

А.А. Шульженко, д.т.н., проф., член-кор. НАН України

Л.Н. Девин, д.т.н., проф.

А.А. Осадчий, аспір.

*Институт сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля*

*НАН Украины*

А.Д. Шевченко, д.т.н., с.н.с.

*Институт металлофизики НАН Украины*

## ВЛИЯНИЕ ДЕМПИРУЮЩИХ СВОЙСТВ РЕЗЦА НА ДИНАМИЧЕСКУЮ СОСТАВЛЯЮЩУЮ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

*Исследовано влияние демпфирующих элементов, встроенных в державку резца, на интенсивность вибраций и изменение динамической составляющей силы резания при точении закаленных сталей.*

**Введение.** В настоящее время борьба с вибрациями является одной из актуальных проблем во всех отраслях промышленности и, прежде всего, в машиностроении, приборостроении и судостроении. Особенно важна эта проблема для режущих инструментов, так как наличие вибраций снижает качество обработки и приводит к увеличению вероятности разрушения хрупких инструментальных материалов. В этой связи исследование вибраций резцов в процессе резания и разработка методов их снижения являются важными задачами машиностроения.

Эффективным способом уменьшения вредных вибраций резцов является использование сплавов с большим внутренним трением, так называемых сплавов высокого демпфирования [1]. Это сплавы с относительным рассеянием энергии в диапазоне рабочих амплитуд более чем 1 %. Пример – такой известный материал, как серый чугун.

Преимуществами гашения колебаний с помощью сплавов высокого демпфирования являются простота (отпадает надобность в специальных, порою довольно сложных виброгасящих устройствах), практическая независимость эффекта демпфирования от частоты и, как правило, – широкая область рабочих температур.

Известны попытки уменьшить вибрации резцов в процессе точения путем применения чугунных державок. Во многих случаях их использование позволило значительно сократить вибрации, улучшить

шероховатость обработанной поверхности и увеличить стойкость режущих инструментов [2].

В последнее время появились более эффективные, чем чугун, материалы с высокими демпфирующими свойствами на основе никелида титана [3]. Их особенность – многократные мартенситные превращения под действием внешних нагрузок при комнатных температурах (т. н. материалы с эффектом памяти формы).

**Цель работы.** Исследовать возможность применения в конструкции инструмента материалов с высокими демпфирующими свойствами для гашения колебаний при точении закаленных сталей резами, оснащенными пластинами из поликристаллических сверхтвердых материалов (ПСТМ), а также исследовать влияние этих элементов на стойкость инструмента.

**Основная часть.** Была разработана специальная державка резца, которая содержала элементы из высокодемпфирующих материалов (рис. 1).

Квадратную режущую пластинку из ПСТМ на основе кубического нитрида бора 1 располагали между двумя вставками из демпфирующего материала 2 и прижимали прихватом 4. Виброускорения при точении измеряли с помощью акселерометра 3 модели KD 35а. В качестве материалов демпфирующих вставок использовали твердый сплав ВК8, серый чугун СЧ15, сталь 40Х, никелид титана TiNi (авибрит) [3].

Для измерения демпфирующих характеристик исследуемых материалов была создана измерительная установка на базе стойки от прибора «Звук-107» [4]. Установка состояла из стойки «Звук-107», анализатора спектра СК4-59, широкополосного усилителя УЗ-32, АЦП ADA 1406 и персонального компьютера. Демпфирующие свойства вставок определяли по методу резонансных кривых [5]. Данные измерений приведены в таблице 1.

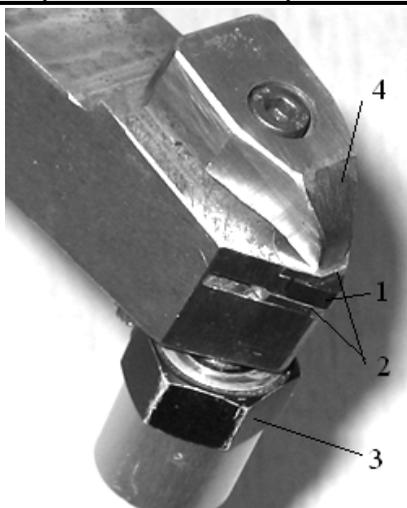


Рис. 1. Резец с элементами из высокодемпфирующих материалов

Таблица 1

Демпфирующие свойства вставок

Материал подкладки	Добротность $Q$	Логарифмический декремент затухания колебаний, $\delta$ , %
ВК8	$1633 \pm 7$	$0,202 \pm 0,001$
Сталь 40X	$1059 \pm 12$	$0,296 \pm 0,017$
СЧ15	$471 \pm 5$	$0,667 \pm 0,023$
TiNi	$51 \pm 4$	$6,191 \pm 0,031$

Видно, что демпфирующие характеристики никелида титана и чугуна значительно выше, чем стали или твердого сплава, что позволяет рекомендовать их в качестве демпфирующих вставок в резце предложенной конструкции.

