

М.О. НАВОЯН, М.М. СИМОНЯН, В.А. БАЛАЯН, Э.Г. ОВСЕПЯН

ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РЕЖУЩЕГО КЛИНА ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ

Представлена методика экспериментального исследования температуры режущего клина инструмента при прерывистом резании, включающая, наряду с традиционными, специальные методы, позволяющие определить температурное поле режущего клина как при резании, так и в процессе охлаждения. Предлагается также методика моделирования тепловых процессов при торцевом фрезеровании, позволяющая измерять температуру как на поверхности контакта, так и в ближайших к нему поверхностных слоях.

Ключевые слова: резание, инструмент, режущий клин, температурное поле, термопара, измерение.

Исследование температурного поля режущего клина при прерывистом резании включает комплексное изучение тепловых процессов, имеющих место как в периоды резания и холостого хода, так и в переходные моменты врезания и выхода инструмента [1, 2].

Наиболее простым и надежным способом определения средней температуры контакта является естественная термопара, однако при прерывистом резании измерение температуры в период холостого хода инструмента невозможно вследствие размыкания цепи термотока.

Для измерения температуры контактной площадки в период холостого хода нами был сконструирован специальный разрезной резец (рис. 1), режущее лезвие которого было изготовлено из различных инструментальных материалов.

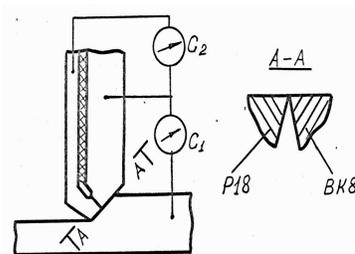


Рис.1. Схема измерения температуры контактной площадки разрезным резцом

Гальванометрами G_1 и G_2 по этой схеме фиксировались термо-ЭДС, соответственно, при резании и холостом ходе инструмента. Измерение

температуры внутри режущего клина на некотором расстоянии от режущего лезвия производилось закладной полупроводниковой термопарой.

На модернизированном электроэрозионном станке модели ЭП-5М с помощью проволочного электрода в твердосплавной пластине прошивалось отверстие диаметром $0,2 \cdot 10^{-3}$ м. К донышку отверстия встык припаивался медный проводник, и в целях его изоляции отверстие заливалось стирокрилом.

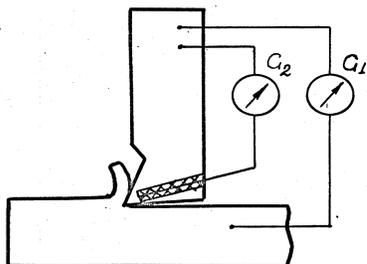


Рис.2. Схема измерения температуры внутренних участков режущего клина закладной полупроводниковой термопарой

Таким образом, благодаря соответствующим переточкам резца по передней или задней грани стало возможным изменение координаты спая, а следовательно, и измерение температуры в любой точке режущего клина.

Вследствие значительной разницы в теплофизических свойствах и размерах сечений твердого сплава и меди возникают погрешности измерения ЭДС, с дальнейшей корректировкой при помощи выражения [3]

$$\theta = \beta \theta_1.$$

Здесь θ - фактическая температура; θ_1 - экспериментальное значение температуры; β - коэффициент, учитывающий разницу между измеренной и фактической температурами:

$$\beta = 1 + B_1 \sqrt{\frac{\lambda_1 c_1 \rho_1}{\lambda_{cp}}},$$

где λ и λ_1 - теплопроводности материалов проводника и объекта; $c\rho$ и $c_1\rho_1$ - соответственно объемные теплоемкости материалов проводника и объекта, температура которого измеряется материалами проводника и объекта; B_1 - коэффициент, зависящий от значения критерия Фурье:

$$F_0 = a\tau / d^2,$$

где a - коэффициент теплопроводности тела; τ - время от начала процесса нагрева; d - диаметр проводника.

Как видно из рис. 3, в момент врезания инструмента в заготовку происходит практически мгновенное нарастание температуры, и в период резания изменение температуры незначительно. Следовательно, средняя температура контакта устанавливается практически при врезании. Иной характер имеет изменение температуры, в период охлаждения. Здесь

наблюдается более плавное снижение температуры, и для этого периода разница в осциллограммах, полученных при помощи разрезного резца и естественной термопары, весьма значительна.

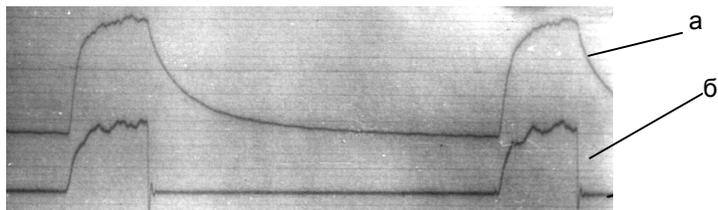


Рис. 3. Осциллограммы температуры при резании и холостом ходе инструмента, записанные разрезным резцом (а) и естественной термопарой (б)

На рис. 4 приведены осциллограммы температур внутри резца на различной глубине, полученные также закладной полуискусственной и естественной термопарами.

