

ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОТОКОВ В ЗОНЕ РЕЗАНИЯ

Введение. На работоспособность режущего инструмента, качество поверхностного слоя деталей и производительность обработки значительное влияние оказывают тепловые явления, возникающие при резании. Они способны вызывать структурные превращения и рекристаллизацию поверхностных слоев, появление напряжений, трещин, пластических деформаций и других изменений [1—3].

При повышении температуры сверх допустимой обнаруживается чрезмерное деформирование срезаемого слоя, трение инструмента со стружкой и изделием, и в конечном итоге — повышение температуры как вследствие трения, так и вследствие химического взаимодействия ее поверхностных слоев с кислородом атмосферного воздуха. Визуальные наблюдения схода стливной стружки из зоны контакта ее с инструментом показывают изменение радужной оболочки, что характерно при нерациональных режимах обработки [4]. Это объясняется тем, что при распространении тепла по объему стружки происходит увеличение средней температуры наружных поверхностей; наружные поверхности стружки, нагретые до высоких температур, контактируют с кислородом атмосферного воздуха, что приводит к образованию окисных пленок с выделением тепловой энергии, повышающей суммарной тепловой поток.

Можно сделать вывод, что умение создавать необходимое температурное поле в зоне резания может являться залогом качественного проведения процесса резания, а определение температуры в зоне резания является важным технологическим моментом. Целью нашей работы являлась систематизация данных по изучению вопроса определения температуры в технологических системах и проведение их сравнительных характеристик.

Основная часть. Методы определения температур в технологических системах делятся на экспериментальные и аналитические. Экспериментальные методы, в свою очередь, бывают контактные и бесконтактные [1; 2; 4—7].

К контактными методам определения температур относят калориметрический метод, термоэлектрический метод, метод термоиндикаторов и др. Калориметрический метод позволяет определить количество теплоты, переходящей в стружку, что позволит в дальнейшем рассчитать его температуру. Также существуют калориметры, в которые погружают деталь и инструмент [1]. Калориметрические измерения составляют сравнительно малую часть экспериментальных исследований, связанную как со сложностью аппаратного оформления, так и со значительной погрешностью измерений. Этот метод не пригоден для исследования температуры на разных участках стружки и инструмента [2].

Более распространенным является термоэлектрический метод, который основан на явлении возникновения термоЭДС в месте соединения двух разнородных проводников. Замыкая цепь через милливольтметр, можно измерить величину электродвижущей силы или напряжения [1; 2; 5; 6].

Термоэлектрический метод подразделяется на несколько разновидностей: метод искусственной, полусинтетической и естественной термопары. В первом случае спай из двух различных металлических проволок, изолированных слюдой или стеклянной трубкой, вставлен в канал, просверленный в резце. Недостатки этого способа — удаленность спаев термопары от участка максимальной температуры и необходимость поддерживать постоянным давление между спаем и дном отверстия. Во втором случае термопарой являются проволока и материал самого резца. Измеряется температура на одном ограниченном участке, несколько удаленном от основных источников теплообразования. К тому же необходимо иметь специальные резцы, являющиеся в большинстве случаев недолговечными [1; 2].

В настоящее время температурные исследования проводятся с помощью так называемой естественной термопары, состоящей из самого изделия и режущего инструмента. Авторы [2; 6] считают, что недостаток любого термоэлектрического метода заключается в необходимости создания для каждого материала и резца своей тарировочной кривой зависимости между температурой и показаниями милливольтметра.

Из бесконтактных методов, применяемых в технологической практике, можно выделить большую группу исследований, выполняемых с помощью фотоэлектрических устройств. Бесконтактные методы в большинстве случаев основаны на измерении теплоты лучеиспускания [1; 2; 5; 7]. Для реализации этих методов применяют радиационные и цветные пирометры. Метод позволяет детально исследовать температуру стружки и инструмента, но он не получил широкого распространения из-за сложности аппаратного оформления процесса, а также из-за затруднений, связанных с тарированием прибора. Кроме того, появление тонких окислов на поверхности стружки искажает правильность показаний прибора [2; 6].

К бесконтактным методам определения температур в технологических системах относится также метод, заключающийся в анализе концентрации углеродсодержащих газов вблизи зоны резания, по величине

которой судят о температуре процесса резания [6]. Однако применение этого метода ограничено необходимостью использования специального газоанализатора.

Таким образом, существует большое многообразие методов экспериментального определения температур в зоне резания, однако применение того или иного метода может быть ограничено рядом причин технологического характера.