Для установления количественных данных о влиянии вставок на гашение вибраций были проведены специальные исследования при точении. Было проведено четыре серии экспериментов, в каждом из которых использовали демпфирующие вставки из различных материалов. В первом случае в качестве подкладок использовали

пластины из никелида титана (TiNi), во втором – сталь 40X, в третьем – твердый сплав ВК8, в четвертом – серый чугун СЧ15.

С помощью разработанной в лаборатории 18/21 ИСМ НАН Украины им. В.Н. Бакуля автоматизированной системы фиксировали четыре параметра процесса резания: 3 составляющих силы резания ( $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ ) и виброускорение. Данная система состояла из 3-компонентного динамометра УДМ100 конструкции ВНИИИ (г. Москва), тензостанции «Топаз», акселерометра KD 35a немецкой фирмы Metra Mess und Frequenztechnik, а также разработанного согласующего усилителя и АЦП ADA 1406 фирмы ООО «ХОЛИТ Дэйта Системс», Украина. Управление АЦП осуществляли в программном пакете PowerGraph Professional 3.3. Сигнал записывали по четырем дифференциальным каналам с частотой опроса каждого канала 85 кГц.

Испытания при точении провели на высокоточном станке ТПК-125ВМ. Обрабатываемый материал – заготовка из закаленной стали марки ХВГ твердостью HRC 58...60. Режимы резания: скорость резания  $v = 2$  м/с, подача  $S = 45$  мм/мин., глубины резания  $t = 0,05$  и  $0,1$  мм.

Колебания составляющих силы резания оценивали по величине среднеквадратического отклонения (СКО). Расчет СКО по каждой составляющей силы резания производили по формуле:

$$\text{СКО } P = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - P_{cp})^2},$$

где  $P_i$  – значение силы при  $i$ -том измерении,  $P_{cp}$  – среднее арифметическое значение силы.

Полученные значения СКО представлены на диаграммах рис. 2, 3.

С помощью акселерометра KD 35a измеряли величину виброускорений в направлении оси  $z$ . Для получения виброперемещений, значения амплитуд ускорений, полученные от акселерометра, подвергли двойному интегрированию. В результате расчетов были получены значения перемещений, которые представлены на диаграммах (рис. 4, 5)

