

УДК 621.972

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТКА. Ч. 3. ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ПОВЕРХНОСТИ

А.Н. Глазов

Томский политехнический университет

E-mail: zvm@tpu.ru

По результатам экспериментальных исследований построены графики распределения температуры по образующей корпуса для определенных моментов времени при резании стальной полосы и плиты, чугунной плиты. Представлен пример картины температурного поля поверхности пневматического молотка М-6. На основе полученного материала проведен анализ теплового состояния молотка.

Ключевые слова:

Рубильный ручной пневматический молоток, экспериментальное исследование, термопара, температурное поле, поверхность, резание, сталь, чугун.

Температурное поле поверхности – это совокупность значений температуры во всех точках поверхности молотка для каждого момента времени. Изменение температуры, как в пространстве, так и по времени характеризует процесс передачи тепла теплопроводностью. Потoki тепла находятся в строгом соответствии с распределением температуры по поверхности молотка. В первой части данной работы [1] установлено, что температура воздуха в цилиндре изменяется по его длине и по времени. Во второй части статьи [2] выявлены источники тепла и показаны основные закономерности изменения температуры поверхности корпуса молотка по времени. Основной целью настоящей части работы является установление закономерностей пространственно-временного распределения температуры по поверхности корпуса молотка.

По измеренным значениям температуры в точках спаев термопар на образующей и тыльной части рубильного молотка М-6 строились зависимости изменения температуры поверхности от длины корпуса для различных случаев рубки металлов и разного исходного теплового состояния. Схема расположения спаев термопар и методика исследований даны в первой части статьи [1]. Такие графики дают представление о характере процесса передачи теплоты теплопроводностью в молотке и позволяют проследить как изменяются градиент температуры и плотность теплового потока вдоль корпуса для определенного момента работы устройства. Остановимся на основных закономерностях температурного поля поверхности молотка М-6.

При резании стальной полосы (рис. 1) практически через 10 с начинается нагрев верхней (точки 6–8) и более интенсивно нижней (точки 1–3) частей корпуса. В средней части поверхность охлаждается на 0,8 °С за 40 с (точка 4) и в точке 5 на 0,5 °С до 70 с работы, а затем температура поверхности в районе точки 4 немного повышается. Наименьшие изменения во времени наблюдаются в районе точки 5, а наибольшие – в точке 1.

При увеличении ширины и глубины резания стали (рис. 2) значительно заметнее нагревается передняя часть ствола. Если исходные значения

температуры поверхности к началу рубки выше, то наиболее заметно это отражается на передней и средней частях ствола.

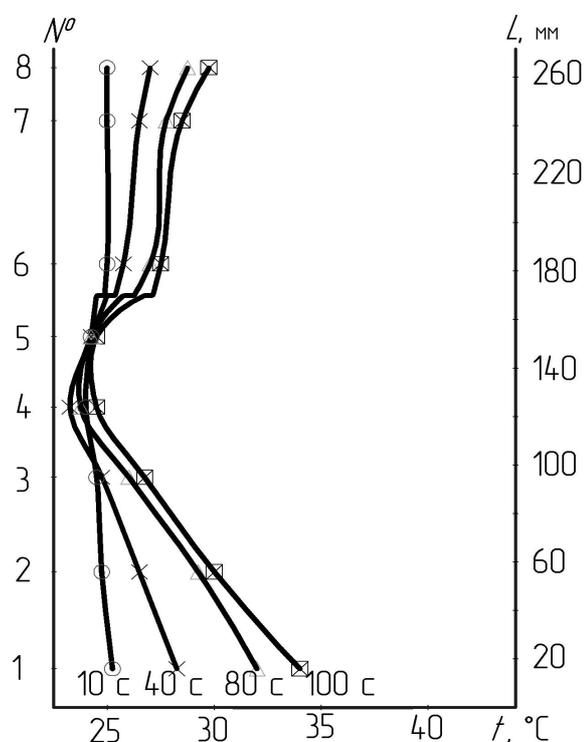


Рис. 1. Распределение температуры по образующей корпуса в определенный момент времени при рубке стальной полосы, где № – номер точки спаев термопары

Для сопоставления приведены зависимости для рубки по чугунной плите (рис. 3). Характер распределения температуры в принципе тот же, что и в предыдущих случаях, а некоторое отличие заключается в значениях температуры поверхности, особенно передней части ствола.

