

Ю. Г. КАРАПЕТАН

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР ПРИ ТОРЦЕВОМ ФРЕЗЕРОВАНИИ

В связи с широким применением труднообрабатываемых материалов одной из актуальных задач современной теплофизики резания является более детальное изучение тепловых явлений режущей части инструмента при прерывистом периодическом резании, в частности в режиме нестационарного теплообмена.

В этом аспекте определенный интерес вызывает анализ методов измерения температуры активной части инструмента при торцевом фрезеровании за полный цикл работы инструмента (за один оборот).

В работе рассматриваются следующие методы измерения температур: метод естественной термопары, метод искусственной термопары и видоизмененный метод двух резцов, предложенный А. Шахназаровым [1]. Последний метод используется для определения обрабатываемости материалов резанием по температурному критерию. Но тем не менее в работе предпринята попытка использовать его для температурных исследований при циклическом нагреве и охлаждении инструмента.

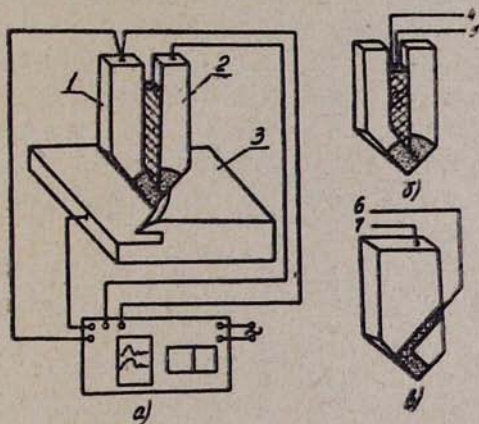


Рис. 1. Принципиальная схема измерения температуры инструмента при торцевом фрезеровании: 1а. Методом естественной термопары (1—3) и сдвоенного резца (1—2), 1б — методом искусственной термопары (4—5), 1в — резцом с металлическим покрытием (6—7).

На рис. 1 представлена принципиальная схема для измерения термо-ЭДС возникающей, с одной стороны, у естественной термопары (1—3) и сдвоенного резца (1—2), с другой — у искусственной термопары

(4—5). Значения термо-ЭДС через экранированные провода и токо-съемник фиксируется на осциллографе Н105.

Для осуществления измерения был изготовлен специальный резец (рис. 1) из двух половинок в двух конструктивных исполнениях: спаянным и механическим креплением пластинок из разнородных инструментальных материалов.

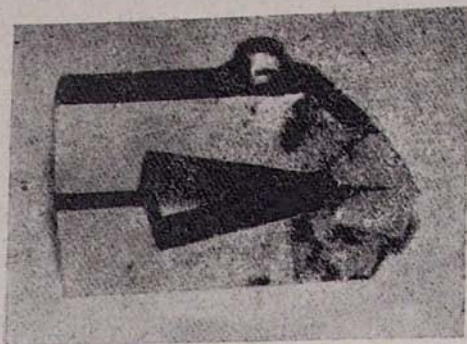


Рис. 2. Специальный резец со спаянными пластинками из сплава ВК8 и Т15К6.

На рис. 2 показан сдвоенный резец со спаянными пластинками.

По предварительным испытаниям конструкции термодар установлено, что с целью получения достоверных результатов и обеспечения стабильной работы необходимо выполнять следующие требования.

1. Плотный и постоянный контакт поверхности соприкасания, в том числе и режущих кромок двух резцов в процессе фрезерования.
2. Правильный выбор размеров поверхности соприкасания с целью повышения чувствительности контакта к кратковременному нагреву.
3. Полная изоляция двух половинок инструмента друг от друга и от торцевой головки, за исключением поверхности контакта, примыкающей к режущей кромке.
4. Выбор материала термодар с близкими теплофизическими свойствами, с учетом высокого темпа нарастания и высокого уровня термо-ЭДС.

5. Из-за разных контактных условий, следовательно, и температур контакта у режущих пластинок, опыты должны производиться кратковременно.

Исходя из этих требований в качестве материала термодар были выбраны при высоких температурах резания ВК8-Т15К6, а при низких и средних ВК8-Р18.

Размеры поверхности соприкасания с учетом прочности обрабатываемого материала и режущей кромки (место контакта двух резцов) были выбраны по уровню передней поверхности от 0,8 до 2 мм, а по толщине пластинки от 0,5 до 1,5 мм.

При этом регулирование размеров поверхности соприкасания легко достигается заточкой и доводкой составного резца в сборе.

В тех случаях, когда производится замер температуры методом искусственной термопары, можно использовать те же конструкции сдвоенного резца, лишь с той разницей, что пластинки составного резца надо выбрать из одной марки твердого сплава. В данном случае применялся твердый сплав марки ВК8.

Горячий спай хромель-алюмелевой термопары защемлялся между двумя половинами сдвоенного резца по методике, подробно описанной в работе [2].

Температурные исследования по вышеуказанным методам проводились на вертикально-фрезерном станке «Чепель». В качестве образцов использовались бруски из титанового сплава ВТ14. Сдвоенный резец (ВК8—Р18), закрепленный к торцевой фрезерной головке (диаметром 110 мм), имел следующую геометрию: $\gamma=0^\circ$, $\alpha=\alpha_1=10^\circ$,

$\varphi=45^\circ$, $\varphi_1=15^\circ$, $\lambda=0^\circ$ Режимы резания:

$v=80$ м/мин, $s_z=0,1$ мм/зуб, $B=2$ мм, $t=60$ мм.

