
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВОК В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

М.П. Козочкин, Ф.С. Сабиров

Кафедра технологии машиностроения,
станков и инструментов
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 6, Москва, Россия, 117198

Кафедра станков
Московский государственный
технологический университет «СТАНКИН»
Вадковский пер., д. 3а, Москва, Россия, 127055

Приводятся результаты исследований, направленных на оценку виброакустическими методами наличия раковин и пор на заготовках, вскрывшихся после первого прохода, на оценку изменения средней твердости партии заготовок, поступающих в зону обработки, и другие моменты.

Развитие станкостроения в направлении повышения степени концентрации различных технологических операций на одном обрабатывающем центре связано со стремлением получать готовую деталь за один установ. Сочетание этого направления с повышением уровня автоматизации станков заставляет уделять вопросам автоматического контроля процесса резания для своевременного принятия решения о состоянии режущего инструмента (РИ) и обрабатываемой заготовки все большее внимание. Если вопросы автоматического контроля состояния РИ рассматривались в специальной литературе [1], то задачам автоматического контроля заготовок уделялось мало внимания. Однако в некоторых случаях особую актуальность приобретает информация о положении поверхности заготовки относительно РИ, об изменении средней твердости партии заготовок, поступающих в зону обработки, о наличии раковин и пор на поверхности заготовки, вскрывшихся после первого прохода.

В статье описываются результаты исследований, направленных на оценку возможностей решения этих задач за счет использования виброакустического (ВА) сигнала, получаемого с помощью акселерометра, установленного на упругой системе станка и воспринимающего упругие колебания из зоны резания. На рис. 1 показан пример изменения уровня ВА сигнала при сближении трущихся поверхностей. Видно, что при «углублении» выступов одной поверхности в неровности другой на 1 мкм уровень ВА сигнала увеличивается на 10 дБ. Увеличение может быть еще большим при более высоких скоростях трения. Свойство ВА сигнала резко увеличивать свою амплитуду в момент соприкосновения трущихся поверхностей может широко использоваться, например, для задания припуска на шлифование в условиях некоторой неопределенности диа-

метра шлифовального круга или для задания глубины правки круга. При известных координатах вершины РИ информация о скачке ВА сигнала, поступившая в устройство числового программного управления (УЧПУ) станка, позволяет фиксировать момент касания РИ и заготовки и уточнять координаты ее поверхности (если они имеют значимый разброс), и относительно них осуществлять разбиение припуска. При правке шлифовального круга контроль процесса еще более необходим, поскольку тепловые деформации могут оказаться соизмеримыми с величиной припуска на правку. Здесь важно контролировать не только координату касания кругом правящего алмаза, но и время, затраченное на правку. Это необходимо, чтобы убедиться, что правка была проведена по всей ширине шлифовального круга. Если время присутствия при правке ВА сигнала высокого уровня совпадает с расчетной длительностью правки, то можно утверждать, что геометрия всей рабочей поверхности круга восстановлена.

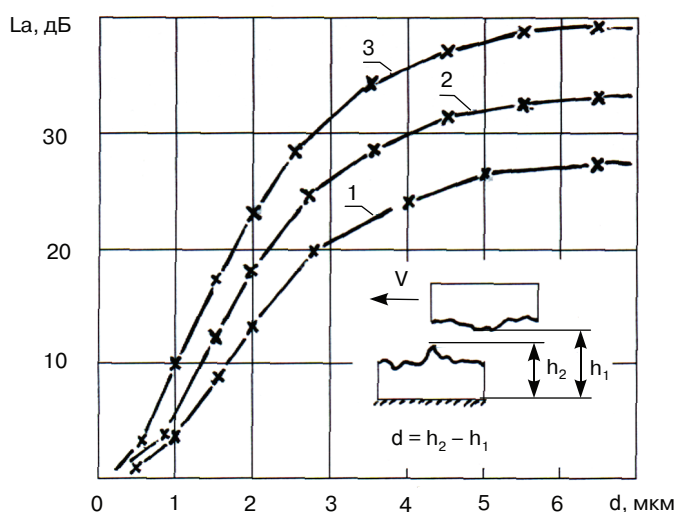


Рис. 1. Пример зависимости амплитуды ВА сигнала от сближения контактирующих поверхностей при трении с различными скоростями:

