

УДК 621.73.006.3

ПУТИ СНИЖЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА КУЗНЕЧНЫХ МОЛОТОВ*

©Иванов Юрий Васильевич, канд. техн. наук

НПО «Средства охраны труда». Россия, г. Ижевск

e-mail: ivsot@mail.ru

Статья поступила 25.02.2009 г.

Рассмотрены вопросы оздоровления условий труда по шуму в кузнечных цехах. Приведены результаты исследований по созданию конструкций устройств снижения шума молотов в кузнечных цехах, как основного наиболее шумного оборудования. Для снижения аэродинамического шума, возникающего при смыкании штампов молота, предложены конструкции активных и пассивных шумоглушащих устройств. Приведены рекомендации по использованию предлагаемых мероприятий в кузнечных цехах.

Ключевые слова: кузнечный молот; снижение шума; акустический экран; безопасность условий труда.

В среде металлургических машин значительную часть составляет кузнечно-прессовое оборудование, обеспечивая основную загрузку заготовительного производства в машиностроении. В современных условиях предъявляются высокие требования к конкурентоспособности и промышленной безопасности кузнечных машин. Работа существующего оборудования сопровождается технологическими шумами и вибрацией, действующий уровень которых нередко превышает установленные санитарные нормы, что негативно отражается на состоянии здоровья персонала и препятствует привлечению новых кадров.

Из металлургических машин наибольшую виброакустическую активность проявляют кузнечные молоты и особенно – штамповочные молоты, при ударе генерирующие импульсный шум с максимальным уровнем 120–140 дБ. В структуре шумов молота присутствуют составляющие механических шумов от соударения базовых деталей машины, а также аэродинамические шумы от воздействия воздушной струи при ударе штампов.

По результатам анализа и экспериментальных исследований установлено, что максимальный шум возникает раньше, чем произошло смыкание штампов при «жестких» ударах молота. Скорость перемещения акустического возмущения оказывается больше, чем скорость звука в среде, в которой распространяется акустическая волна, вызванная движениями частей молота, или акустическое возмущение среды возникает раньше, чем произошел технологический удар от соударения штампов. В момент удара воздушный хлопок из межштампового пространства создает скачок давления, воспринимаемый, как ударная волна. Шум, создаваемый волной сжатого воздуха, кратковременный, однако его интенсивность достигает 140 дБ. Указанное явление является самостоятельным дополнительным источником генерации шума штамповочного молота.

Аналогичный результат зафиксирован в работе [1], где отмечено, что вытекающий из межштампового объема сжатый воздух на расстоянии 0,5 м от молота создает звуковое давление до 160 дБ. Импульсный

шум такой интенсивности оказывает болевое воздействие на персонал, обслуживающий молот.

Мероприятия для снижения механических шумов известны [2] и широко применяются в промышленности для защиты персонала кузнечных цехов. Реализация технических решений сводится к уменьшению скоростей соударения сопрягаемых деталей путем использования звукопоглощающих покрытий и кожухов.

При разработке мер по снижению аэродинамических шумов следует учитывать тот факт, что источником данных шумов является турбулентное движение импульсной газовой струи. При проектировании устройств, снижающих шум, следует использовать теорию поведения газовых струй и знать форму, размеры струи, а также изменение ее параметров по длине и поперечному сечению.

Для уменьшения аэродинамического шума необходимые технические решения следует реализовывать по двум направлениям: активное и пассивное глушение шума. Активное глушение шума реализуется в устройствах, воздействующих на воздушную струю, снижающих ее скорость при сближении штампов. Конструктивно данное техническое решение может быть реализовано в виде дополнительных замкнутых канавок, выполненных на свободной от гравюры поверхности зеркала половин штампа (рис. 1). При смыкании половин штампов канавки образуют систему замкнутых каналов. При этом воздушный поток распределяется по этим каналам, за счет внезапных расширений и создания встречных потоков скорость движения струи уменьшается, соответственно снижается аэродинамический шум. Объем канавок должен быть достаточным для того, чтобы давление оставшегося в межштамповом пространстве воздуха, даже после смыкания полостей половин штампа, увеличивалось незначительно по сравнению с давлением окружающей среды.

