

УДК 621.91.02

DOI 10.21661/r-557634

Кумушкина Н.Ю.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ

Аннотация: в статье рассматривается вопрос влияния температуры на процесс резания. Многочисленные исследования показывают, что температура в зоне резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемого материала, режима резания, геометрии режущего инструмента и многих других условий. Наибольшее влияние на температуру в зоне резания оказывает скорость резания, в меньшей степени влияет подача, а влияние глубины резания почти не обнаруживается. Автор анализирует способы экспериментального измерения температуры резания, а также выделяет и описывает характерные особенности термоиндикаторов.

Ключевые слова: источники тепла, зона стружкообразования, зона пластических деформаций, смазочно-охлаждающие среды, термоиндикаторы.

Введение

Процесс резания всегда сопровождается выделением тепла и повышением температуры в зоне обработки. Существует три основных источника тепла:

- источник в зоне сдвига за счет процесса пластической деформации;
- источник в зоне трения между стружкой и инструментом по длине контакта с глухим отверстием;
- источник находится в зоне трения между заготовкой и инструментом по длине контакта с задней поверхностью (рис. 1).

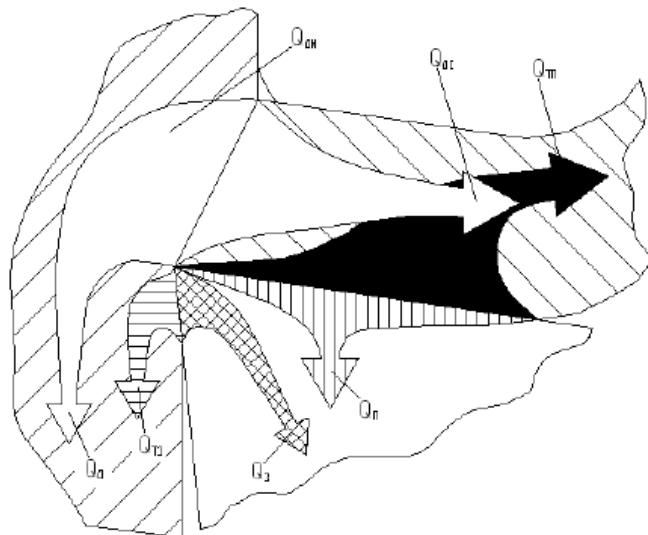


Рис.1. Схема взаимодействия источников тепла

Каждый из этих источников тепла излучает определенное количество тепла, что заставляет их влиять друг на друга. Стружка, заготовка и инструмент нагреваются, что оказывает существенное влияние на ход процесса обработки.

Многие ученые изучали влияние температуры на процесс резания. Так или иначе, эта тема поднималась: А.Н. Резников [1; 2; 3], А.М. Даниелян [4], Т.Н. Лоладзе [5; 6; 7], Н.Н. Зорев [8], М.Ф. Полетика [9], М.Х. Утешев [10], В.С. Кушнер [11; 12], Е.М. Trent. [13], R. Komanduri и Z. Hou [14] и многие другие.

По мнению многих авторов, температура является основной характеристикой процесса резания. Так Н.Н. Зорев в [15] рассматривает температуру резания как «комплексную обобщающую характеристику, отражающую деформационные процессы в зоне резания», и считает температуру резания основным фактором, определяющим условия трения на рабочих поверхностях инструмента, так как на трение действуют все внешние факторы вплоть до изменения температуры резания. Г.И. Грановский [16] считает, что «распределение температуры на рабочих поверхностях является одной из важнейших характеристик условий работы и оказывает существенное влияние на характер износа этих поверхностей».

В.С. Кушнер в [17] пишет температура, возникающая на поверхности инструментов, описывается как величина, определяющая работоспособность инструмента и ограничивающая производительность обработки. Автор считает,

что для повышения точности расчетов необходимо учитывать ширину зоны стружкообразования с параллельными границами, а также наличие контактной зоны пластических деформаций на лицевой поверхности (рис. 2).

