

Н. М. Федосов

И. А. Богданович, кандидат технических наук, доцент

А. А. Тарасевич

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В КОНСТРУКЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ

Введение. При анализе тепловых явлений в процессе обработки технологическая система подразделяется на подсистемы трех уровней. Технологическая подсистема первого уровня (рисунок 1) имеет целью получение на заготовке (детали) отдельных поверхностей или изменение свойств обрабатываемого материала детали.

В результате объединения подсистем ТП1 получаем подсистему второго уровня — ТП2 (рисунок 2), например, мы можем получить готовую обработанную деталь. Объединение нескольких подсистем второго уровня создает систему третьего уровня — ТП3, результатом функционирования которой является узел машины. Объединяя несколько ТП3, получаем технологическую систему, результатом функционирования которой является изделие или машина [1].

Чтобы управлять тепловыми процессами, необходимо определить, где возникает и каким путём распространяется теплота в проектируемом технологическом оборудовании, а также пути теплообмена между составляющими технологической системы. Основная часть тепловых процессов происходит в подсистемах первого и второго уровня, в которых осуществляется обработка заготовки с изменением её формы, а также свойств (обработка давлением и резанием, сварка, термическая обработка и т. д.).

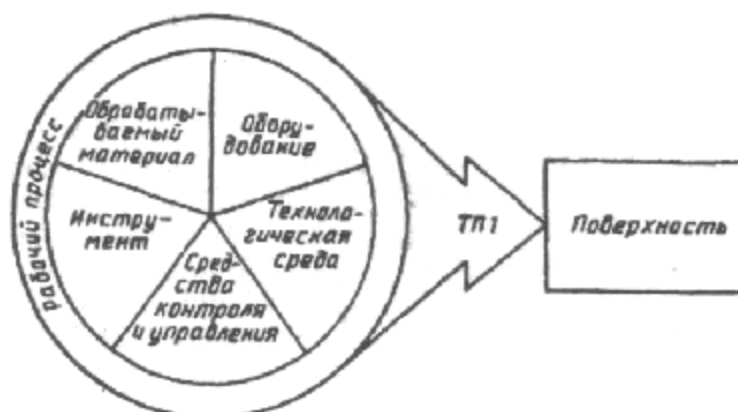


Рисунок 1 — Структурная схема подсистемы первого уровня (ТП1)

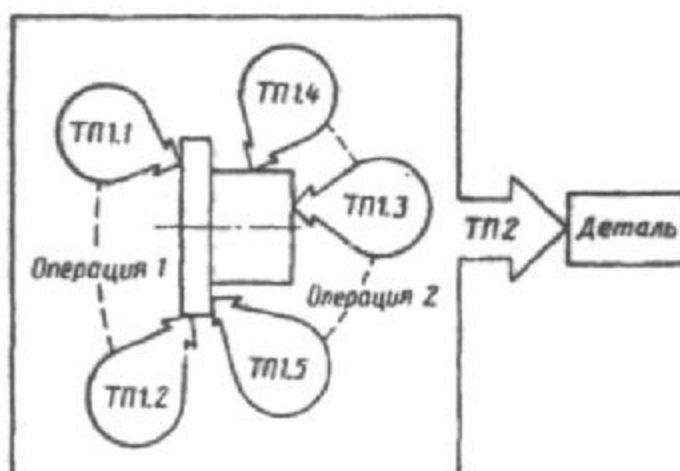


Рисунок 2 — Структурная схема подсистемы второго уровня (ТП2)

Тепловые процессы, которые происходят в технологических системах ТП1 и ТП2, могут в значительной степени влиять на производительность труда и качество выпускаемой продукции [2].

Точность деталей, изготавливаемых на конкретном технологическом оборудовании, и эксплуатационная надёжность технологических подсистем зависит от температурных полей и вызванных ими тепловых деформаций в узлах и механизмах станков. Эти деформации влияют на погрешность обработки, а также на долговечность шпиндельных и других узлов оборудования, так как вызывают изменение зазоров и натягов сопрягаемых соединений. Также изменяются условия смазки, повышается изнашивание и может отсутствовать взаимное перемещение трущихся деталей узлов технологического оборудования. Глубокое изучение тепловых процессов в узлах технологического оборудования и определение возможностей управления этими процессами занимает всё большую часть времени при конструировании и изготовлении различного технологического оборудования.

Основная часть. Анализ тепловых явлений в оборудовании состоит из трёх этапов: 1) определение мощности источников тепловыделения; 2) расчёт или экспериментальное определение температурных полей в узлах или элементах конструкции технологического оборудования; 3) расчёт или опытное определение термических деформаций основных узлов и определение их воздействия на точность взаимного расположения инструмента и обрабатываемой детали, а также условий работы механизмов станка, оказывающих влияние на точность обработки.

Тепловыделение и температура в подшипниках. Наибольшая температура наблюдается в местах расположения подшипников быстроходных валов. При этом в подшипниках качения теплообразование не менее интенсивное, чем в подшипниках скольжения: различие температур в зоне подшипника качения может достигать нескольких десятков градусов [3].