Устройства пассивного снижения шума, не воздействуя на источник, генерирующий шум, ограничивают распространение звука в изолированной области. К ним относятся экраны (рис. 2), турбулизаторы, сетки, установленные вокруг зоны сопряжения штампов под определенным углом к плоскости разреза и на расстоянии не большем, чем длина участка струи, генери-

*В работе принимала участие Р.А.Крамаренко.

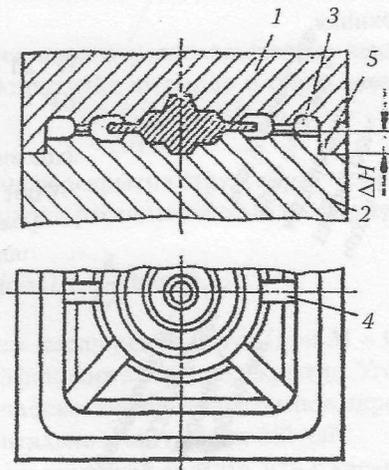


Рис. 1. Конструкция штампа с профилированной гравюрой:
1, 2 – верхняя и нижняя половины штампа соответственно;
3, 4 – дополнительные канавки на гравюре штампа;
5 – возможный дополнительный выступ на гравюре штампа

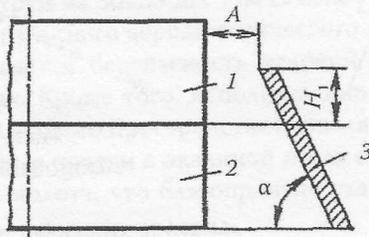


Рис. 2. Схема установки акустического экрана перед зоной смыкания штампов:
1 – верхняя и 2 – нижняя половины штампа; 3 – экран

рующей шум [3]. В противном случае их акустическая эффективность уменьшается.

При проектировании устройства необходимо определить объем канавок W_k и высоту H_1 перекрытия экраном плоскости разреза штампов. Форма, размеры и расположение канавок определяются конструкцией и прочностными характеристиками штампа. Канавки могут располагаться на поверхности зеркала штампа, свободной от гравюры, как по периметру, так и радиально. Общий объем канавок, необходимый для эффективного снижения аэродинамического шума, можно определить по формуле

$$W_k = S_{ш} \Delta H, \quad (1)$$

где $S_{ш}$ – площадь зеркала штампа; ΔH – высота зазора между половинами штампа, с которой начинается устойчивое истечение воздушной струи, со скоростью 35 м/с. Начальную относительную скорость воздушной струи выбирают равной примерно 0,1 (число Маха M – отношение скорости воздушной струи к скорости звука в воздухе), так как при этой скорости звуковая мощность струи не превышает 100 дБ. Величина зазора ΔH определяется из уравнения сохранения энергии, приведенного к виду

$$\frac{dp}{dt} = -\frac{G_c kRT}{W} - k \frac{p}{W} \frac{dW}{dt},$$

при условии $p \frac{dW}{dt} \geq G_c RT, \quad (2)$

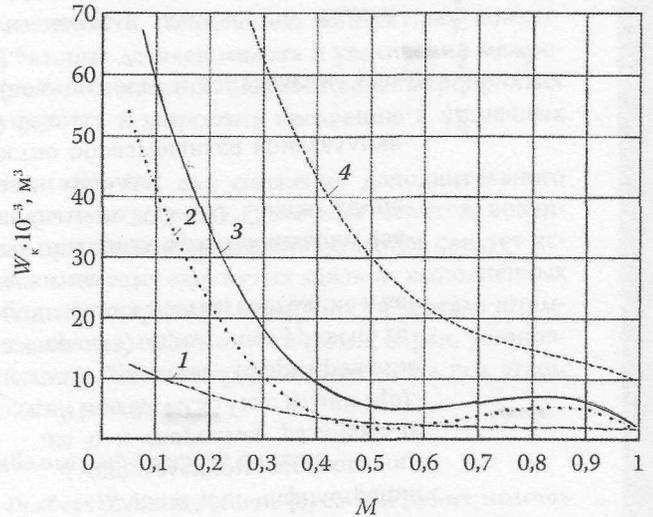


Рис. 3. Зависимость объема канавок на гравюре штампов от числа Маха для молотов различных размеров:
1 – 2 т, 2 – 5 т, 3 – 10 т, 4 – 25 т

где p – давление потока в межштамповом объеме; W – текущий объем межштампового пространства; G_c – суммарный секундный расход воздуха, истекающего из межштампового объема; R – газовая постоянная воздуха; T – температура воздуха в межштамповом объеме.