Необходимым условием распространения теплоты является неравномерность распределения температуры по поверхности. Из вышеприведенных примеров следует, что происходит передача тепла теплопроводностью вдоль молотка, так как наблюдается неравенство нулю температурного гра-

диента вдоль образующей поверхности. Общим для различных случаев рубки является то, что наибольший градиент температуры наблюдается в передней части ствола и он тем больше, чем выше исходная температура поверхности (рис. 2).

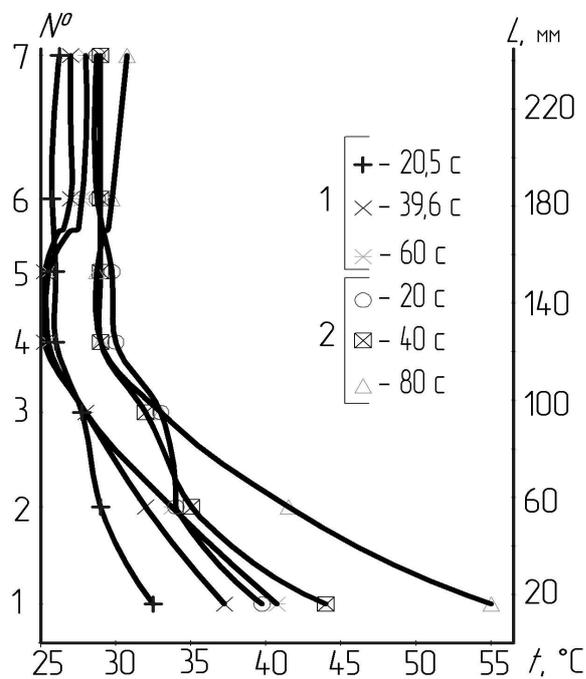


Рис. 2. Распределение температуры по образующей корпуса во время рубки стальной плиты при исходной температуре в точках от 1 до 7: 1) от 29,2 до 25,6 °С; 2) от 36 до 28,5 °С

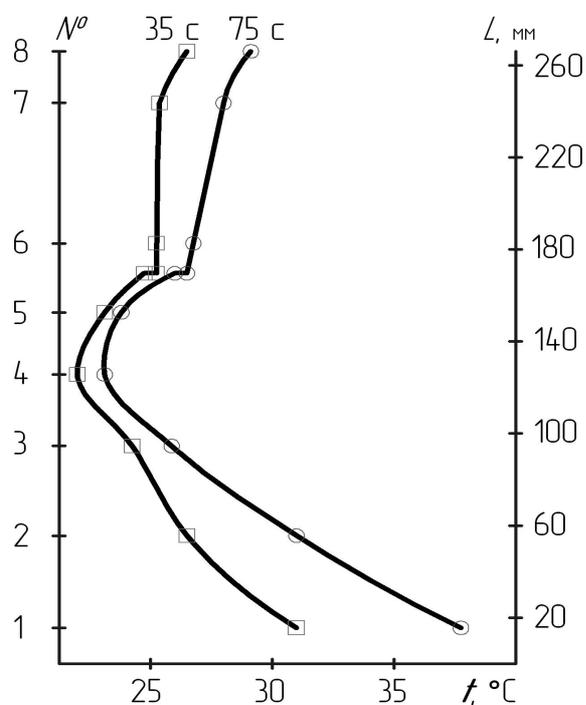


Рис. 3. Распределение температуры по образующей корпуса при рубке чугуновой плиты

Из сопоставления зависимостей температуры по пространству (рис. 4), полученных для резания

стальной полосы и плиты, чугуновой плиты, видно, как влияют режимы резания и энергоёмкость на распределение температуры. При изменении режимов резания и материалов разница температур поверхности верхней части на участке 7–8 находится в пределах 1 °С. Наиболее значительно энергоёмкость процесса рубки сказывается на температуре передней от зубила части ствола. Чем больше энергоёмкость процесса обработки материалов, тем выше температура передней части ствола и больше температурный градиент.

