

А.В.Моисеев, канд.техн.наук,
Л.М.Двоскин, канд.техн.наук, Л.Г.Соболев

УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РЕЗАНИИ ДРЕВЕСИНЫ

Тепловая энергия, выделяющаяся при резании, распределяется между инструментом, стружкой, обрабатываемой деталью и окружающей средой, т.е.

$$Q_o = Q_{и} + Q_c + Q_d + Q_{oc}. \quad (1)$$

Одна из задач теплофизики резания - это определение теплового баланса процесса резания. Решение этой задачи проводится экспериментальным путем и теоретически.

В работе описывается установка для экспериментального исследования теплового баланса при резании древесины и материалов на ее основе, которая изготовлена на базе сверлильно-пазовального станка СВП-2. Ее кинематическая схема представлена на рис. 1.

Привод главного движения (вращение инструмента) состоит из электрического двигателя M_1 и плоскоременной передачи. Соотношение диаметров шкивов 1 и 2 позволяет получить скорости резания от 8 до 96 м/с с показателем прогрессии $\varphi = 1,5$. Режущая головка 3 состоит из дюралюминиевого диска, в котором растачиваются четыре отверстия для клеммного крепления резцов. Отверстия расточены таким образом, чтобы можно было получать углы резания от 50° до 85° . Режущая головка крепится на шпинделе станка 1.

Движение подачи на установке осуществляет заготовка 5, закрепленная в стакане 6. Привод движения подачи состоит из электрического двигателя M_2 (привода с магнитными усилителями ПМУ 5М-4) с диапазоном регулирования скорости вращения 2500...250 об/мин, клиноременной передачи ($i = 0,8$), гитары сменных шестерен 11 ($i = 0,25...2,5$), коробки скоростей 10 (диапазон регулирования $D = 6,6$, число скоростей 30), конической зубчатой передачи 8 и 9 ($i = 0,5$) и передачи винт-гайка ($t = 2$ мм). Путем установки определенных передаточных отношений и регулирования скорости вращения электрического двигателя M_2 достигается скорость подачи

заготовки в пределах от 0,01 до 0,5 мм/об для каждого значения скорости резания.

Заготовка изготавливается в виде деревянного стакана диаметром 120 мм, высотой 135 мм, толщиной стенки 10 мм.

Процесс резания и выделения тепла происходит в калориметре 4, который жестко крепится к станку.

На рис. 2 представлена схема калориметра, с помощью которого измеряется количество тепла, выделяемого при резании.

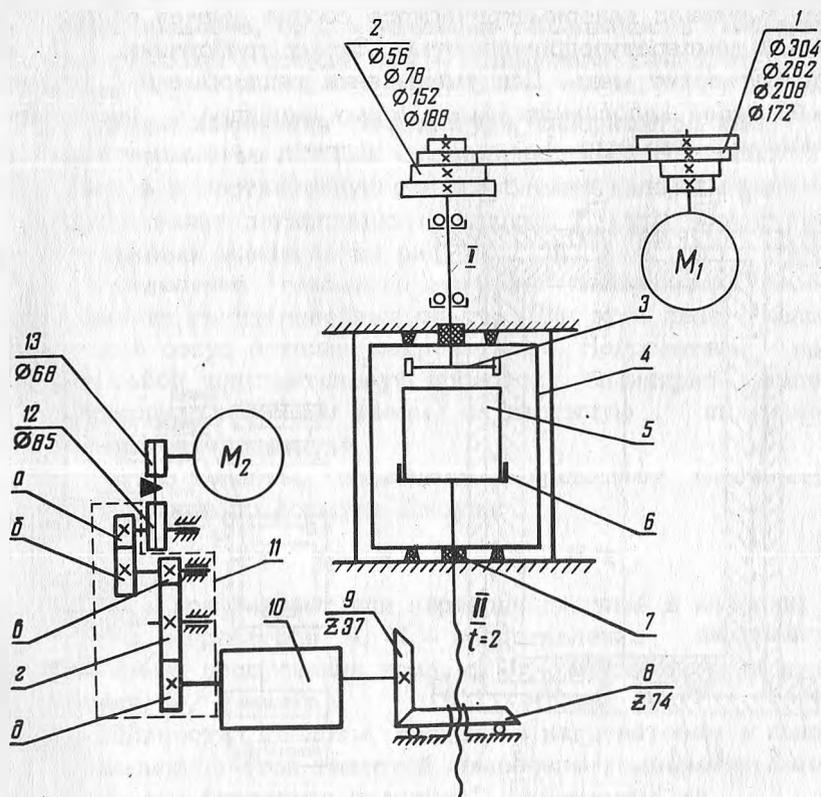


Рис 1. Принципиальная кинематическая схема установки.

Данный калориметр относится к группе "массивных". Он изготовлен в соответствии с рекомендациями [1]. Калориметр состоит из калориметрического сосуда и оболочки. Калориметрический сосуд представляет собой полый медный цилиндр 3, закрывающийся двумя плотно прилегающими медными крышками 1 и 5. Оболочка состоит из толстостенного стального цилиндра и двух крышек 2 и 6. Калориметрический сосуд помещает-

ся в оболочку и крепится к ней при помощи термоизолирующих упоров 9. Втулки 7 термоизолируют входные отверстия в калориметр для шпинделя I и ходового винта II (рис. 1). Воздушный зазор 8 между калориметрическим сосудом и оболочкой должен быть равен 10 мм – для устранения конвекции в слое воздуха между сосудом и оболочкой.