октавная полоса 16 кГц, сплав Т15К6 — сталь 45,
1 — $V = 0,2$ м/с; 2 — $V = 0,4$ м/с; 3 — $V = 0,8$ м/с

Переходя к вопросу о твердости обрабатываемых заготовок, можно отметить, что в литературе [1] есть данные о наличии почти линейной связи между твердостью обрабатываемой поверхности и амплитудой ВА сигнала. При крупносерийном производстве часто наблюдается весьма существенное изменение средней твердости заготовок от партии к партии, что связано с технологией получения отливок. Изменение твердости заготовок требует коррекции периодичности замены режущих пластин. Пренебрежение этим моментом может привести к появлению внезапных поломок РИ. Этого можно избежать, если, например, обрабатывая первые детали партии, отслеживать средний уровень ВА сигнала в соответствующем частотном диапазоне, где прослеживается связь амплитуды

ВА сигнала с твердостью поверхности. На рис. 2 показан пример спектра виброускорения ВА сигнала, фиксируемого на суппорте токарного станка при обработке заготовок из спецчугуна с добавлением 10% никеля, что обеспечивает высокую коррозионную стойкость изделий. Регистрация для двух партий таких заготовок ВА сигнала, выделенного в частотном диапазоне в окрестности частоты 8,5 кГц, показала, что средняя амплитуда для второй партии заготовок в 1,3 раза больше чем этот показатель у первой партии. Обработка заготовок обеих партий показала, что для второй партии расход инструмента вырос приблизительно на 30%. Таким образом, контролируя амплитуду ВА сигнала при обработке острым инструментом первых заготовок новой партии, можно оценить изменение твердости в партии и скорректировать период замены режущих пластин.

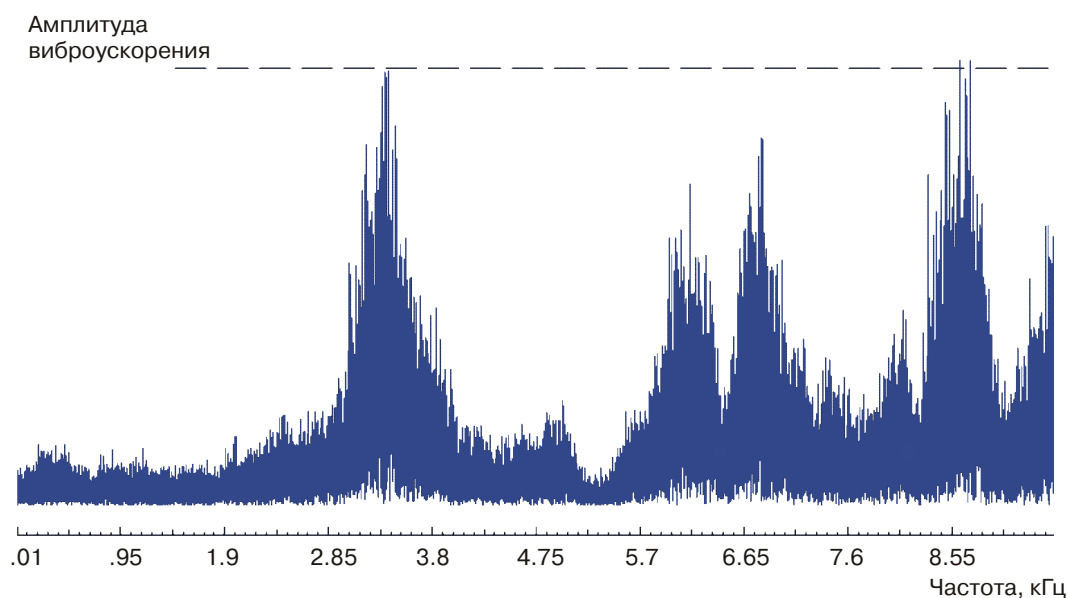


Рис. 2. Спектр ВА сигнала, получаемого на суппорте токарного станка при точении заготовок из специального чугуна (нирезист)