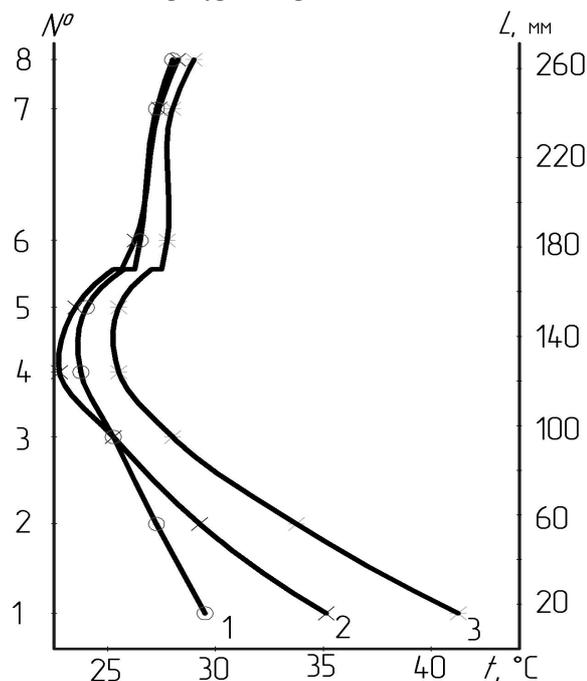


Рис. 4. Распределение температуры по образующей корпуса через 60 с рубки: 1) стальной полосы; 2) чугуновой плиты; 3) стальной плиты

Как известно, процесс распределения тепла определяется свойствами температурного поля. Для представления температурного поля на развертке внешней поверхности корпуса молотка наносилась совокупность значений температуры в характерных точках образующих корпуса и вокруг выхлопного окна для определенного момента времени работы. На рис. 5 представлен пример температурного поля поверхности молотка при рубке по чугуну через 60 с работы. На развертке проведены линии равной температуры, т. е. изотермы. Ортогонально изотермам проходят линии теплового потока. Ввиду симметрии ствола в его верхней и нижней частях изотермы перпендикулярны его оси. В зоне выхлопных окон температурное поле имеет более сложный характер.

В процессе работы задняя и передняя части ствола нагреваются, а средняя часть охлаждается. Темп и продолжительность изменения температуры поверхности молотка в общем случае зависит от энергоёмкости процесса резания, температуры сжатого воздуха, исходного теплового состояния ствола и длительности работы. Наиболее быстро стабилизируется температура средней части ствола.

Стационарного режима теплового состояния в зоне буксы не наблюдается.

Изменение теплового состояния задней части ствола объясняется периодическим сжатием воздуха в рабочей камере. У молотков, имеющих более высокую степень сжатия и максимальную и среднюю температуру воздуха в камере, как например, в молотках серии КЕ, следует ожидать и большего нагрева задней части корпуса в сравнении с М-6. Передняя часть ствола нагревается в основном в результате взаимодействия деталей импульсной системы. Поперечные сечения ствола в его средней части имеют пониженную температуру, т. к. это зона низких температур воздуха в цилиндре, а через выхлопные окна с большой скоростью, расширяясь, истекает низкотемпературный воздух.

Изменение теплового состояния молотка после его включения может приводить к изменению заложенного конструктивного зазора в поршневой паре. Видимо, охлаждение зоны выхлопных окон может являться одной из причин того, что, как известно [3], наибольший износ зеркала цилиндра наблюдается около выхлопного окна.

