

УДК 621.972

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО МОЛОТКА. Ч. 2. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ПО ВРЕМЕНИ

А.Н. Глазов

Томский политехнический университет

E-mail: zvm@tpu.ru

Представлены результаты экспериментального исследования изменения температуры поверхности рубильного пневматического молотка М-6 по времени при рубке в различных режимах стальной полосы и плиты, чугуновой плиты.

Ключевые слова:

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

Передача тепла характеризуется изменением температуры поверхности по времени и в пространстве. Процесс теплопроводности, как и другие виды теплообмена, может иметь место только при условии, что в различных точках молотка температура неодинакова. В первой части данной работы [1] было установлено, что температура воздуха в цилиндре меняется по времени и по пространству, а ее максимальное и среднее значение существенно выше температур сжатого воздуха и окружающей среды кроме зоны выхлопных окон. Задачей этой части работы является исследование температурного поля поверхности молотка в зависимости от времени работы при обработке стали и серого чугуна.

Исследовалось с учетом рекомендаций [2–4] изменение температуры по времени в характерных точках образующей и тыльной части корпуса [1, рис. 2] при различных режимах рубки материалов и разном исходном тепловом состоянии рубильного молотка М-6. Экспериментальные графики строились в координатах температура поверхности – время работы молотка. Причем на оси ординат откладывались значения начальной до работы температуры в точках поверхности корпуса. Остановимся на закономерностях изменения теплового состояния молотка, используя данные ряда экспериментов.

При резании стальной полосы (рис. 1) в начальный период работы молотка наблюдается некоторая инерционность в изменении температуры. И она, в основном, тем длительнее, чем слабее источник тепла. В дальнейшем происходит плавный рост температуры в передней от зубила части ствола (точки 1–3) и в задней части корпуса (точки 6–8). Причем, интенсивность нагрева задней части корпуса уменьшается, начиная с 60 с работы молотка. Средняя часть поверхности ствола (точки 4, 5) имеет практически неизменную температуру, которая ниже температур сжатого воздуха и атмосферного воздуха.

Температура в точках 6–8 задней части молотка повышается вследствие теплообмена с камерой прямого хода, где температура выше. Средняя

часть ствола самая холодная, т. к. внутри этой части цилиндра температура расширяющегося воздуха постоянно ниже температур сжатого воздуха и окружающей среды. Передняя часть молотка нагревается в основном из-за диссипации энергии при взаимодействии зубила с обрабатываемым материалом и буксой молотка.

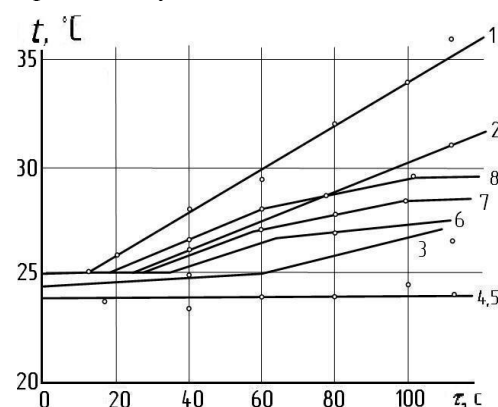


Рис. 1. Изменение температуры в точках поверхности молотка М-6 при обработке стальной полосы шириной 10 мм и глубине резания 4 мм, $t_{сж} = 26,5$ °C, $t_{атм} = 24$ °C

При резании по стальной плите (рис. 2) исходные температуры точек поверхности различны и выше температур сжатого воздуха и окружающей среды. Поэтому в начальный период работы в точках 2–7 сказывается инерционность процессов теплопроводности. Затем задняя часть постепенно нагревается, средняя часть охлаждается (точки 4, 5), а передняя часть в районе точек 1 и 2 интенсивно нагревается.

На рис. 3 показан фрагмент графика изменения температуры при обработке чугуновой плиты. Наблюдается в той или иной степени повышение температуры во всех точках образующей корпуса молотка, но температура в точках 4 и 5 остается ниже температуры сжатого воздуха.

Общим для приведенных выше случаев рубки является рост температуры передней и задней частей, а также то, что температура в районе точек 4 и 5 меньше, чем температура сжатого воздуха. Интенсивность нагрева корпуса больше в тех сече-

ниях, которые ближе к основным источникам тепловыделения, поэтому самая большая скорость роста и величина температуры наблюдается в точках 1, 2 и 8, а уже затем в других точках. Температура передней части ствола в районе точек 1 и 2 находится практически в прямой зависимости от времени рубки металла в представленном диапазоне времени (рис. 1–3).