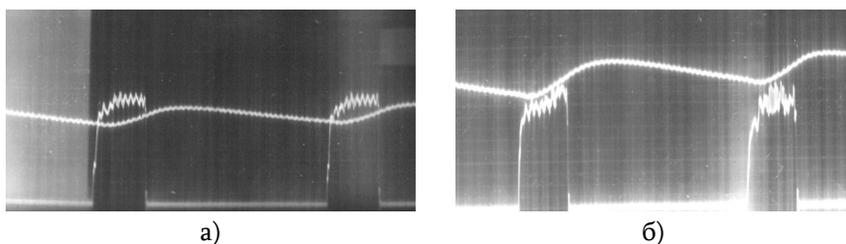


Рис.4. Осциллограммы температур на различных глубинах от передней поверхности резца. ВК8 - Сталь 45; $D = 0,1 \text{ м}$; $V = 0,06 \text{ м}$; $X = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (а) $X = 0,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ (б), $V = 0,67 \text{ м/с}$; $S_z = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ м/зуб.}$; $t = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

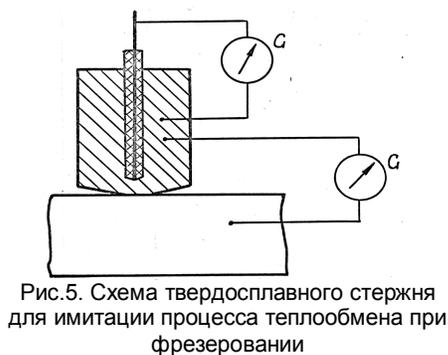


Рис.5. Схема твердосплавного стержня для имитации процесса теплообмена при фрезеровании

При приближении спая термопары к передней поверхности на расстояние менее $X = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ лезвие теряло прочность и выходило из строя. Исследование температур в непосредственной близости от передней поверхности осуществлялось способом экстраполяции. Чтобы убедиться в реальности полученных и экстраполированных данных, проводилось также непосредственное измерение температур на модели,

имитирующей процесс теплообмена при фрезеровании. Вместо режущего лезвия на фрезу устанавливался твердосплавный стержень сечением $0,1(0,1 \text{ м}$ с торцем, имеющим форму усеченной пирамиды (рис.5).

В стержне высверливалось отверстие диаметром $1(10^{-3} \text{ м})$, куда вставлялась и припаивалась медная проволока диаметром $0,2(10^{-3} \text{ м})$ с керамическим изолятором. Постепенным стачиванием торца изменялось расстояние от спая термопары до поверхности, при этом становилось возможным выводить спай непосредственно на поверхность трения. Для измерения размеров спая электроэрозийным методом были изготовлены разрезанные и отшлифованные образцы с высотой спая, не превосходящей $(0,1 \dots 0,15) (10^{-3} \text{ м})$.

В качестве материала детали служила плита из стали X18H9T с шириной, равной ширине фрезерования. Процесс резания был заменен процессом трения твердосплавного стержня о стальную плиту с площадью трения, соответствующей площади передней контактной площадки резца.

Частота нагрева и охлаждения зависела от скорости вращения фрезы, а продолжительность нагрева варьировалась шириной плиты и скоростью вращения шпинделя. Для получения температуры контакта, близкой к температуре резания, плита дополнительно нагревалась вмонтированным в нее высокотемпературным нагревателем из дисилицида молибдена.

Таким образом, предлагаемая методика позволяет измерять температуру нагреваемого тела в любой точке, а также может быть использована при исследованиях работоспособности инструментов при прерывистом резании.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Андреев Г.С.** Методика и средства определения температуры контактных поверхностей инструмента при периодическом прерывистом резании // Станки и инструменты. – 1974. – (11. – С.34-36.
2. **Вульф А.М.** Резание металлов. - Л.: Машиностроение, 1973. – 496 с.
3. **Резников А.Н.** Теплофизика резания. - М.: Машиностроение, 1969. – 496 с.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 15.04.2004.

Մ.Հ. ՆԱՎՈՅԱՆ, Մ.Մ. ՄԻՄՈՆՅԱՆ, Վ.Ա. ԲԱԼԱՅԱՆ, Է.Գ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ ԿՏՐՈՂ ՄԵՊԻ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԻ ԶԱՓՈՒՄՆ ԸՆԴՀԱՏ ԿՏՐՄԱՆ ԺԱՍՆԱԿ

Ներկայացված է ընդհատուն կտրման ժամանակ գործիքի կտրող սեպի ջերմաստիճանի փորձարարական հետազոտությունների մեթոդիկա, որտեղ ավանդական եղանակներից բացի ընդգրկված են հատուկ մեթոդներ, որոնք թույլ են տալիս որոշել կտրող սեպի ջերմաստիճանային դաշտը ինչպես կտրման, այնպես էլ հովացման գործընթացում: Առաջարկվում է նաև ճակատային ֆրեզման ժամանակ ջերմային գործընթացների մոդելավորման եղանակ, որը թույլ է տալիս չափել ջերմաստիճանը ինչպես հպման մակերևույթի վրա, այնպես էլ նրան մոտակա մակերևույթային շերտերում:

M.H. NAVOYAN, M.M. SIMONYAN, V.A. BALAYAN, E.G. HOVSEPYAN CUTTING WEDGE TEMPERATURE MEASUREMENT DURING INTERRUPTED CUTTING

A method of experimental research of tool cutting wedge temperature during the interrupted cutting, including special methods allowing to determine cutting wedge temperature field in machining and cooling is presented. A method of modeling heating processes in face milling allowing to measure temperature both on the contact surface and in the nearest surface layers is proposed.