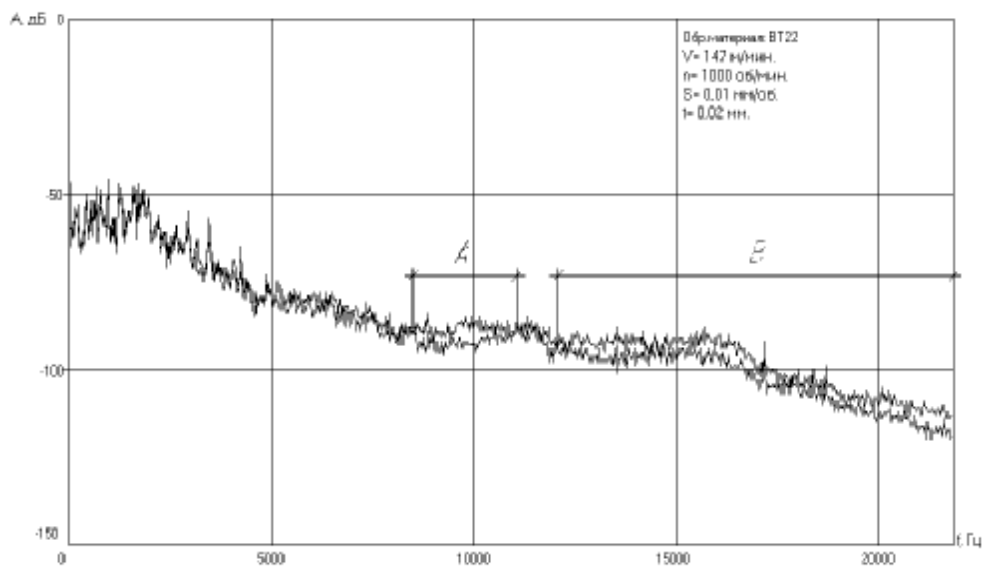


Рисунок 4 – Определение информативных полос спектра акустического излучения при точении резцом с СТМИБ, $S = 0,01$ мм/об.; $t = 0,02$ мм; $n = 1000$ об./мин

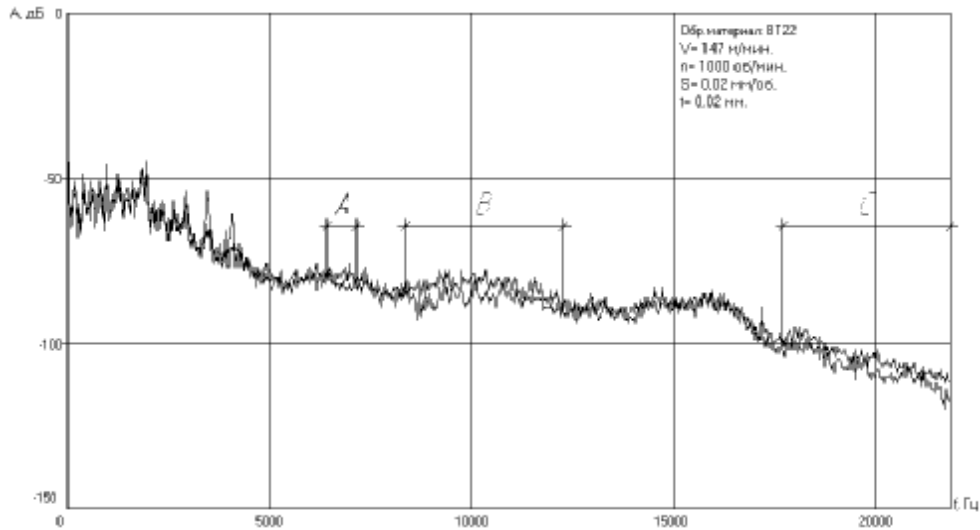


Рисунок 5 – Определение информативных полос спектра акустического излучения при точении резцом с СТМИБ, $S = 0,02$ мм/об.; $t = 0,02$ мм; $n = 1000$ об./мин

Обработка в каждом опыте производилась на длине 20 мм переточенным инструментом с последующим измерением величины фаски износа на задней поверхности. Во всех опытах обработка проводилась с подачей СОЖ.

