

УДК 621.785

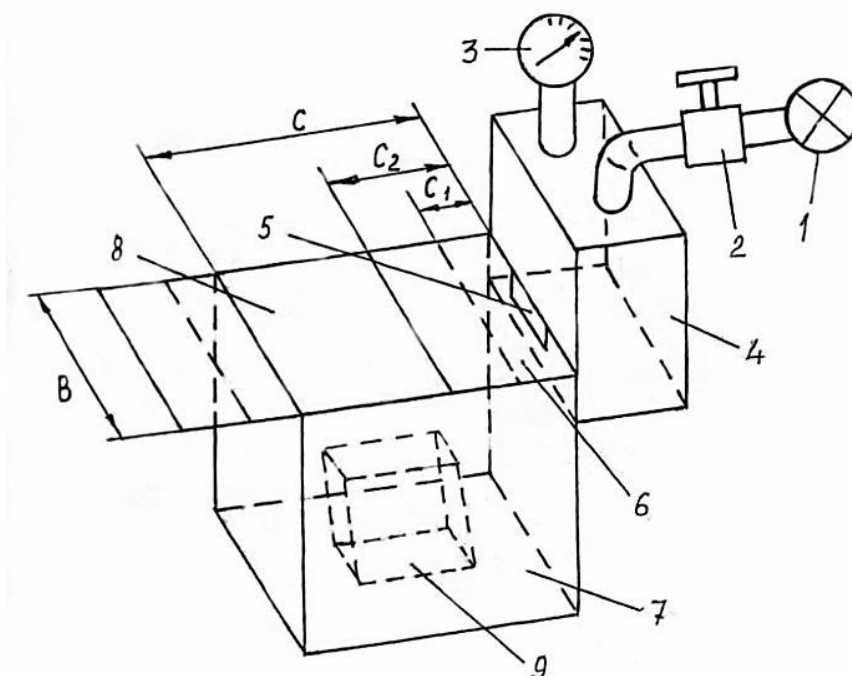
## МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ РЕСУРСА ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ЗВУКОВЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ

*Горавский<sup>1</sup> И. А., Жигалов<sup>1,2</sup> А. Н., Дерман<sup>1</sup> Е. А.*

*1) Барановичский государственный университет,  
г. Барановичи, Республика Беларусь*

*2) Институт технологии металлов НАН Беларуси,  
г. Могилев, Республика Беларусь*

Принципиальные особенности процесса аэродинамического звукового воздействия можно объяснить на следующей схеме установки для аэродинамического звукового воздействия (рисунок 1). Установка является разновидностью объемного резонатора, 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, выполненных более жесткими.



*1 – источник генерации воздуха, 2 – регулирующий вентиль, 3 – манометр,*

*4 – камера сглаживания пульсации воздуха, 5 – целевое сопло,*

*6 – выходной канал, 7 – резонансная камера,*

*8 – регулирующая заслонка, 9 – упрочняемые изделия [1]*

**Рисунок 1 – Схема установки для аэродинамического звукового воздействия**

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 [1]. Установка выполняется в виде замкнутого прямоугольного контура с линейными размерами между колеблющимися стенками. Причем параллельные более длинные стороны прямоугольника изготавливаются из металлических листов, способных по своим параметрам осуществлять колебательные движения, в отличие от боковых сторон и нижнего основания, неподверженных колебаниям. Возбуждающиеся акустические волны внутри контура устройства, распространяющиеся между колеблющимися стенками, образуют резонансные амплитудные пики.

Установка работает следующим образом. Камеру сглаживания пульсаций воздуха 4 подключают к сети генерации воздуха 1 через регулирующий вентиль 2. Изделия 9 помещаются в резонансную камеру 7 через выходной канал 6. Настройка установки на необходимый режим осуществляется посредством перемещения регулирующей заслонки 8 на размер  $C_1$  или  $C_2$  с последующей фиксацией заслонки 8. После этого осуществляют подачу воздуха в камеру сглаживания пульсаций воздуха 4 через регулирующий вентиль системы 2 от источника генерации воздуха 1. При этом в рабочую камеру 7 поступает заданный объем воздуха при соответствующем давлении, который контролируется при помощи манометра 3. Воздух, проходя через щелевое сопло 5 шириной 0,5–0,9 мм, образует давление и частоту звукового поля, которые обеспечивают вхождение в резонанс боковых стенок резонансной камеры 7.