Начиная с 40-х годов XX века, различными исследователями предпринимались попытки разработки методик аналитического определения температур в контакте двух тел [9; 10]. Наибольший вклад в развитие данного вопроса внесли американские ученые К. Триггер и Б. Чао, советские ученые А. Н. Резников и С. С. Силин [3; 5; 10—13]. Как отмечают исследователи, для аналитического расчета температур резания необходимо знать закономерности изменения тепловых потоков на передней и задней поверхностях лезвия режущего инструмента в зависимости от условий обработки [3; 5; 8; 12; 13].

В работе [9] представлены опытные данные, позволяющие произвести сравнение температур резания, полученных экспериментальным и теоретическим путем (таблица 1). Расчет температур резания осуществлялся по методикам, описанным в литературных источниках [3] и [13]. Обработываемый материал — ШХ15, режущий материал — Т14К8, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 12^\circ$, $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$, $t = 4,1$ мм, $S =$ мм / об.

Т а б л и ц а 1 — Результаты сравнения температуры резания с использованием методик [3; 13]

Скорость резания, м / с	Температура, °С						
	резания			на передней поверхности резца		на задней поверхности резца	
	Эксперимент	Расчет		Расчет		Расчет	
		[3]	[13]	[3]	[13]	[3]	[13]
0,17	400	368	579	377	570	227	1850
0,15	560	563	684	581	682	301	839
0,67	610	629	759	650	758	323	759
1,00	700	736	694	762	703	358	401
1,33	790	825	780	854	792	386	408
1,67	840	899	837	932	851	408	399

Как видно из таблицы, температура, рассчитанная по методике А. Н. Резникова [3], хорошо согласуется с экспериментальными данными. Температура, рассчитанная по методике С. С. Силина [13], близка к экспериментальным данным только при скоростях резания, превышающих значение $V > 1$ м / с. По версии авторов работы [9], такая закономерность наблюдается только для материалов, дающих сливную стружку, следовательно, для титановых сплавов непригодна.

Заключение. Произведена сравнительная характеристика методов определения температур в технологических системах. Проанализированы преимущества и недостатки экспериментальных и аналитических методов определения температур при резании металлов, обусловленные тем, что применение того или иного метода может быть ограничено рядом причин технологического характера. Представлены опытные данные, позволившие произвести сравнение температур резания, полученных экспериментальным и теоретическим.

Список цитируемых источников

1. Ящерицын, П. И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах : учеб. для вузов / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. — Минск : Выш. шк., 1990. — 512 с.
2. Вульф, А. М. Резание металлов / А. М. Вульф. — Л. : Машиностроение, 1973. — С. 168—182.
3. Резников, А. Н. Теплофизика резания / А. Н. Резников. — М. : Машиностроение, 1969. — 288 с.
4. Теория сварочных процессов : учеб. для вузов // В. Н. Волченко [и др.] ; под ред. В. В. Фролова. — М. : Высш. шк., 1988. — 559 с.
5. Резников, А. Н. Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников, Л. А. Резников. — М. : Машиностроение, 1990. — 280 с.
6. Способ бесконтактного определения температуры в зоне резания при механической обработке : пат. RU 2398659 : МПК В23В 25/06, G01N 3/58. / К. В. Афанасьев, И. В. Швецов, В. А. Щеголев ; дата публ.: 10.09.2010.
7. Ящерицын, П. И. Планирование эксперимента в машиностроении / П. И. Ящерицын, Е. И. Махаринский. — Минск : Высш. шк., 1985. — 286 с.
8. Ивченко, Т. Г. Совершенствование методики аналитического определения температуры резания / Т. Г. Ивченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. — Донецк : ДонНТУ, 2007, Вып. 33. — С. 103—110.
9. Пушных, В. А. Сравнение двух методов расчета температуры резания / В. А. Пушных, В. Л. Бибик // Изв. Том. политехн. ун-та. — 2004. — Т. 307, № 3. — С. 102—104.
10. Малышев, В. И. Очерки истории науки о резании материалов / В. И. Малышев. — Тольятти : ТГУ, 2011. — 216 с.
11. Chao, B. Temperature Distribution at the Tool-Chip Interface in Metall Cutting / B. Chao, K. Trigger. — Trans. AME. — Vol. 77 (1955). — P. 1107—1121.
12. Chao, B. Temperature Distribution at the Tool-Chip and Tool-Work Interface in Metall Cutting / B. Chao, K. Trigger. — Trans. AME. — Vol. 80 (1958). — P. 311—320.
13. Силин, С. С. Метод подбора при резании материалов / С. С. Силин. — М. : Машиностроение, 1979. — 152 с.