В результате проведенных исследований было установлено, что при точении титанового сплава, в отличие от процесса точения конструкционных сталей, есть только одна широкая информативная полоса частот - от 5000 Гц до 18000 Гц, - чувствительная к изменению параметров режима резания и износу инструмента. Правая граница информативной полосы - 18000 Гц принята из тех соображений, что используемый микрофон обладал наибольшей частотой, которую он регистрировал именно - 18000 Гц, весь остальной сигнал – это не что иное, как шум всего усилительного тракта.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ НА СИГНАЛ АИ

Для исследования влияния режимов резания на мощность сигнала АИ была проведена серия опытов, в результате которой выяснили, что мощность сигнала АИ существенно зависит от всех рассмотренных факторов (глубины резания (рис. 6), подачи (рис. 7) и частоты вращения (скорости) (рис. 8)). Вместе с тем следует заметить, что практически все полученные зависимости имеют неоднозначный и относительно сложный характер. Это можно объяснить специфическими особенностями разрушения срезаемого слоя и контактных процессов на рабочих поверхностях лезвия инструмента при резании титанового сплава в различных диапазонах изменения влияющих факторов.

Такое изменение мощности АИ в зависимости от режимов резания дает возможность использовать сигнал АИ, если известен характер его изменения, для автоматизации процессов диагностики, т.е. по величине мощности АИ можно судить о таких фактах, как: включен ли станок, работает ли шпиндель на соответствующих скоростных режимах, что может послужить сигналом для автоматического включения системы диагностики и мониторинга состояния инструмента и др.

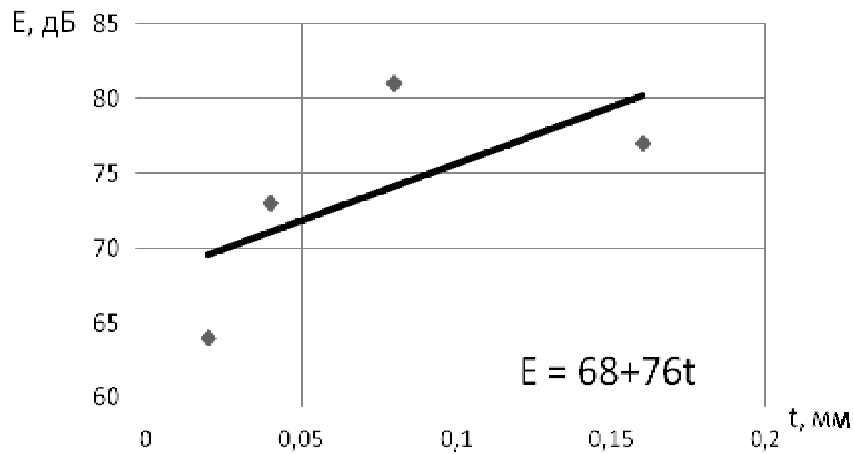


Рисунок 6 – Влияние глубины резания на мощность акустического излучения без износа, $n = 1000$ об./мин; $S = 0,02$ мм/об.

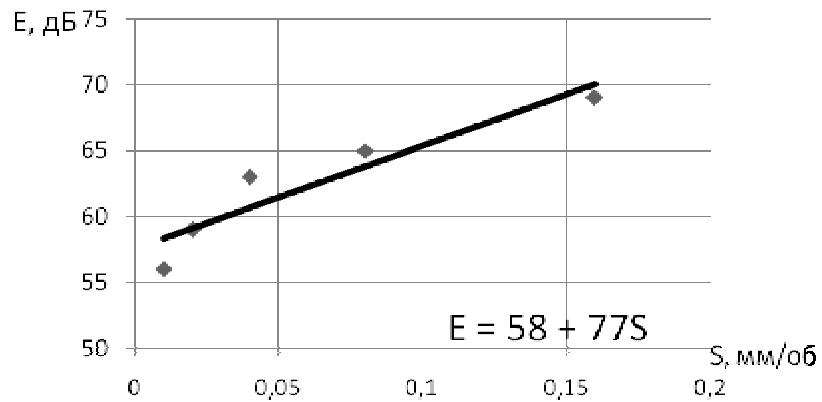


Рисунок 7 – Влияние подачи на мощность акустического излучения без износа, $n = 1000$ об./мин; $t = 0,02$ мм

