

С целью получения более достоверных сведений об исследуемом процессе были построены математические модели с шагом интерполяции $h=5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 120$ град.

В зависимости от выбранного шага интерполяции математические модели имели следующие вели-

$$P(x) := 1.0305 - 2.7144 \cdot 10^{-3} \cdot x + 2.8648 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{x-180}{60} \cdot \left(\frac{x-180}{60} - 1 \right) \dots \\ + 3.0355 \cdot 10^{-2} \cdot \left(\frac{x-180}{60} \right) \cdot \left(\frac{x-180}{60} - 1 \right) \cdot \left(\frac{x-180}{60} - \frac{1}{2} \right) \dots \\ + (-4.0424) \cdot 10^{-3} \cdot \left[\left(\frac{x-180}{60} \right)^2 - 1 \right] \cdot \left(\frac{x-180}{60} - 2 \right)$$

Данную математическую модель можно использовать для контроля натяжения нитей основы на ткацком станке, но только в узких пределах, поскольку особенностью метода приближения функций с использованием интерполяционного полинома Бесселя является то, что применение его дает особую точность для точек, близких к середине интервала.

Выводы:

1) Проведен анализ работ, посвященных математическому моделированию технологических процессов ткацкого производства.

2) Проанализированы методы приближения функций, которые могут применяться для описания технологических процессов ткацкого производства.

3) На основе экспериментальных данных с использованием интерполяционного полинома Бесселя получены математические модели натяжения нитей основы при исследовании технологического процесса ткачества.

4) Проведена оценка эффективности полученных математических моделей путем определения относительной средней квадратической ошибки.

5) Разработан автоматизированный алгоритм по использованию метода приближения функций с применением интерполяционного полинома Бесселя для прогнозирования изменения натяжения на ткацком станке.

6) Разработаны рекомендации по использованию полинома Бесселя при анализе натяжения в технологическом процессе ткачества.

РАЗРАБОТКА ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОПИСАНИЮ НАПРЯЖЕННОГО И ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА В ЭЛЕМЕНТАРНОМ АКТЕ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ МАТЕРИАЛОВ

Неумоина Н.Г.

*Камышинский технологический институт (филиал),
Волгоградского государственного
технического университета,
Камышин*

Резание материалов на сегодняшний день является одним из наиболее распространенных процессов

чины относительной средней квадратической ошибки для всех значений аргумента (см. табл.1).

Из таблицы 1 видно, что более оптимальной является математическая модель с шагом интерполяции $h=60$ градусов. Эта математическая модель выглядит следующим образом:

формообразования деталей машин с заданными размерами и качеством вновь образованной поверхности. Под системой резания в дальнейшем будем понимать совокупность элементов системы резания, находящуюся в непосредственном контакте в процессе отделения заданного припуска: заготовку, стружку и режущее лезвие режущего инструмента.

Резание материалов – сложный физический процесс. В нем можно отметить целый комплекс более простых процессов и явлений – это разрушение материала, упругая и пластическая деформация, образование новой поверхности, механическое взаимодействие компонентов системы резания, теплообмен между ними и рассеяние энергии, сопровождающееся образованием так называемых диссипативных структур. Очевидная сложность совместного описания перечисленных физических процессов в зоне резания материалов и определяет известный факт, что как таковой физической теории резания на сегодняшний день пока не разработано. Определение важных технологических параметров, таких как сила резания, например, производится в инженерных расчетах на основе эмпирических формул.

В последнее время в понимании сущности процессов, сопровождающих резание материалов, произошли существенные качественные изменения. Они связаны прежде всего с осознанием того факта, что отклонение технологической системы в зоне резания от равновесного состояния столь велико, что этот процесс нельзя описать линейными приближениями и необходимо привлекать методы термодинамики неравновесных процессов. Говоря современным языком, процесс резания материалов – это процесс, в котором отчетливо проявляются признаки самоорганизации. К таким признакам можно отнести следующие положения.

- Система является термодинамически открытой, т.е. возможен обмен веществом и энергией с окружающей средой.

- Отклонения от равновесия превышают критические значения, т.е. рассматриваются состояния, лежащие вне классической термодинамической ветви.

- Имеет место иерархическая сложность явлений.

- Макроскопические процессы происходят согласованно (кооперативно, когерентно).

Кроме указанных особенностей процесса резания, существенным фактором, оказывающим влияние на создание адекватного описания процесса, является динамический характер протекания процесса и возникновение вибраций в системе резания.

В работе [1] произведен анализ причин возникновения вибраций при резании материалов. Одной из существенных причин авторы [1] указывают запаздывание сил резания по отношению к соответствующим возмущениям, возникающим при деформации металлов в локальной зоне в процессе резания. Внедрение режущего клина инструмента сопровождается сжатием обрабатываемого материала.