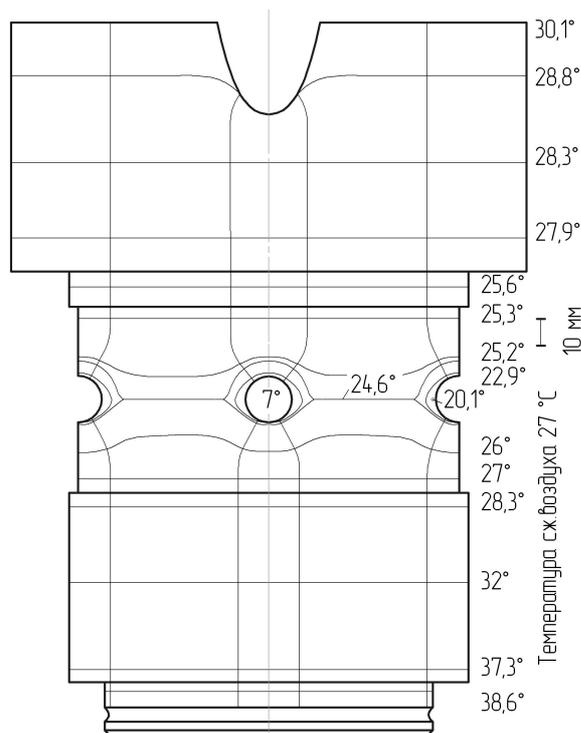


Рис. 5. Температурное поле поверхности корпуса молотка М-6

Тепловые потоки по поверхности ствола направлены в сторону зоны выхлопных окон, где фиксируются самые низкие температуры. Если в задней и передней частях ствола линии тока направлены вдоль оси ствола, то в средней части линии тока и изотермы имеют более сложный характер. Причем, пояснок вокруг выхлопного окна охлаждается несимметрично. В приведенном примере (рис. 5) температура точек поверхности, отстоящих на 1 мм от выхлопного окна, распределяется следующим образом: сверху – 22,9 °С, сбоку – 20,1 °С, снизу – 25,2 °С.

Средняя температура истекающего воздуха на срезе выхлопного окна в начале работы молотка составляла 3,5...4,5 °С, а после 7,5 с работы возрастает примерно до 6 °С. В процессе работы молотка температура воздуха на выхлопе волнообразно изменяется и постепенно некоторое время нарастает.

Температурное поле поверхности задней и передней частей молотка одномерное, а в средней части – двухмерное, и его запись имеет вид [4]:

$$t=f(x,y,\tau),$$

где x – координата точки вдоль оси молотка; y – координата точки в плоскости, перпендикулярной оси ствола; τ – время работы молотка.

Заключение

На поверхности крайних сечений корпуса молотка наблюдаются самые высокие температуры, а средняя часть корпуса имеет температуру ниже температуры сжатого воздуха. Зависимость температуры поверхности от длины корпуса не прямолинейна.

Темп и продолжительность изменения температуры поверхности в общем случае зависит от энергоемкости процесса обработки материала, исходного теплового состояния, длительности работы и температуры сжатого воздуха.

Исходные значения температур наиболее заметно отражаются на изменении температур передней и средней частей корпуса. Температурный градиент передней части тем больше, чем выше исходная температура.

Изменение условий работы и энергоемкости процессов резания наиболее значительно сказываются на изменении и значении температуры поверхности передней части ствола. Чем больше энергоемкость процесса обработки изделий, тем выше температурный градиент и температура поверхности передней от инструмента зоны ствола.

Для изучения пространственно-временного изменения температуры предложено наносить совокупность значений температур на развертке поверхности корпуса молотка с изображением изотерм и линий теплового потока.

Температурное поле поверхности задней и средней частей одномерное, а в зоне около выхлопных окон – двухмерное. Наблюдается передача тепла теплопроводностью вдоль молотка, т. к. температурный градиент не равен нулю. Тепловые потоки по поверхности корпуса направлены в сторону средней части и зоны выхлопных окон. В зоне выхлопных окон изотермы и линии теплового потока имеют сложный характер.