Расчеты выполнены для штампов молотов различных размеров (рис. 3) и позволяют определить необходимый объем канавок в зависимости от площади зеркала штампов. Зависимость величины зазора ΔH от площади зеркала штампа $S_{ш}$ аппроксимирована кубическим полиномом (рис. 4) и позволяет выбрать необходимую величину зазора в соответствии с площадью штампа.

При конструировании акустического экрана (см. рис. 2) его целесообразно располагать на расстоянии $A \leq (5+6)\Delta H$ от боковой поверхности штампа под углом α .

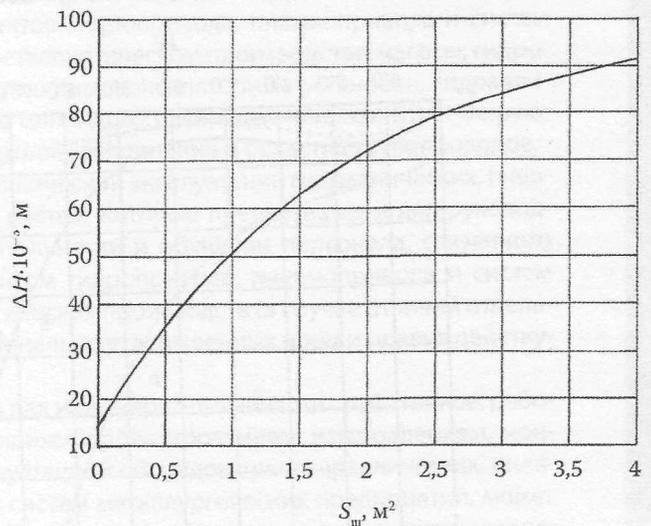


Рис. 4. Зависимость межштампового зазора от площади штампов

Верхняя кромка экрана располагается на высоте H_1 над плоскостью разреза штампов и определяется по формуле

$$H_1 = \Delta H \cdot k, \quad (3)$$

где k – коэффициент перекрытия струи, характеризующий геометрию струи и рассчитываемый по формуле:

$$k = (1 + \frac{A}{\Delta H} \operatorname{tg} \alpha_1) k_1, \quad (4)$$

где $\alpha_1 = 8^\circ 15'$ – угол расширения струи (при $M = 0,7$); $k_1 = 1,5 \div 2,0$ – коэффициент запаса перекрытия. Угол α наклона экрана к плоскости разреза штампов определяется экспериментально и составляет $30^\circ - 60^\circ$.

Из приведенных графиков следует, что с увеличением размера зеркала штампа увеличиваются необходимый объем канавок и высота перекрытия экрана. Комплексное применение указанных мероприятий позволяет снизить акустическую мощность импульсной воздушной струи на 30–35 дБ, тем самым уменьшить уровень импульсного аэродинамического шума. При этом повышается безопасность условий труда на рабочих местах. Кроме того, использование экранов зоны межштампового пространства позволяет направлять воздушные потоки с окалиной мимо стыков стоек с шаботом молота, что благоприятно скажется

на долговечности сопрягаемых контактных поверхностей базовых деталей молота и увеличении межремонтного цикла машины. Разработанные мероприятия рекомендуются к широкому внедрению в кузнечных цехах.

Таким образом, для снижения дополнительного аэродинамического шума кузнечных молотов, возникающего при смыкании половин штампов, следует использовать систему замкнутых канавок, выполненных на свободной от гравюры поверхности зеркала штампов, а также применять акустический экран, установленный вокруг зоны сопряжения штампов под углом к плоскости разреза.

Библиографический список

1. Гумберт Г. Исследование шума при работе молотов и мероприятия по его снижению // Экспресс-информация «Технология и оборудование кузнечно-штамповочного производства». – М.: ВИНТИ, 1982. – № 14. – С. 1–27.
2. Заборов В.И., Клячко Л.Н., Росин Г.С. Защита от шума и вибрации в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1988. – 216 с.
3. Мунин А.Г., Кузнецов В.М., Леонтьев Е.А. Аэродинамические источники шума. – М.: Машиностроение, 1981. – 248 с.