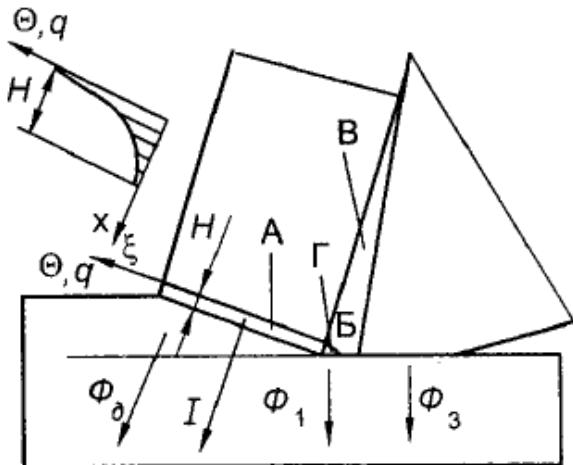


Рис. 2. Схема распределения температуры и плотности теплового потока в зоне стружкообразования с параллельными границами

В зависимости от задачи регулирования теплового режима в технологической системе возможно регулирование температуры в зоне обработки и изменение температуры на отдельных участках заготовки и инструмента.

Изменение температуры в зоне резания необходимо производить таким образом, чтобы создать наиболее благоприятные условия, обеспечивающие наибольшую стойкость и производительность инструмента при заданной точности обработки.

В [18] автор выделяет несколько способов управления тепловыми явлениями при резании.

Естественным способом изменения температуры в зоне резания является регулирование мощности тепловыделения. Этого можно добиться, изменив режим работы инструмента или изменив его геометрию. Управляя скоростью резки или толщиной срезаемого слоя, они влияют на температуру в зоне реза. Например, при резке или механической обработке фигурных или конических поверхностей скорость резания и толщина остаются постоянными.

Температуру резания также можно контролировать и управлять ей, периодически прерывая контакт между инструментом и заготовкой. Снижение температуры тем больше, чем больше время цикла рабочего и вспомогательного ходов и чем больше отношение времени вспомогательного хода к времени рабочего хода инструмента.

Другим вариантом управления тепловыми потоками является использование смазочно-охлаждающих технологических сред. С одной стороны, они могут смазывать поверхности трения, уменьшая тем самым мощность источников тепла. С другой стороны, при промывке содержащиеся в системе твердые вещества, жидкости или газы участвуют в конвективном теплообмене и отводят часть тепла из зоны резания, что также снижает температуру.

Для управления тепловыми процессами в процессе резания, помимо энергии, используемой для резания, в технологическую систему вводится еще одна энергия, которая предназначена для дополнительного нагрева заготовки. Это изменяет свойства материала заготовки, условия трения в зоне резания, а также теплофизические условия и температуру на контактных поверхностях.

Направленное изменение температуры создается за счет выбора рациональной конструкции инструмента [12; 19]. При этом все варианты конструкции направлены на изменение конечных тепловых потоков теплопередачи в зоне резания.

Несмотря на успехи, достигнутые в аналитических расчетах температуры при резании и управлении тепловым потоком, ни один из указанных авторов не уделил достаточно внимания ее распределению вдоль режущей кромки, чтобы оставить вопрос о таких расчетах открытым.

Способы экспериментального измерения температуры резания

Исследование тепловых процессов в технологических системах тесно связано с проведением экспериментов по измерению температур на различных участках инструмента, заготовки или оборудования, а также с определением мощности и плотности тепловых потоков. Такие эксперименты необходимы, с одной стороны для решения тех или иных задач опытным путем, а с другой – для проверки правильности и корректировки результатов теоретических построений,

предназначенных для определения расчетным путем температур или характеристик источников и стоков теплоты.

Все методы измерения температуры можно разделить на две большие группы: контактные и бесконтактные [19].

К первой группе относятся методы и устройства, в которых между датчиком температуры и объектом измерения имеется непосредственный контакт.