При достижении критического значения действующего напряжения у режущей

кромки начинается отделение срезаемого слоя от материала заготовки. В этот момент начинается вторая стадия элементарного акта стружкообразования – стадия сдвига. Образовавшийся элемент стружки перемещается вдоль поверхности сдвига с большим ускорением и интенсивным уменьшением сопротивления сдвигу, а также вверх вдоль передней поверхности. При этом он претерпевает дополнительные деформации, которые приводят к неоднородному упрочнению стружки по сечению и создают предпосылки для ее завивания. Затем сдвиг прекращается, а движение элемента стружки вдоль передней поверхности становится более равномерным и продолжается до момента его удаления из зоны контакта.

В силу различия характера деформационных процессов в ходе элементарного акта стружкообразования, сила резания также не является постоянной величиной и претерпевает периодические изменения. В момент начала сдвига элемента стружки начинается образование следующего элемента, т.е. происходит сжатие новой локальной зоны обрабатываемого материала.

Таким образом, первая и вторая стадии процесса начинаются и заканчиваются одновременно, но относятся к двум соседним элементам стружки. Представленная качественная картина элементарного акта стружкообразования, выявляющая его циклический характер, имеет место практически независимо от режимов резания.

Однако, основные параметры резания (скорость, глубина резания и подача) в сочетании со свойствами обрабатываемого материала, оказывают существенное влияние на характер деформационных процессов. В результате варьируются объем зоны деформирования, скорость сжатия, скорость сдвига, скорости упрочнения и разупрочнения элементов системы резания. Весьма существенное влияние на эти процессы оказывает скорость тепло- и массообмена между элементами системы резания. В конечном итоге это приводит к образованию различных видов стружки и разному качеству обработанной поверхности.

Учесть особенности процессов деформирования, механического и теплового взаимодействия элементов системы резания, иерархический характер протекания процессов возможно только в рамках термодинамической теории, учитывающей взаимное превращение энергии в системе.

В качестве такой теории предлагается использовать нелокальную версию термодинамики, разработанную Майковым В.П. [3].

Нелокальная термодинамика, будучи по своему характеру дедуктивной, построена на утверждении о существовании в природе кванта энтропии, равного постоянной Больцмана.

Если принять значение kT при макроскопическом определении энтропии в качестве минимального приращения (интервала квантования) количества теплоты

$$\Delta Q = kT, \quad (1)$$

из определения энтропии в соответствии со вторым законом термодинамики, получаем минимальное приращение энтропии:

$$\Delta S = kT / T = k. \quad (2)$$

Процедура макроквантования приводит к важным следствиям. Определяющая роль здесь принадлежит получению характерного дискрета времени

$$\Delta t = h / 2kT, \quad (3)$$

где h – постоянная Планка.

По смыслу соотношения неопределенности величину Δt следует рассматривать как минимальный интервал времени для макроскопических объектов, для которых макроскопическое понятие температуры еще сохраняет физический смысл. Например, при $T = 300$ К, $\Delta t = 1,27 \cdot 10^{-14}$ с.

В новой теории показано существование границы микро- и макроуровня, т.е. сформулирован минимальный макроскопический объем (далее «макроячейка»), к которому еще применим термодинамический метод. Установлено, что радиус и объем макроячейки

$$r = c\Delta t = ch / 2kT, \quad (4)$$

$$V = (4/3)\pi r^3 = (\pi/6)(ch / 2kT)^3, \quad (5)$$

где c – скорость света в вакууме.

Радиус r и объем макроячейки V определяют размеры пространства, в котором устанавливается локальное термодинамическое равновесие в динамически равновесной системе и, следовательно, формируется температура как макроскопический параметр. Например, при $T = 300$ К, $r = 3,8 \cdot 10^{-6}$ м.

Макроячейку можно рассматривать как короткоживущий (мерцающий) физический кластер – своеобразный, в обычных условиях надмолекулярный, уровень в иерархии макроскопической системы.

В нелокальной термодинамике доказывается, что процедура макроквантования переводит описание из области классического статического равновесия (термостатика) в область динамического равновесия с флуктуационным взаимодействием макроячейки с окружением.

Параметры макроячейки (температура, давление и др.) при динамическом равновесии за характерное время Δt отличаются от параметров ее окружения, и в этом смысле любая материальная среда термодинамически неоднородна. Такого рода неоднородность приводит к появлению на границе макроячейки с окружением флуктуирующих напряжений, сходных по

своей природе с поверхностными явлениями. Привлечение здесь соотношений классической термодинамики деформаций показывает, что в силу дискретности пространственных и временных интервалов объему макроячейки присущи как объемная, так и сдвиговая деформации, разделенные в пространстве и времени в масштабе макроячейки.