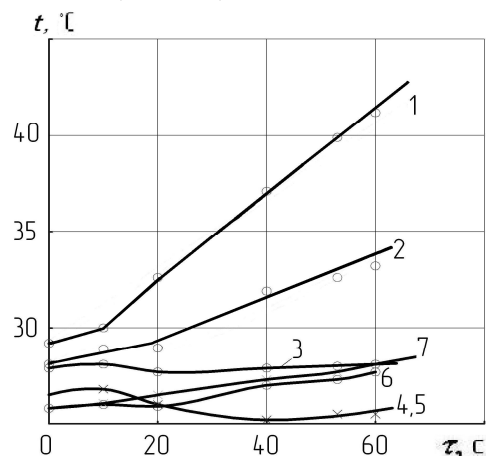


Рис. 2. Изменение температуры в точках поверхности молотка при резании глубиной 2–5 мм и шириной 31 мм по стальной плите, $t_{\text{ок}}=24\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{\text{ам}}=24\text{ }^{\circ}\text{C}$

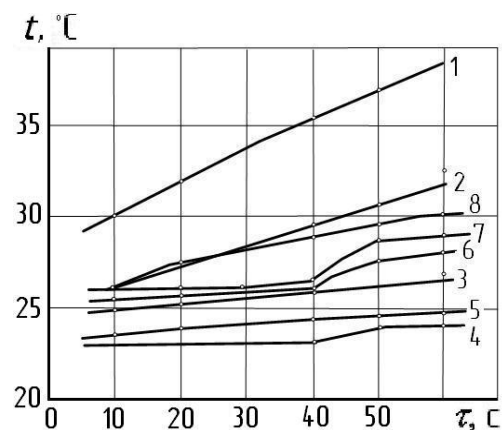


Рис. 3. Изменение температуры в точках поверхности молотка при обработке чугунной плиты с большой глубиной резания, $t_{\text{ок}}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Интенсивность роста температуры передней от зубила части тем выше, чем тяжелее режимы и больше энергоёмкость процесса рубки (рис. 4). Например, скорость нагрева молотка в районе точки 1 при резании по стальной плите выше (прямые 6 и 7), чем при обработке стальной полосы и чугунной плиты с довольно большой глубиной резания, но ниже, чем при рубке в упор по чугунной плите (зависимость 4) в рассмотренном временном диапазоне. Более высокая скорость роста температуры при резании по стальной плите (прямые 6 и 7), чем по чугуну (зависимости 1–3), объясняется более высокими механическими характеристиками стали в сравнении с чугуном.

Высокая интенсивность нагрева передней части ствола до 90 с работы при рубке в упор (зависимость 4) объясняется тем, что из-за высокой скорости отскока ударника и отдачи молотка работа происходила при большем усилии нажатия, чем при предыдущих экспериментах (рис. 4, зависимости 1–3, 5–7). Рост усилия нажатия сопровождается увеличением мощности и тепловыделения. Рассмотренные закономерности характерны и для поверхности ствола в районе точки 2, например, интенсивность роста температуры за 40 с работы после переходного периода составляет: по стальной полосе (рис. 1) – $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$, по стальной плите (рис. 2) – $4,84\text{ }^{\circ}\text{C}$, по чугуну – $4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рис. 3).

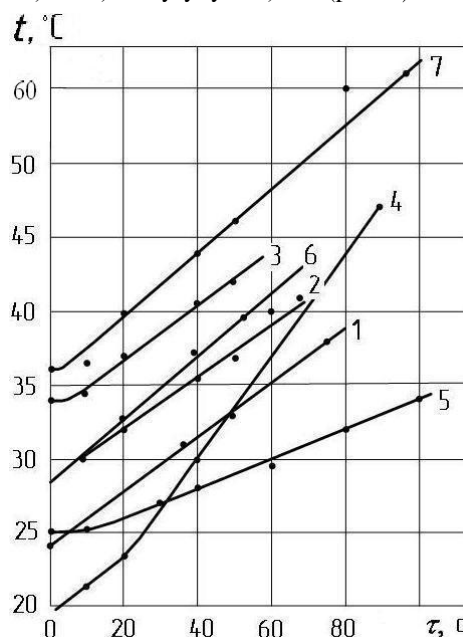


Рис. 4. Изменение температуры в точке 1 ствола при обработке: 1–3) по чугунной плите при разной исходной температуре; 4) в упор по чугунной плите; 5) по стальной полосе шириной 10 мм и глубине резания 4 мм; 6, 7) по стальной плите, ширина резания 31 мм и глубина до 5 мм

На рис. 5 показаны закономерности изменения температур характерных точек поверхности ствола для наиболее энергоёмкого из разобранных выше случаев, а именно, для работы зубилом перпендикулярно чугунной плите. Волнистость и ступенчатость в графиках после 40 с, особенно для точки 1, объясняется некоторой нестабильностью работы молотка в основном из-за непостоянства величины усилия ручного нажатия. В точках 2–6 стационарный режим теплового состояния наступил после 150 с рубки. Понятно, что если бы начальная температура поверхности молотка была бы выше, то и постоянство температур наступило бы раньше, как, например, на рис. 1–3.

Можно отметить, что при длительной непрерывной работе молотка наблюдается снижение интенсивности нагрева передней части ствола в районе буквы, что видно из зависимости 1 (рис. 5).