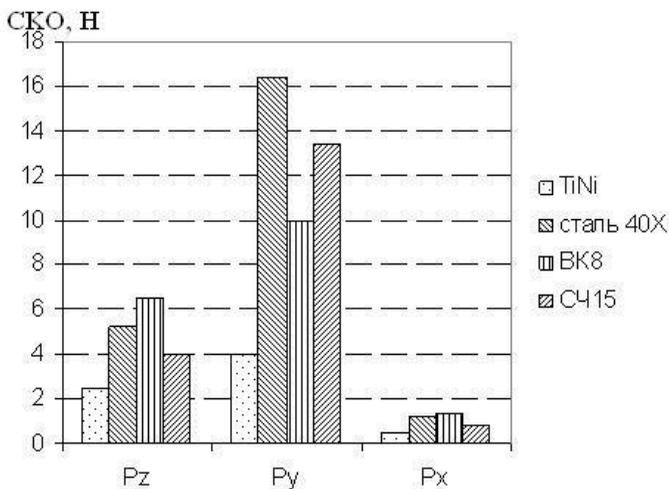


Рис. 2. SKO составляющих силы резания,  $t=0,05$  мм

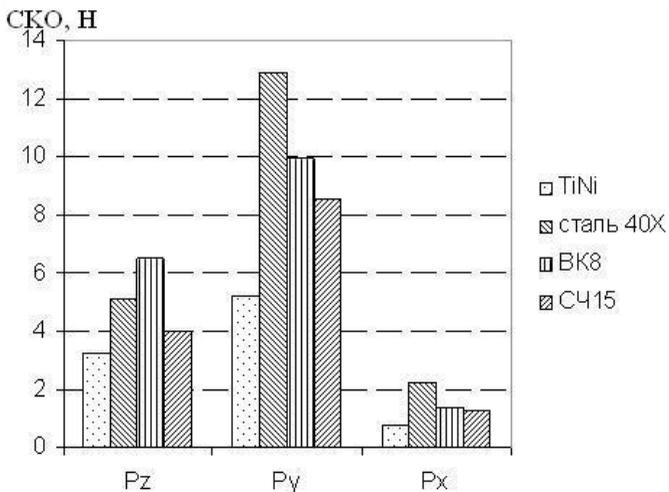


Рис. 3. SKO составляющих силы резания,  $t = 0,1$  мм

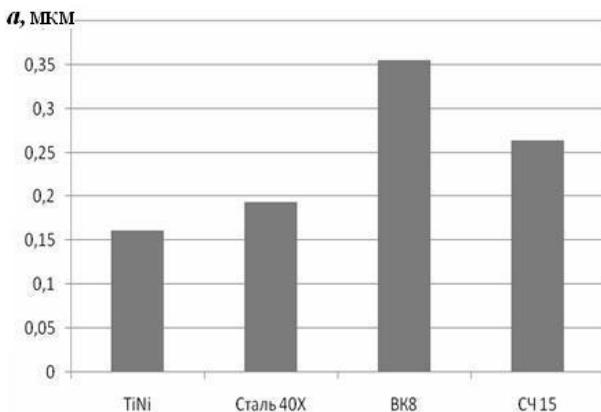


Рис. 4. Вибропереміщення при  $t = 0,05$  мм

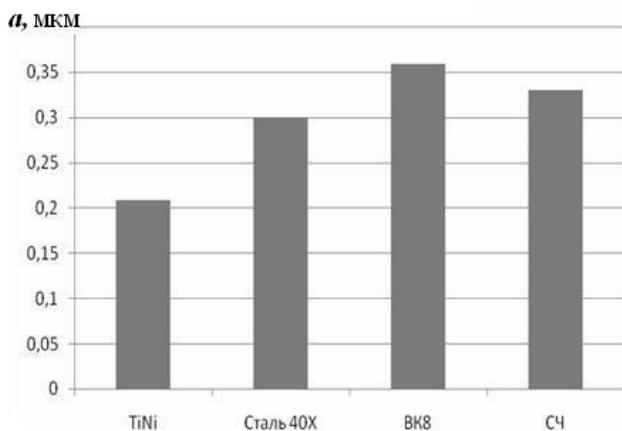


Рис. 5. Вибропереміщення при  $t = 0,1$

**Выводы.** В результате исследований было установлено, что резец, оснащенный вставками из никелида титана, имеет меньшие по амплитуде колебания, как всех 3-х составляющих силы резания, так и виброперемещений, чем со вставками из других материалов. Так, при использовании вставок из TiNi величина виброперемещений меньше по сравнению с вставками из стали 40X на 17–43 %, из BK8 на 42–54 %, из серого чугуна СЧ15 на 37–38 % в зависимости от глубины 300

резания. СКО составляющих силы резания также имело наименьшую величину при использовании вставок из никелида титана. Эти факторы положительно отразились на качестве обработанной поверхности. Минимальная шероховатость была у деталей, обработанных резцом с использованием вставок из никелида титана.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. *Фавстов Ю.К., Шульга Ю.Н., Рахитадт А.Г.* Металловедение высокодемпфирующих сплавов. – М.: Металлургия, 1980. – 272 с.
2. *Жарков И.Г.* Вибрации при обработке лезвийным инструментом. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1986. – 184 с.
3. *Шевченко А.Д., Шульженко А.А.* Новый материал с высокой демпфирующей способностью // Физика и техника высоких давлений. – 1991. – Том 1. – № 3 – С. 26–31.
4. *Девин Л.Н., Мартынова Л.М., Нимченко Т.В., Осадчий А.А.* Исследование демпфирующих свойств твердых сплавов WC-6%Co, полученных из смеси порошков различных производителей // Материалы 8-го Международного научно-технического семинара (26–28 февраля 2008, г. Свалява). – С. 62–64.
5. *Крауткрамер Й., Крауткрамер Г.* Ультразвуковой контроль материалов: Справ. изд.: Пер. с нем. – М.: Металлургия, 1991. – 752 с.

ШУЛЬЖЕНКО Александр Александрович – член-корреспондент НАН Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом технологий синтеза и спекания сверхтвердых материалов Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

– технологии синтеза и спекания сверхтвердых материалов.

ДЕВИН Леонид Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий лабораторией надежности и диагностики лезвийного инструмента из поликристаллических сверхтвердых материалов № 18/21 Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием;
- режущие инструменты;
- надежность и диагностика лезвийного инструмента из ПСТМ.

Тел.: 8 (044) 4308245.

E-mail: ldevin@ism.kiev.ua

ОСАДЧИЙ Александр Анатольевич – аспирант Института сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля НАН Украины.

Научные интересы:

- обработка материалов резанием;
- режущие инструменты.

ШЕВЧЕНКО Анатолий Дмитриевич – доктор технических наук, старший научный сотрудник Института металлофизики НАН Украины.

Научные интересы:

- физика твердого тела.

Подано 27.07.2009