Для полной идентификации условий работ двух режущих материалов, фрезерование велось по свободной схеме резания.

Чтобы ответить на вопрос, какой из указанных методов наиболее точно описывает характер изменения температур за полный цикл работы инструмента, рассмотрим три осциллограммы рис. 3, показывающие изменения термо-ЭДС во времени. Анализ осциллограмм и сопоставление мгновенных значений температур после тарирования термопар выявили два важных признака метода сдвоенного резца в период резания относительно естественной термопары. Во-первых, полная идентичность кривых зависимости температуры от времени и, во-вторых, практически равные мгновенные значения температуры резания, фиксируемые двумя термопарами.

Полученные результаты позволяют утверждать, что точность измерения сдвоенным резцом, подобно общеизвестному методу естественной термопары, вполне удовлетворительна. Затем из анализа переходных процессов (в момент врезания и выхода) при измерении температур указанными термопарами (рис. 3) следует, что если момент врезания для обеих термопар практически одинаков, то момент выхода существенно отличается. Так, термо-ЭДС (температура), измеряемая естественной термопарой (1), в момент выхода резко падает до нуля в связи с разрывом цепи деталь—инструмент. Следовательно, метод естественной термопары не может дать полную картину теплового состояния инструмента при прерывистом резании. Что касается измерения термо-ЭДС (температуры) во время нерабочего периода при методе двух резцов, то оно происходит с различной интенсивностью. Наибольшая интенсивность снижения температуры наблюдается в начальный момент после прекращения стружкообразования. В дальнейшем скорость падения температуры незначительно снижается и до момента повторного вреза-

ния инструмента в заготовку остается практически неизменной. Наблюдаемое резкое снижение температуры, очевидно, вызвано интенсивной теплоотдачей и низкой теплопроводностью твердых сплавов. Касаясь сравнительной оценки кривых, полученных методами искусственной термопары и двух резцов в период резания, отметим, что температура, измеренная обеими термопарами, как по характеру изменения, так и по мгновенным значениям, сильно разнится. Так, например, кривая (2) располагается выше, а скорость нарастания температуры больше аналогичной кривой (3), полученной методом искусственной термопары.

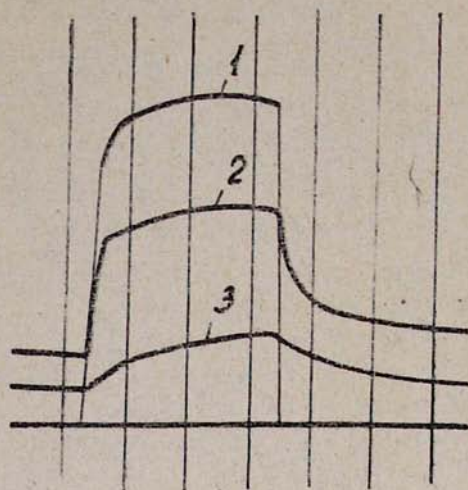


Рис. 3. Осциллограммы термо-ЭДС (температуры) инструмента в период резания и холостого пробега при замере методом: 1 — естественной термопарой, 2 — сдвоенного резца, 3 — искусственной термопарой.

В период холостого пробега (кривая 3), в частности в начале выхода режущей кромки из-под стружки, снижение температуры происходит довольно плавно и в дальнейшем изменяется незначительно. Далее, амплитуда колебания температур при замере искусственной термопарой по сравнению с температурой, измеренной сдвоенным резцом, примерно в 1,5 раза меньше.

О причине высокой термоинерции и возникающих погрешностей при замере искусственной термопарой, подведенной в тело лезвийного инструмента, излагается в работе [2].

Предполагается, что для вышеупомянутых целей можно использовать метод, основанный на измерении термо-ЭДС, возникающий между инструментом и антифрикционным, износостойким покрытием, нанесенным на переднюю поверхность инструмента.

Принципиальное отличие данного метода от метода сдвоенного резца заключается в том, что горячий спай термопары (инструмент—покрытие) нагревается только одним источником теплоты. Вместе с тем указанная термопара имеет недостаток [3], который заключается в том,

что термоэлектрические свойства металла в тонких пленках, полученных распылением или химическим путем, меньше, чем в массивных образцах. В то же время для каждого покрытия существует определенная толщина пленки, выше которых они ведут себя как массивные образцы. Следовательно, с целью получения достоверных результатов необходимо установить предельную толщину пленки, выше которых термоэлектрические показатели изменяются незначительно.

Подводя итоги вышеизложенному, можно констатировать следующее:

1. Метод естественной термопары позволяет судить о тепловом состоянии инструмента в период стружкообразования.

2. Метод двух резцов (сдвоенный резец) имеет удовлетворительную чувствительность при термоциклировании и достаточно точно характеризует тепловое состояние инструмента при прерывистом резании.

3. Метод искусственной термопары, являясь основным методом для измерения температурных полей инструмента при стационарном теплообмене, нецелесообразно использовать для исследования теплового состояния инструмента в период нестационарного теплообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. М. Даниелян. Теплота и износ инструментов в процессе резания металлов. М., 1954.
2. А. Н. Резникова. Теплофизика резания. М., 1969.
3. А. Н. Гордов. Основы пирометрии. М., 1971.