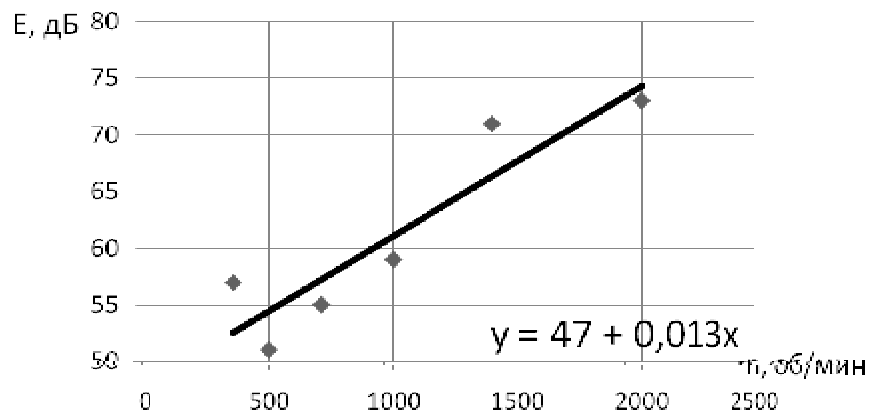


Рисунок 8 – Влияние частоты вращения на мощность акустического излучения без износа, $t = 0,02$ мм/об; $S = 0,02$ мм/об.

Сравнивая приведенные результаты с данными, полученными в [1], можно утверждать, что при знании характера влияния режимов резания на мощность сигнала АИ его можно успешно использовать не только для диагностики состояния инструмента, но и обрабатывающей системы в целом.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА НА СИГНАЛ АИ

Для исследования влияния износа на мощность акустического излучения были проведены эксперименты при точении титанового на таких режимах: частота вращения 1000 об/мин, глубина резания 0,08 мм, продольная подача 0,08 мм/об. Точение производилось 10 раз с участками по 50 мм. После каждого прохода производился замер фаски износа лезвия резца.

На рисунках 9 и 10 показана зависимость мощности акустического излучения (кривая 1) и величины износа (кривая 2) от длины обработанной поверхности, а так же зависимость мощности АИ от величины фаски износа.

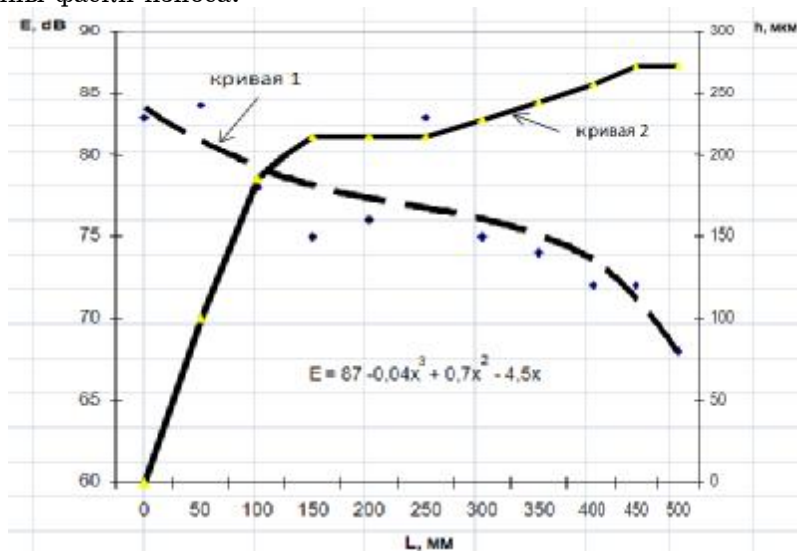


Рисунок 9 – Влияние длины обработанной поверхности на величину износа и мощность акустического излучения