Верхняя часть корпуса нагревается благодаря теплообмену с рабочей камерой. Особенно значительно нагревается передняя часть в результате взаимодействия элементов импульсной системы. Поперечные сечения средней части имеют пониженную температуру, т. к. эта зона пониженных температур в цилиндре. Поясок вокруг выхлопного окна охлаждается несимметрично.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 1. Методика исследования и рабочие процессы // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 2. – С. 42–44.
2. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 2. Изменение температуры поверхности по времени // Известия Томского политехнического университета. – 2008. – Т. 313. – № 2. – С. 45–47.
3. Бегагоен Н.А., Дядюра А.Г., Бажал А.И. Бурильные машины. – М.: Недра, 1972. – 368 с.
4. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. – М.: Мир, 1981. – 417 с.

Поступила 24.09.2008 г.

УДК 621.972

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТКА. Ч. 4. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СЖАТОГО ВОЗДУХА

А.Н. Глазов

Томский политехнический университет
E-mail: zvm@tpu.ru

Получены зависимости изменения температуры по времени в характерных точках поверхности корпуса и показано распределение температуры вдоль молотка для различной температуры сжатого воздуха. Приведен пример картины температурного поля поверхности пневматического молотка М-6. Показано, что температура воздуха на выхлопе находится в прямой зависимости от температуры сжатого воздуха. Исследовано температурное поле поверхности и получены зависимости температуры рукояток молотков М-5, М-6 и КЕ-22 от температуры сжатого воздуха. Содержатся сведения и рекомендации к гигиенической оценке и организации процессов работы.

Ключевые слова:

Рубильный ручной пневматический молоток, экспериментальное исследование, методика, термопара, температурное поле, поверхность, влияние температуры сжатого воздуха, резание, сталь, чугун.

В первой части статьи [1] освещены методика исследований и результаты изучения рабочих процессов в камерах, во второй части [2] установлены закономерности изменения температуры по времени в характерных точках поверхности, а в третьей части работы [3] приведены результаты исследований распределения температуры по поверхности корпуса молотка рубильного М-6 для определенных моментов времени при работе на сжатом воздухе с температурой 20...27 °С.

Температура сжатого воздуха перед пневматическим оборудованием имеет различную величину в зависимости от климатических условий, области применения машин, расстояния от компрессорной станции, эффективности работы конечного холодильника и др. Одним из возможных мероприятий по экономии энергии является подогрев сжатого воздуха перед пневматическим оборудованием с использованием для этой цели вторичных энергоресурсов [4]. При подогреве сжатого воздуха существенно возрастают энергетические параметры и снижается расход воздуха пневматических молотков серии М [5]. Кроме этого, к мерам, обеспечивающим безопасные условия труда, относится подогрев рукояток пневматических инструментов для достижения регламентируемых значений их температуры за счет нагрева сжатого воздуха [6].

Исходя из вышеизложенного, необходимо оценить распределение температур по поверхности молотка и на выхлопе при нагреве сжатого воздуха. Изучение теплового состояния молотка и закономерностей его изменения будет способствовать правильной организации режима труда и выработки гигиенических требований.

Исследовалось температурное поле поверхности молотка М-6 в процессе резания зубилом по чугунной плите при подогреве сжатого воздуха. Остановимся на основных закономерностях теплового состояния молотка по результатам некоторых экспериментов.

При работе на горячем воздухе (рис. 1) так же, как и на нормальном, происходит изменение температуры по времени во всех точках образующей корпуса, схема расположения которых дана в первой части статьи [1]. Поскольку молоток был нагрет от предыдущей рубки, то наблюдается период инерционности в изменении температур в большинстве точек поверхности, т. е. продолжается снижение температуры. Через 40 с работы температурное поле средней части ствола (точки 4 и 5) практически стационарно.

В сравнении с рубкой при нормальной температуре энергоносителя [2. Рис. 3] поверхность задней от зубила части корпуса молотка в процессе работы нагревается более значительно благодаря теплооб-