

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ ОСЕВОГО ФРЕЗЕРНОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ Р6М5

**Введение.** В настоящее время осевой фрезерный инструмент из быстрорежущей стали Р6М5 широко применяется в машиностроении для обработки различных пазов, канавок и прочих поверхностей деталей из различных металлов. Такой инструмент работает в тяжелых условиях обработки из-за наличия прерывистых условий резания и малых габаритных размеров самой фрезы. Для увеличения времени между переточками осевого фрезерного инструмента из быстрорежущей стали Р6М5 и увеличения его срока эксплуатации применяют различные методы упрочнения.

**Основная часть.** Одним из таких методов является аэродинамическое звуковое упрочнение (АДУ) [1]. Установка для упрочнения методом АДУ является разновидность объёмного резонатора и представляет собой замкнутый прямоугольный контур, где параллельные более длинные стороны выполнены из металлических листов, способных по своим параметрам осуществлять колебательные движения, в отличие от боковых сторон и нижнего основания, выполненных значительно более жесткими (рисунок 1). В таком контуре возникают собственные синусоидальные волновые акустические колебания. Возбуждающиеся акустические волны внутри контура, распространяющиеся между колеблющимися стенками, через определенный частотный интервал образуют резонансные пики, так называемые моды резонатора [2].

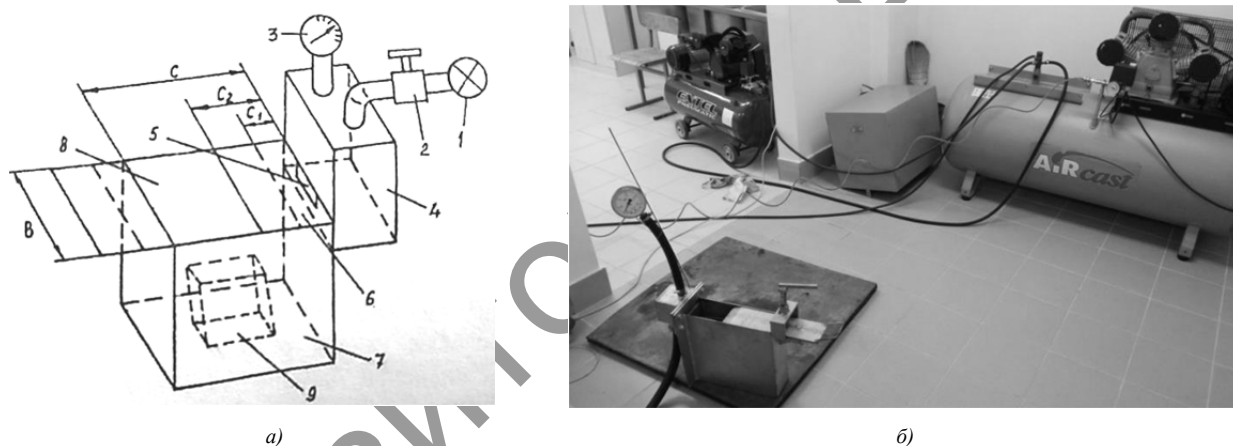


Рисунок 1 — Установка для упрочнения методом АДУ: а — схема установки: 1 — источник генерации воздуха; 2 — регулирующий вентиль; 3 — манометр; 4 — камера сглаживания пульсации воздуха; 5 — щелевое сопло; 6 — выходной канал; 7 — резонансная камера; 8 — регулирующая заслонка; 9 — упрочняемые изделия [2]; б — общий вид установки для АДУ с подключенными компрессорами

Упрочнение концевых фрез из быстрорежущей стали Р6М5 осуществлялось следующим образом. Производилось подключение экспериментальной установки для АДУ к ресиверу компрессора «Aircast» с производительностью 1680 литров в минуту, через регулирующий вентиль 2 (рисунок 2). По две концевые фрезы закреплялись в поддерживающем устройстве, которое предварительно помещалось в термическую печь, разогретую до необходимой температуры, и выдерживалось при такой температуре в течении 60 минут. После чего поддерживающее устройство с разогретыми концевыми фрезами из быстрорежущей стали Р6М5 перемещалось в рабочую камеру 7 через выходной канал 6. Регулирующая заслонку 8 устанавливалась на тот или иной размер, что соответствовало первому или второму режиму упрочнения, с последующей фиксацией заслонки. Затем осуществлялась подача воздуха в камеру сглаживания пульсации воздуха 4 через опорный вентиль системы 2 и трубопровод от ресивера компрессора. При этом в рабочей камере 7 давление попадающего воздуха выдерживалось в диапазоне 1,6 бар, которое контролировалось при помощи стрелочного манометра 3 и регулировалось с помощью вентилля 2 (см. рисунок 1). При таком условии подачи воздуха в резонансной камере возникало звуковое давление, которое на определенных частотах звукового поля (148 или 153 Гц) образовывало резонансные амплитуды колебаний акустических волн. Время звуковой обработки составило от 3,0 до 4,0 мин. После осуществления всех циклов упрочнения