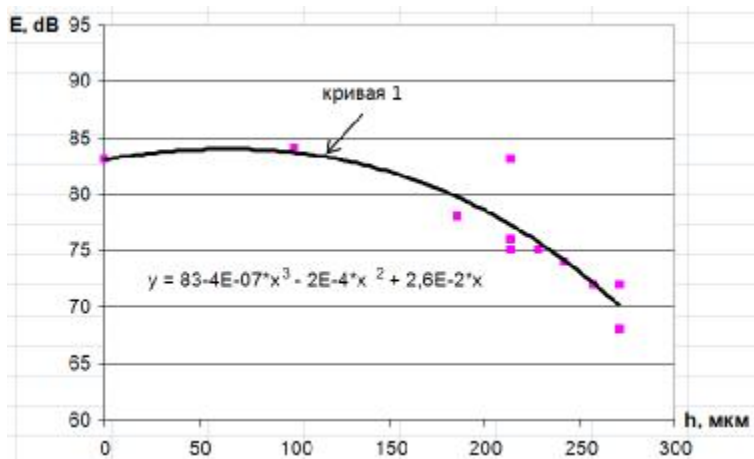


Рисунок 10 – Влияние величины износа на мощность акустического излучения

На графиках видна тенденция к уменьшению мощности акустического излучения с увеличением длины пути резания и с увеличением площади износа инструмента. Если же сравнивать полученные данные с результатами, полученными при обработке конструкционной стали [1], то можно заметить различный характер в изменении мощности АИ от величины фаски износа и длины пути резания: при точении стали характер изменения АИ имел возрастающий характер, а при точении титанового сплава - спадающий. По всей видимости, этот факт можно сопоставить с тем, что при точении стали в работе [1] обработка велась на полустачковых и черновых глубинах резания (от 0,5мм до 2мм), в то время как в настоящих исследованиях изменение глубины резания осуществлялось лишь в пределах 0,02мм – 0,16мм. В связи с этим с увеличением площади износа по задней поверхности увеличивается и линейный износ, который будет характеризоваться «отдалением» точки режущей кромки от детали на величину линейного износа, т.е. соответствующего ему уменьшению глубины резания. Таким образом, получается, что уменьшение глубины резания на величину линейного износа на глубине 0,5мм - 2мм будет относительно не существенным и не будет влиять на мощность сигнала АИ. В то же время, такое же изменение глубины резания при ее практических значениях в пределах 0,02мм – 0,16мм будет существенно влиять на мощность сигнала АИ, и тогда характер зависимости мощности сигнала АИ от величины площади износа имеет характер зависимости, показанной на рисунке 6.

ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлено:

- что как при точении сталей, так и при точении титанового сплава, мощность сигнала АИ зависит от режимов резания и к тому же имеет схожий характер;

- при точении титанового сплава установлено существенное влияние величины фаски износа инструмента на мощность АИ, что свидетельствует о возможности применения данного метода для мониторинга и прогнозирования состояния инструмента при чистовой обработке титановых сплавов в условиях автоматизированного производства.

SUMMARY

THE STUDY OF THE POSSIBILITY OF THE USING THE METHOD OF THE DIAGNOSTICS ON ACOUSTIC EMISSIONS AT TURNING TITANIUM ALLOY. PART I

V.A. Zaloga, R.N. Zinchenko
Sumy State University, Sumy

Study of the influence of the tool wear is considered in this article on signal of the acoustic emissions at turning of the titanium alloy.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко Р.Н. Повышение эффективности точения за счет диагностики износа инструмента по акустическому излучению: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.03.01. - Харьков, 2005. - 188 с.

Залого В.А., доктор техн. наук, профессор;
Зинченко Р.Н., кандидат техн. наук

Поступила в редакцию 6 ноября 2008 г.