Резонанс в установке воздействия возникает от следующих комбинаций действий [1]. Через щелевое сопло 5 часть воздуха уходит наружу, а часть воздуха нагнетается в полость резонансной камеры 7, что происходит за счет расщепления воздушного потока клиновидной частью регулирующей заслонки 8. Внутренний объем воздуха, находящегося в резонансной камере, зависит от положения регулирующей заслонки. При нагнетании в резонансную камеру воздуха давление в резонансной камере возрастает. Когда величина повышенного давления в камере превысит давление потока воздуха, поступающего из щелевого сопла, то повышенное давление заставляет воздух вытекать обратно из резонансной камеры. При выравнивании давлений внутри и снаружи воздух всё равно продолжит выходить наружу, поскольку поток воздуха, выходящий из резонансной камеры, обладает массой и скоростью, а значит, и кинетической энергией. Через некоторый промежуток времени воздух выйдет из резонансной камеры и при этом давление внутри резонансной камеры станет меньше, чем давление от воздушного потока, выходящего из щелевого сопла. Воздух снова устремится в резонансную камеру. Такие циклы будут повторяться неоднократно. При этом возникает явление резонанса Гельмгольца [2, 3] – стенки резонансной камеры под действием цикличности давления воздуха при совпадении частот колебаний воздуха в резонансной камере и снаружи камеры также начинают вибрировать с резонансной частотой. Так как внешняя сила воздуш-

ного потока, идущего от щелевого сопла наружу, возникает и исчезает с частотой, равной собственной частоте воздушного потока в полости резонансной камере, то явление резонанса будет постоянно.

Разработанная установка (рисунок 2) позволяет генерировать энергию за счет приведения волн звуковой частоты в резонансное состояние, что обеспечивает рекомбинацию разноимённых дефектов и восстановление узла кристаллической решётки, релаксацию структуры и аннигиляцию дислокаций.