осуществлялся процесс старения, для чего упрочненные концевые фрезы помещались в термопечь, разогретую до температуры 160 °С, и выдерживались при такой температуре в течении 1 часа, с последующим охлаждением на воздухе до полного остывания.

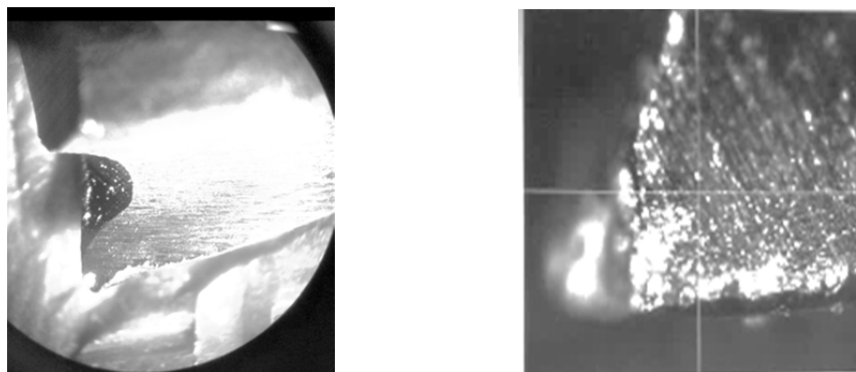


Рисунок 2 — Типичные виды износа по задней поверхности на измеряемых фрезах Ø8, мм из быстрорежущей стали Р6М5

Упрочнению подвергались фрезы из быстрорежущей стали Р6М5 Ø8,0 мм в количестве 14 штук, по 2 штуки для каждого опыта, на режимах, указанных в таблице 1. Режимы упрочнения устанавливались по методике [3] с целью определения оптимальных режимов упрочнения.

Т а б л и ц а 1 — Матрица режимов упрочнения при АДУ для фрез из быстрорежущей стали Р6М5 Ø8,0 мм

№	Температура нагрева, Т °С	Время упрочнения, мин	Режим обработки
1	280	3,0	Первый и второй режим
2	260	3,0	Первый и второй режим
3	280	3,0	Первый режим
4	280	3,0	Второй режим
5	280	2,0	Первый и второй режим
6	280	4,0	Первый и второй режим
7	300	3,0	Первый и второй режим

За критерий эффективности упрочнения при АДУ принимался износ по задней поверхности упрочненных АДУ фрез, который сравнивался с износом неупрочненных фрез. Для чего фрезами из быстрорежущей стали Р6М5 (упрочненными и не упрочненными) проводилась обработка образцов из стали 45. Фрезерование осуществлялось на фрезерном станке модели 675, при различных режимах резания, которые варьировались следующим образом: скорость резания 12,56—20,1 м / мин, подача на зуб 0,0135—0,051 мм / зуб, глубина резания 0,5—2,1 мм. Ширина фрезерования составляла 6 мм. По истечению каждых 10—15 мин обработки производились измерения величины износа по задней поверхности  $h_z$  на электронном микроскопе Galileomicroscan HV1AC. На рисунке 2 представлены типичные виды износа по задней поверхности на измеряемых фрезах.

**Заключение.** Проведенные предварительные исследования износа фрез из быстрорежущей стали Р6М5 Ø8,0 мм после АДУ показали увеличение их стойкости в 1,55 раза и более по сравнению с неупрочненными фрезами при работе на одних и тех же режимах обработки. В настоящее время происходят работы по комплексному исследованию износа фрез от параметров упрочнения, режимов и времени резания по методике [4]. После обработки результатов исследований будут установлены оптимальные режимы упрочнения методом АДУ для фрез из быстрорежущей стали Р6М5 Ø8,0 мм.