Для уменьшения тепловой радиации внешняя поверхность калориметрического сосуда и внутренняя оболочка никелированы. Материал калориметрического сосуда должен обладать хорошей теплопроводностью. Этому требованию хорошо удовлетворяет медь. Для уменьшения теплообмена с окружающей средой калориметр имеет форму цилиндра с соотношением высоты к диаметру 1,5.

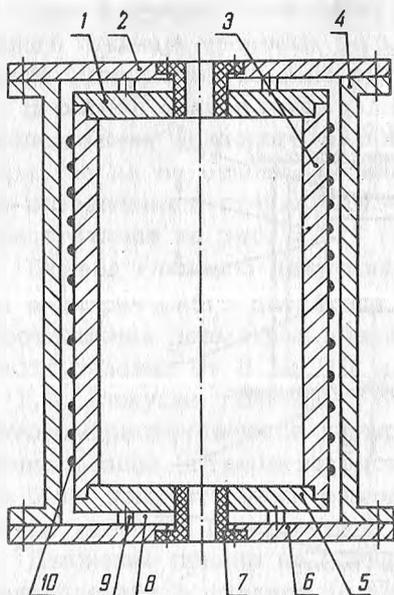


Рис. 2. Калориметр.

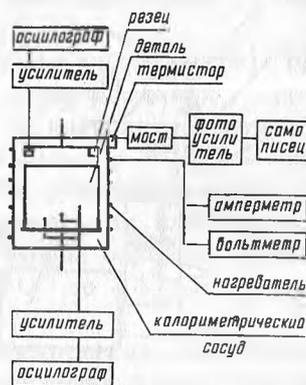


Рис. 3. Электроизмерительная блок-схема установки.

Для проведения калориметрических измерений необходимо знать "тепловое значение" калориметра, которое характеризуется количеством теплоты, необходимой для увеличения его температуры на определенную величину (лучше на один градус). Поэтому масса калориметрического сосуда рассчитывается исходя из предварительной оценки количества тепла, которое будет выделяться при проведении опытов. Предварительный

расчет количества тепла, выделяемого при резании, основан на том, что вся механическая энергия при резании переходит в тепловую. Масса калориметрического сосуда определена по формуле [1].

$$M = \frac{Q t}{c \Delta \theta} \quad (2)$$

где Q – количество теплоты, выделяющееся при резании, ккал/с; t – время процесса, с; c – удельная теплоемкость материала калориметрического сосуда; $\Delta \theta$ – повышение температуры калориметра, °С.

Для замера изменения температуры калориметра нами использован термистор ММТ-1 с сопротивлением 6,2 ком. Он установлен в соответствующее углубление калориметрического сосуда и залит легкоплавким сплавом. Измерительная блок-схема установки показана на рис. 3.

Для определения "теплового значения" калориметра необходимо провести градуировочные опыты. Для этой цели калориметрический сосуд оснащен нагревателем. Нагреватель представляет собой константановую проволоку, бифилярно наклеенную (электроизолирующим клеем) на наружную поверхность калориметрического сосуда.

Количество теплоты, сообщаемое нагревателем калориметру, можно вычислить по формуле Джоуля:

$$Q = 0,239 I^2 R \tau \quad \text{или} \quad Q = 0,239 I E \tau \quad (3)$$

где 0,239 – коэффициент для перевода джоулей в калории; I – сила тока в нагревателе, А; R – сопротивление нагревателя, Ом; τ – время пропускания тока, с; E – напряжение на концах нагревателя, В.

Зная количество теплоты, введенное нагревателем в калориметр и вызванное этой теплотой изменение температуры, легко определить его "тепловое значение" [1].

$$W = \frac{Q}{\Delta t} \quad (4)$$

Чтобы определить количество тепла, которое будет выделяться при проведении исследуемого процесса в калориметре, достаточно измерить изменение температуры калориметрического сосуда.

Условия проведения градуировочных и основных опытов должны быть как можно близкими.

Количество тепла, идущее в резец и деталь (Q_I и Q_D уравнение (1)), можно определить экспериментальным путём, а теплообмен с окружающей средой ($Q_{o,c}$) можно учесть при вычислении поправок. Тогда количество тепла, идущее в стружку (Q_C) может быть легко найдено из уравнения (1).

Для определения потоков тепла, идущих в резец и деталь, необходимо знать градиент температур в теле резца и теле детали. Для этой цели в резце установлены две термодпары: одна — у режущей кромки, другая — на противоположном торце тела резца. Тело резца изготовлено из красной меди, а тонкая режущая пластинка — из инструментального материала припаяна к нему серебром.

В теле детали устанавливается до четырех термодпар на разных уровнях по высоте. Таким образом на данной установке можно экспериментально получить общее количество тепла, выделяющееся в процессе резания древесины, а также количество тепла, идущего в каждое из тел, участвующих при резании.

Л и т е р а т у р а

1. Попов М.М. Термометрия и калориметрия. М., 1954.