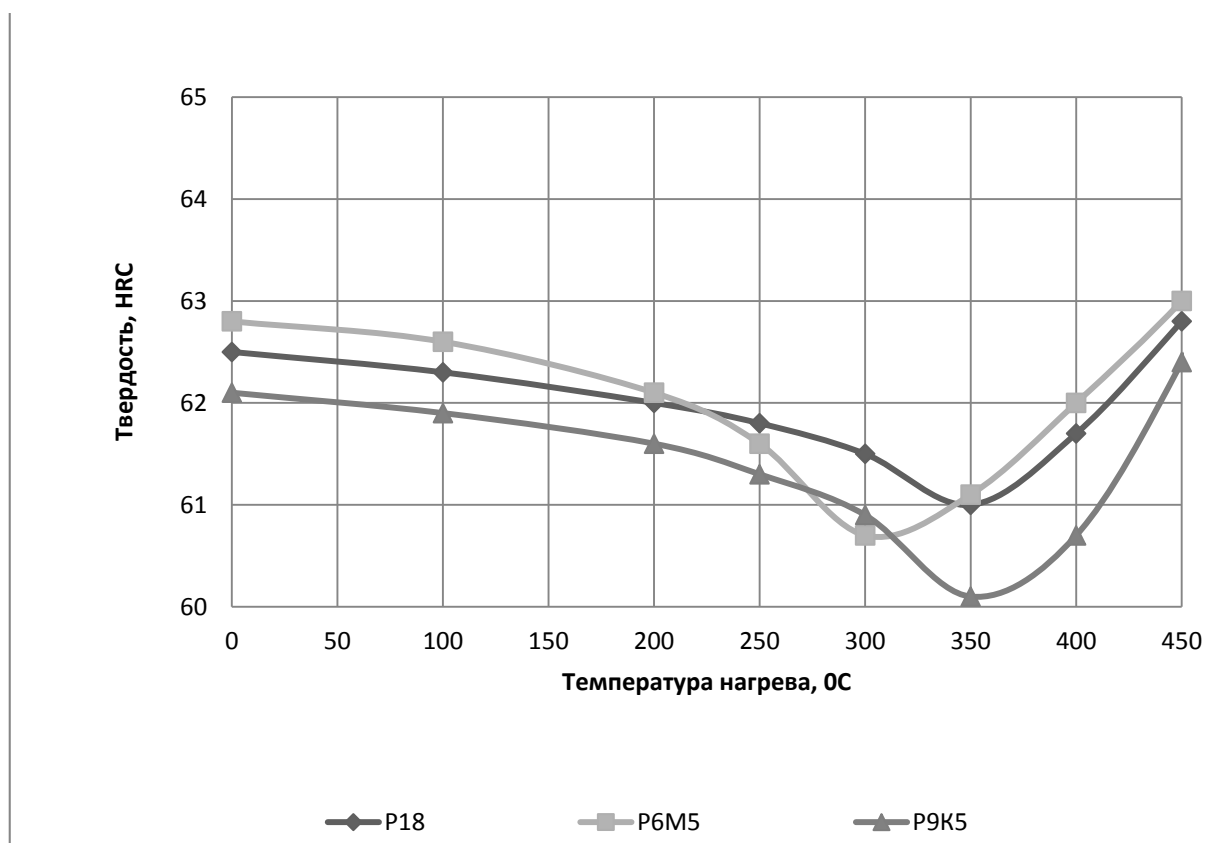


*Рисунок 2 — Установка для аэродинамического звукового воздействия*

Эффективность процесса аэродинамического звукового упрочнения реализуется через повышенный ресурс работы упрочненного инструмента. Осевой фрезерный инструмент, используемый при процессах прерывистого резания, должен обладать как можно высокой твердостью и ударной вязкостью.

Для запуска процесса аэродинамического звукового воздействия необходимо предварительно нагреть упрочняемое изделие до некоторой температуры. Причем, чем выше температура нагрева, тем более эффективнее будут происходить релаксационные изменения в изделии. Однако известно, что при нагреве быстрорежущих сталей происходит их структурный отпуск. В связи с чем необходимо установить такой режим температурного нагрева, при котором будут происходить максимальные релаксационные изменения в изделии, и одновременно изделие не потеряет свою исходную твердость. Такая температура соответствует нижнему порогу температуры хладноломкости [2, 4].

Аналитический расчет температуры хладноломкости весьма сложен. В связи с этим представляется целесообразным определить величину температуры хладноломкости экспериментальным образом для конкретных инструментальных материалов из быстрорежущих сталей. Экспериментальное определение температуры хладноломкости определялось путем нагрева различных образцов из быстрорежущих сталей в диапазоне температур 100–500 °С. После чего на твердомере ММП ИТМ определялась на каждом образце средняя величина твердости. Результаты исследований приведены на рисунке 3.



1 – P6M5, 2 – P18, 3 – P9K5

**Рисунок 3 – Влияние температуры нагрева на твердость быстрорежущих сталей**

Экспериментальные результаты исследований показывают, что температура хладноломкости для быстрорежущих сталей ориентировочно равна 280 °С. При таких температурах нагрева в быстрорежущих сталях будут происходить максимальные структурные релаксационные изменения и одновременно не произойдет снижение исходной твердости. Следовательно, при аэродинамическом звуковом воздействии на осевой фрезерный инструмент из быстрорежущих сталей необходимо осуществлять предварительный нагрев инструмента до температуры хладноломкости быстрорежущих сталей, равной 280 °С.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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.
2. Жигалов, А. Н. Теоретические и технологические основы аэродинамического звукового упрочнения твердосплавного инструмента для процессов прерывистого резания : дис. д-ра техн. наук : 05.02.07 / А. Н. Жигалов. – Минск, 2021. – 382 с.
3. Helmholtz, H. On the sensations of tone as a physiological basis for the theory of music / H. Helmholtz // London: Longmans, Green, and Co, – 2010. – P. 44.
4. Гуляев, А. П. Металловедение / А. П. Гуляев – Москва : Металлургия, 1986. – 544 с.