#### Список цитируемых источников

1. Способ аэродинамического упрочнения изделий : пат. ВУ 21049 / А. Н. Жигалов, Г. Ф. Шатуров, В. М. Головков. Опубл. 30.06.2017.
2. Жигалов, А. Н. Теоретические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания : монография / А. Н. Жигалов, В. К. Шелег. — Могилев : МГУП, 2019. — 213 с.

3. Жигалов, А. Н. Математическая модель и методика параметрической оптимизации износа и ресурсной стойкости режущего твердосплавного инструмента, упрочненного аэродинамическим звуковым методом / А. Н. Жигалов // Вестн. БарГУ, Техн. науки. — 2019. — Вып. № 7. — С. 49—63.

4. Горавский, И. А. Методика проведения измерения износа вращающегося режущего инструмента по задней поверхности / И. А. Горавский, А. Н. Жигалов, Т. В. Дейхина // Наука — практике : материалы I Междунар. науч.-практ. конф., Барановичи, 15 мая 2020 г. / БарГУ. — Барановичи, 2020. — С. 42—43.

УДК 621.9 УДК 676.014.33

А. Н. Жигалов, Т. А. Саковец

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ЗВУКОВОГО УПРОЧНЕНИЯ

**Введение.** Для повышения ресурса инструмента, предназначенного для работы в условиях прерывистого резания со значительными ударными нагрузками создан метод аэродинамического звукового упрочнения (АДУ) [1; 2]. Метод АДУ способен с небольшой добавленной стоимостью улучшать стойкостные характеристики металлорежущего инструмента до 3,7 раза. Такой эффект происходит за счет повышения в инструменте ударной вязкости и предела прочности при изгибе при сохранении высокой твердости [2]. Научная идея, на основании которой реализуется метод АДУ, заключается в воздействии волн звуковой частоты, приведенных в резонансное состояние, на дислокационную структуру упрочняемых инструментальных твердосплавных и быстрорежущих материалов [2]. В результате этого происходит измельчение структурных фаз и их перераспределение, уменьшение плотности дислокаций, а за счет самоорганизации на уровне кристаллической решетки обеспечивается переход от беспорядочного движения флуктуаций и их хаотического состояния к новому порядку, позволяющему улучшать параметры структуры для заданных условий эксплуатации [3].

В тоже время метод АДУ является новым и еще недостаточно изученным. Для определения необходимости внедрения метода АДУ в производство возникает проблема определения экономического эффекта от применения данного метода, которая связана с особенностями эксплуатации и реализации инструмента упрочненного методом АДУ.

**Основная часть.** Экономический эффект от внедрения усовершенствованного инструмента методом АДУ может быть связан с экономией производственных ресурсов, а также с повышением качественного уровня коммерциализации продаж инструмента.

Экономический эффект от внедрения усовершенствованного инструмента методом АДУ, связанный с экономией производственных ресурсов, происходит от того, что упрочненный АДУ инструмент приобретает более высокие эксплуатационные свойства по сравнению с базовым режущим инструментом. Применяется при использовании инструмента для собственных нужд. Расчет экономического эффекта производится на основании следующих основных показателей:

- снижение машинного времени на один период стойкости;
- снижение машинного времени на выполнение единицы изготовленной продукции;
- снижение удельных затрат по эксплуатации режущего инструмента.

Снижение машинного времени на один период стойкости, которое характеризуется коэффициентом снижения машинного времени, возможно определить, как соотношение скорости главного движения (скорость резания), подачи на зуб и глубины резания соответственно по-новому, упрочненному АДУ, и базовому вариантам.

Затраты могут быть найдены через произведение минутных затрат потребителя пропорциональных машинному времени, без учета затрат на эксплуатацию режущего инструмента, и периода стойкости базового инструмента, а также коэффициента увеличения стойкости нового инструмента по отношению к базовому.

Экономический эффект от снижения машинного времени может быть определен как произведение затрат пропорциональных машинному времени и коэффициента, характеризующего снижение машинного времени, уменьшенного на единицу.

Затраты по эксплуатации базового и нового (после АДУ) инструмента могут быть найдены с учетом количества режущих лезвий (элементов) в базовом и новом инструменте, цены (стоимости) базового и нового инструмента, остаточной стоимости базового и нового инструмента, стоимости одной переточки базового и нового инструмента, числа переточек базового и нового режущего инструмента.

Изменение затрат по эксплуатации при замене базового инструмента новым режущим инструментом возможно определить в виде разницы затрат по эксплуатации базового и нового (после АДУ) инструмента.