Раковины, вскрываемые после первого прохода, отличаются тем, что дальнейшая обработка, по сути, является обработкой уже бракованной детали, что ведет к дополнительным затратам, связанным с расходами дорогостоящего РИ, машинного и рабочего времени. В ситуациях, когда вскрывающиеся раковины являются типовым явлением, контроль их появления на поверхности становится экономической потребностью. Естественно, что появление раковин желательно определять в момент их возникновения на поверхности. При резании на участке с раковинами более 3 мм прохождение резцом области с раковинами сопровождается пиками ВА сигнала, повторяющимися на каждом обороте. Пример ВА сигнала, сопровождающего процесс резания при наличии раковины, показан на рис. 3. Видно, что в момент точения участка с раковинной ВА сигнал изобилует всплесками, которые заметно выделяются по сравнению с уровнем фона.

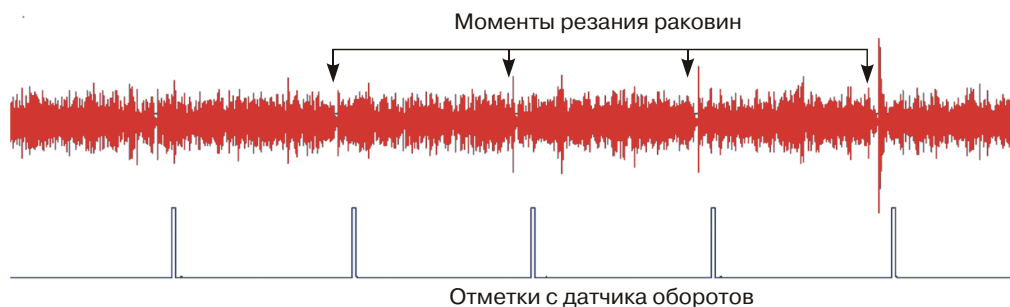


Рис. 3. Пример записи ВА сигнала, полученного при точении поверхности с раковиной размером 3 мм (на нижнем графике показаны отметки с датчика оборотов)

Уменьшение размеров раковин ведет к снижению амплитуды всплесков ВА сигнала, что увеличивает неопределенность при принятии решения о наличии брака на поверхности. Раковины с размером менее 2 мм уже трудно выявить по пиковым значениям амплитуды на фоне аддитивной шумовой помехи. Положение усугубляется при работе с большими подачами. Ситуацию можно улучшить, если применить метод синхронного накопления [2]. Для этого ВА сигнал, снимаемый с акселерометра, фильтруют, сохраняя в нем только те частотные составляющие, которые определяются процессом резания (например, октавная полоса со среднегеометрической частотой 8 кГц), далее сигнал детектируют, выделяя тем самым его огибающую. Суть метода заключается в том, что при суммировании огибающей сигнала на периоде T , отмечаемого датчиком оборотов, результирующая сумма $Y(t)$ выглядит так:

$$Y(t) = \sum_{k=1}^n [A(t - kT) + Z(t - kT)],$$

где $A(t)$ — детерминированная компонента огибающей сигнала, создаваемая источником вынужденных колебаний (взаимодействием РИ и раковины) с основным периодом T ; $Z(t)$ — случайная компонента с какой-то дисперсией.

Благодаря тому, что детерминированная составляющая при прохождении участка с раковиной всегда присутствует в определенной фазе оборота заготовки, а случайная составляющая обладает разбросом, соотношение между амплитудами детерминированной и случайной компонент растет линейно по отношению к количеству n суммируемых периодов, т.е. тех оборотов заготовки, на которых вершина резца проходит через раковину. На рис. 4 показаны примеры накопленного сигнала при прохождении через раковину размером 2 мм. Видно, что в результате накопления сигнал, возникающий при прохождении раковины, в 2 раза превысил фоновый уровень. С уменьшением размера раковин уменьшается амплитуда всплесков сопровождающего ВА сигнала. Дополнительно уменьшается количество оборотов, на которых раковина влияет на генерируемый сигнал. Это ведет к тому, что раковины менее 1 мм трудно выявить при резании на фоне помех даже методом синхронного накопления.