Вторая группа содержит методы, при которых датчики измерительных устройств находятся на некотором удалении от объекта, температура которого подлежит определению. Контактные методы измерения, в свою очередь, могут быть разделены на три группы в соответствии с основными особенностями устройств, с помощью которых их осуществляют: термометры, термопары, термоиндикаторы.

На (рис. 3) показана классификация методов экспериментального исследования тепловых потоков и температур в технологических системах. Она получена в результате анализа общей классификации из работы [18].

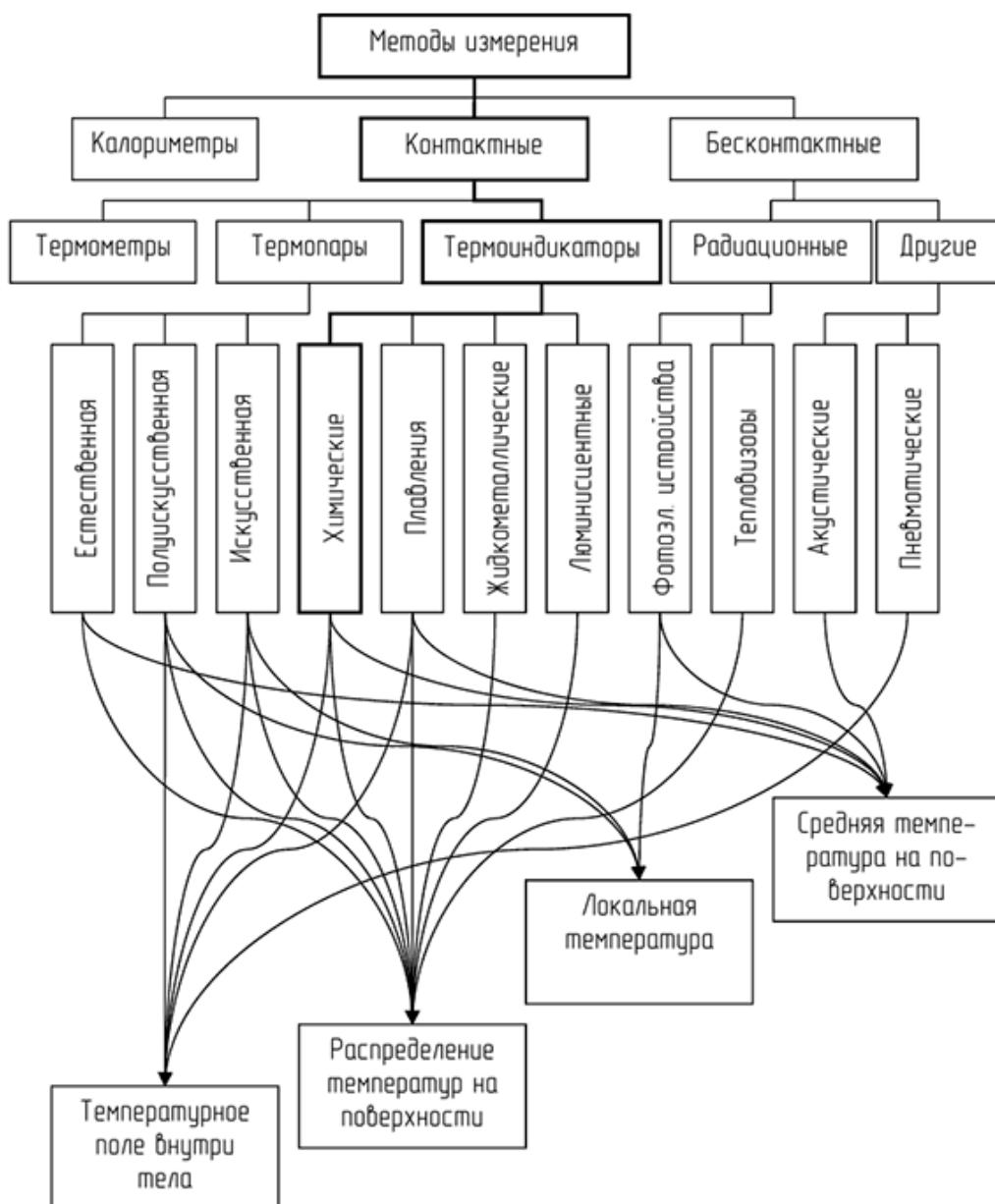


Рис. 3. Классификация методов экспериментального исследования тепловых потоков и температур в технологических системах