Рубильно-клепальные молотки работают в повторно-кратковременном режиме. Поэтому исходное тепловое состояние молотка может быть различным, а температура по поверхности неодинакова. После остановки молотка температура средней части ствола некоторое время повышается за счет притока тепла со стороны буксы и отчасти со стороны задней части корпуса. В этом случае, при запуске молотка температура средней части сначала снижается, а затем стабилизируется (рис. 2, 6). При повышенной исходной температуре в точках поверхности в начальный период работы молотка происходит снижение температуры, т. е. наблюдается переходный период (рис. 6).

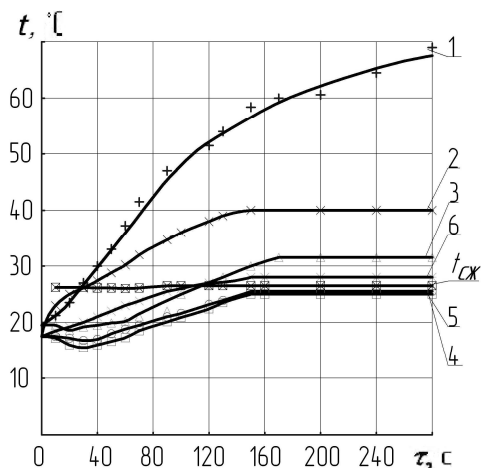


Рис. 5. Изменение температуры в точках поверхности корпуса при рубке по чугунной плите в упор, $t_{сж}=26,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{ам}=20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

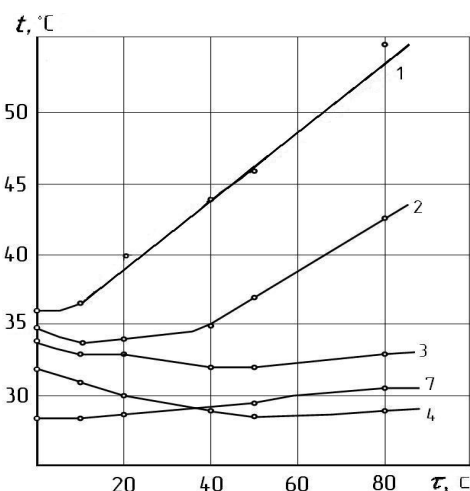


Рис. 6. Изменение температуры в точках поверхности молотка при обработке стальной плиты $t_{сж}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Повышенная начальная температура в районе точки 1 приводит к большему нагреву передней части за сравниваемый период времени без заметного изменения интенсивности роста температуры, что видно из сопоставления зависимостей 1, 2, 3 или 6 и 7 (рис. 4). Как видно из рис. 6 после значительного переходного периода более 35 с работы скорость роста температуры в точке 2 существенно выше, чем при меньшей исходной температуре поверхности, что следует из сопоставления рис. 6 и 2.

Из результатов исследований (рис. 1–3) следует, что наиболее быстро стабилизируется температура поверхности в средней части ствола, т. е. в точках 4 и 5. Квазистационарное тепловое состояние средней и задней частей корпуса молотка наступает тем раньше, чем ближе значения исходной и конечной температур поверхности. Постоянства температуры поверхности в районе буксы в экспериментах не наблюдалось вне зависимости от начального теплового состояния ствола.

Заключение

Установлены фактические значения и закономерности изменения температуры по времени в точках образующей поверхности корпуса молотка М-6. В начальный период работы наблюдается инерционность изменения температуры в точках поверхности и тем длительнее, чем слабее и дальше находится основной источник тепла. Нагреваются передняя и задняя от инструмента части корпуса. Самая большая скорость роста и величина температуры внизу корпуса, т. к. здесь находится основной источник тепла.

Температура передней части находится практически в прямой зависимости от времени в исследованном диапазоне времени работы. Скорость роста температуры передней части тем выше, чем больше энергоемкость процесса обработки материала. При длительной работе возможно снижение интенсивности нагрева передней части ствола. При повышенной исходной температуре поверхности в районе буксы происходит больший нагрев передней части без заметного изменения интенсивности роста температуры.

Температура средней части корпуса молотка ниже температуры сжатого воздуха и она наиболее быстро устанавливается. Квазистационарное тепловое состояние средней и задней частей корпуса наступает тем раньше, чем ближе значения исходной и конечной температур поверхности. Постоянства температуры поверхности в районе буксы не наблюдалось.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазов А.Н. Исследование температурного поля пневматического молотка. Ч. 1. Методика исследования и рабочие процессы // Известия Томского политехнического университета. – 2009. – Т. 313. – № 2. – С. 42–44.
2. Чистяков В.С. Краткий справочник по теплотехническим измерениям. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.

3. Линевег Ф. Измерение температур в технике: справочник: пер. с нем. – М.: Металлургия, 1980. – 534 с.
4. Измерение нестационарных температур и тепловых потоков: пер. с англ. / Под ред. А.Н. Гордова. – М.: Мир, 1966. – 304 с.

Поступила 25.06.2008 г.