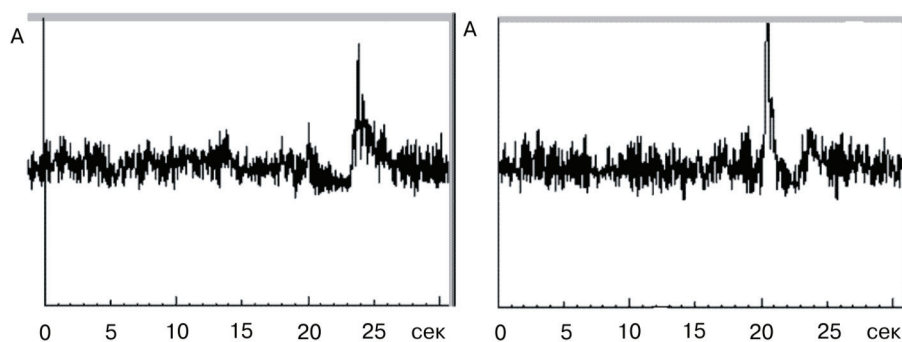


Рис. 4. Огибающая ВА сигнала, полученная после синхронного накопления на 20 оборотах заготовки при точении участка с раковиной размером 2 мм

Встречаются ситуации, когда перед началом финишной обработки требуется уверенность в отсутствии на поверхности мелких раковин и пор до 0,1 мм. В этой ситуации тоже есть выход, хотя и сопряженный с некоторыми дополнительными потерями времени. На позицию резца может быть установлен заостренный подпружиненный щуп, занимающий устойчивое положение по отношению к вращающейся поверхности детали. Вершина щупа вводится в соприкосновение с поверхностью детали и сканирует эту поверхность по управляющей программе движения инструмента с возможными изменениями скорости или подачи. Для уменьшения временных затрат сканироваться может не вся поверхность, а только те участки, где появление раковин и пор наиболее вероятно. На рис. 5 показан пример изменения ВА сигнала при прохождении щупа через мелкую раковину в процессе трения его вершины о поверхность цилиндрического валика.

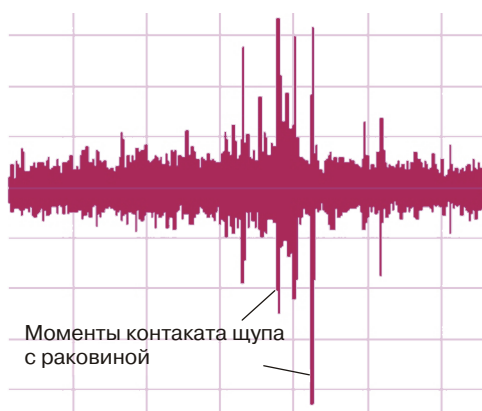


Рис. 5. Изменение ВА сигнала при прохождении щупа через мелкую раковину в процессе трения его вершины о поверхность цилиндрического валика

Параллельно с описанными проблемами на станке, оснащенном системой ВА контроля, можно решать целый ряд других задач, включая и контроль состояния режущих инструментов [1; 3].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Козочкин М.П.* Виброакустическая диагностика технологических процессов. — М.: Каталог, 2005.
- [2] *Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г., Хомяков Е.И.* Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. — М.: Наука, 1984.
- [3] *Козочкин М.П., Кочинев Н.А., Сабиров Ф.С.* Диагностика и мониторинг сложных технологических процессов с помощью измерения виброакустических сигналов // Измерительная техника. — 2006. — № 7. — С. 30—34.

ESTIMATION OF THE CONDITION OF PREPARATIONS IN THE AUTOMATED MANUFACTURE BY ACOUSTIC METHODS

M.P. Kozochkin, F.S. Sabirov

Engineering Technology, Machine Tool
and Instruments Department

Peoples' Friendship University of Russia

Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

Moscow State Technological University «STANKIN»

Vadkovskiy Pereulok, 3A, Moscow, Russia, 127055

The results that aimed to find out the presence of abscess and caverns by vibroacoustic methods on workpieces which were appeared after the early pass, to evaluate medium hardness of a production run delivered to a workpieces range, etc. are given here.