Каждый из существующих способов измерения температуры имеет свои достоинства и недостатки, поэтому выбор того или иного метода зависит от целей и конкретных условий измерения. В частности, когда необходимо определить температуру не в отдельной точке, а ее распределение по поверхности для установления участков с большим градиентом температуры, термометры термоэлектрические и сопротивления непригодны. Для этих целей наиболее применимы цветовые термоиндикаторы. Они являются одним из перспективных средств не только регистрации, но и измерения температуры. К

таким термоиндикаторам относятся вещества, обладающие способностью резко изменять свой цвет при определенной температуре, называемой температурой перехода. По принципу действия термоиндикаторы подразделяются на 4 основных типа:

- термохимические индикаторы;
- термоиндикаторы плавления;
- жидкокристаллические термоиндикаторы;
- люминесцентные термоиндикаторы.

Бесконтактные измерения, используемые в технологической практике, осуществляют либо с помощью радиационных устройств, либо с помощью других устройств, использующих оптические, акустические или пневматические датчики.

Список литературы

Список литературы

1. Резников А.Н. Теплофизика резания. – М.: Машиностроение, 1969. – 288 с.
2. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
3. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
4. Даниелян А.М. Темпера и износ инструментов в процессе резания металлов. – М., 1954 – 276 с.
5. Куфарев Г.Л. Экспериментальная проверка основных гипотез о напряжениях в зоне резания / Г.Л. Куфарев, М.Г. Гольтшмидт, В.А. Говорухин // Известия ТПИ. – Т.224. – 1976. – С. 90–93.
6. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
7. Лоладзе Т.Н. Износ режущего инструмента. – М.: Машгиз, 1958. – 356 с.
8. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. – 368 с.

-
9. Полетика М.Ф. Напряжения и температура на передней поверхности резца при высоких скоростях резания / М.Ф. Полетика, В.А. Красильников // Вестник машиностроения. – 1973. – №10. – С. 76–80.
10. Филоненко С.Н. Исследование температурных зависимостей при резании кислостойкой стали X17H13M3Т и сплава хастеллой Д / С.Н. Филоненко, В.П. Лука // Станки и режущий инструмент. – 1968. – №8. – С. 9–13.
11. Васин С.А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании / С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.
12. Кушнер В.С. Основы теории стружкообразования. – В2-х кн. – Кн.2: Теплофизика и термомеханика резания. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 1996. – 136с.
13. Komanduri R. A Review of The Experimental Techniques for The Measurement of Heat and Temperatures Generated in Some Manufacturing Processes and Tribology / R. Komanduri, Z.B. Hou. // Tribology international. – 2001. – №34 (10). – P. 653–682.
14. Trent E.M. Metal Cutting, 2nd ed., Butterworths. – London, 1984.
15. Верещака А.С. Исследование теплового состояния режущих инструментов с помощью многопозиционных термоиндикаторов / А.С. Верещака, М.В. Провоторов, В.В. Кузин, Е.А. Тимошук [и др.] // Вестник машиностроения. – 1986. – №1. – С. 45–49.
16. Грановский Г.И. Кинематика резания. – М.: Машгиз, 1948. – 200 с.
17. Васин С.А. Резание материалов: Термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании / С.А. Васин, А.С. Верещака, В.С. Кушнер. – М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с.
18. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. – М.: Машиностроение, 1981. – 279 с.
19. Резников А.Н. Тепловые процессы в технологических системах / А.Н. Резников, Л.А. Резников. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

Кумушкина Наталья Юрьевна – заведующая отделением ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет им. Я. Мудрого», Великий Новгород, Россия.