В свою очередь объемная деформация вызывает электрическую поляризацию, а сдвиговая – магнитную. Поляризация приводит к появлению связанных зарядов электрического и магнитного типов. Указанные явления образуют термодиформационный равновесный цикл макроячейки.

Таким образом, на основе вышеизложенного, можно сделать следующие выводы: нелокальная версия термодинамики обоснованно определяет минимальный макроскопический объем, характеризующий коллективное поведение среды; определение этого объема позволяет непротиворечиво перейти к иерархическому рассмотрению процессов деформирования в твердом теле; в рамках изложенной теории учитывается цикличность природных процессов (термодиформационный цикл макроячейки); в рамках термодиформационного цикла удастся связать механические, тепловые и электродинамические явления, что реально наблюдается в природе и позволит перейти к описанию того комплекса процессов и явлений, которые сопровождают процесс резания. Покажем на примере возможность применения изложенной теории к описанию деформационных процессов в зоне резания.

Рассчитаем нормальные и касательные напряжения в зоне механической обработки и сравним их с экспериментальными значениями напряжений, полученными на фаске задней поверхности резца. В эксперименте при максимальном значении силы $P_y = 3200 \text{ Н}$, и силы $P_z = 1600 \text{ Н}$, соответствующие им напряжения равны $\sigma = 1600 \text{ МПа}$, $\tau = 400 \text{ МПа}$.

Расчетные значения

$$S = \frac{P_y \cdot Dx}{V} = \frac{3200 \cdot 6,57 \cdot 10^{-11}}{2,33 \cdot 10^{-16}} = 901,7 \text{ МПа}$$

$$t = \frac{P_z \cdot l}{DV'} = \frac{1600 \cdot 6,04 \cdot 10^{-19}}{2,36 \cdot 10^{-24}} = 409,5 \text{ МПа}$$

Как показывают расчеты, используя специфические для нелокальной версии термодинамики понятия, такие как характерные линейные размеры для объемной Δx и сдвиговой l деформации, а также объем макроячейки V и элементарное изменение объема макроячейки в результате деформации $\Delta V'$ можно выйти на порядок величин напряжений, наблюдаемых в эксперименте. Далее для создания адекватной математической термодинамической модели необходимо решить ряд задач. Во-первых, определить закономерности скоростного деформирования металлов с определением масштабов зоны деформирования в зависимости от параметров резания. Во-вторых, определить закономерности протекания процесса с точки зрения иерархии структур при разрушении, т.е. для конкретного набора параметров резания определить «механизм» протекания процесса.

Как показано в работе [3] в иерархической системе существует спектр времен релаксации. Здесь сначала протекают более быстрые процессы, отвечающие за преодоление потенциальных барьеров минимальной высоты, т.е. иерархический характер процессов заключается в том, что пока не реализуются каналы с минимальным временем релаксации, не включается сеть каналов следующего уровня. При этом, как указано в работе [4], подобные процессы сопровождаются структурными изменениями материи и привлечение представлений о структуре разрушения, т.е. о трансформации начальной структуры тела при деформировании в сторону образования новых структур позволяет описать кооперативные эффекты на различных масштабных уровнях. Таким образом, можно сделать вывод, что на сегодняшний день есть предпосылки для разработки термодинамического подхода к описанию напряженного и деформированного состояния материала в элементарном акте стружкообразования при резании материалов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вейц В.Л., Максаров В.В., Лонцих П.А. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке. Иркутск, РИО ИГИУВа, 2000. 189с.
2. Майков В.П. Расширенная версия классической термодинамики – физика дискретного пространства-времени. М.: МГУИЭ. 1997. 160с.
3. Илькаев Р.И., Учаев А.Я., Новиков С.А., Н.И., Платонова Л.А., Сельченкова Н.И. Универсальные свойства металлов в явлении динамического разрушения. ДАН. 2002.Т.384,№3, с. 328-333.
4. Гольдштейн Р.В., Осипенко В.М. Иерархия структур при разрушении. ДАН. 1992.Т.325. №4, с. 735-739.

СТРУКТУРА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕРРИТОРИАЛЬНО-РАЗНЕСЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Панфилов М.Л., Коган М.С.
Ижевский Государственный
Технический Университет,
Ижевск

Главным критерием деятельности предприятия в условиях рыночной экономики и, особенно, на стадии ее становления является конкурентоспособность, прежде всего, определяющаяся, тем какое качество товаров или услуг будет предложено потребителю. Обеспечение необходимого качества товаров во многом определяется способностью предприятия организовать необходимые условия хранения сырья и продукции. Одним из определяющих параметров условий хранения сырья и продукции является оптимальный микроклимат. Приборы для измерения температуры широко используются практически во всех областях человеческой деятельности – в промышленности, сельском хозяйстве, метеорологии, музеях, библиоте-