Источником теплообразования в работающем подшипнике является трение между его деталями. Суммарная мощность источников тепловыделения определяется по формуле

$$W = 2\pi Mn, \quad (1)$$

где M — момент трения подшипника, Нм;

n — частота вращения, с^{-1} .

Момент трения зависит от конструкции подшипника, вязкости смазочного материала, а также от класса точности подшипника и точности сборки подшипникового узла станка. Теплота, возникающая в подшипниках, проникает в детали и узлы станка и также частично уносится циркуляционной смазочной системой подшипниковых узлов. Расчёт количества теплоты, поступающей из подшипниковых узлов в другие детали станка, например в стенки шпиндельной коробки, позволяет произвести расчёт погрешностей, вызванных тепловыми деформациями деталей и узлов станков, влияющих на точность и производительность станка.

Тепловые задачи могут быть решены с помощью инженерной методики теплофизического анализа [1].

Температура и термические деформации в ходовых винтах. Ходовые винты нагреваются теплотой, которая выделяется в паре «винт—гайка». При приложении к указанному узлу осевой силы P возникает момент трения, который определяется по формуле

$$M = 0,5Pd_{\text{np}} \text{tg}(\alpha + \rho), \quad (2)$$

где d_{np} — средний диаметр резьбы;

α — угол подъёма резьбы;

ρ — угол трения.

Мощность тепловыделения при этом определяется по формуле (1).

Расчёт повышения температуры, вызванной работой сил трения, определяют для винтов, тепловые деформации которых могут оказать непосредственное влияние на погрешность формы и размеров деталей, обрабатываемых на токарных, резьбшлифовальных и других аналогичных по конструкции станках. Если на участке винта длиной $l_{\text{в}}$ возникает температура θ , то винт удлинится на величину, вычисляемую

$$\Delta l = \alpha \theta l_{\text{в}}, \quad (3)$$

где α — термический коэффициент линейного расширения.

Расчёт коэффициента α и температуры θ приведен в [1].

При тепловых расчётах технологического оборудования необходимо в полной мере учитывать также температуру внешней среды, в которой находится технологическая подсистема [4].

Таким образом, чтобы увеличить точность обработки, зависящую от деформации ходовых винтов, необходимо делать винты по длине возможно короче и защищать их от температурных воздействий. Особенно этот фактор влияет на точность перемещений бабок шлифовальных станков: погрешность может достигать 0,03...0,05 мм [5].

Как было уже отмечено, технологическая подсистема первого уровня, в которой закладываются основы получения заданной точности, в качестве компонентов включает заготовку, оборудование, инструмент, технологическую среду, средства контроля и управления процессом. Теплота, возникающая в рабочем процессе, а также в узлах и механизмах станка, распределяясь между всеми компонентами подсистемы, оказывает влияние на их температуру и далее непосредственно или косвенно влияет на точность изделия, изготавливаемого на данном рабочем месте.

На точность продукции влияет температура всех без исключения компонентов технологической подсистемы. Например, исследования при шлифовании подшипниковых колец диаметром 90 мм показали, что изменение температуры технологической жидкости на 1 °С приводит к увеличению отклонения от плоскостности торцов на 0,12 мкм, а от параллельности — на 0,63 мкм. Это немало, если учесть, что температура жидкости при шлифовании повышается на 5...6 °С, а допуски параллельности и плоскостности торцов достаточно жёсткие [6].

Уменьшения тепловых деформаций и смещений компонентов технологической подсистемы, необходимого для повышения точности изделий, можно достичь следующими основными способами: 1) принятием ряда мер по регулированию мощности теплообразования в рабочем процессе, а также в узлах и механизмах оборудования; 2) интенсификацией процесса отвода тепла от нагретых поверхностей в рабочей зоне оборудования, прежде всего связанных с применением смазочно-охлаждающих технологических сред; 3) обеспечением взаимного расположения инструмента, заготовки, деталей и узлов оборудования, создающего условия для уменьшения влияния тепловых деформаций на точность обработки; 4) применением системы компонентов, снижающих влияние тепловых деформаций на погрешность размеров детали, например, регулированием длительности и размера контакта инструмента с обрабатываемым материалом, выбор положения и размеров режущих пластин и пр.; 5) комбинированием в технологической подсистеме различных видов энергии.

Заключение. Проанализированы вопросы влияния тепловых процессов в технологических подсистемах различного уровня, которые существенно влияют на точность и производительность процесса. Рассмотрены наиболее важные узлы и детали технологических подсистем, оказывающие наибольшее влияние на точность обработки.

Список цитируемых источников

1. Резников, А. Н. Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников, Л. А. Резников. — М.: Машиностроение, 1990. — 288 с.
2. Неумоина, Н. Г. Тепловые процессы в механической системе резания: учеб. пособие / Н. Г. Неумоина, А. В. Белов. — Волгоград: ВолгГТУ, 2006. — 84 с.
3. Решетов, Д. Н. Работоспособность и надёжность деталей машин / Д. Н. Решетов. — М.: Высш. шк., 1974. — 205 с.
4. Алферов, В. И. Теплообмен деталей станков с воздухом цеха / В. И. Алферов, Ю. И. Соколов // Станки и инструмент. — 1968. — № 9. — С. 10—11.
5. Ящерицын, П. И. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах / П. И. Ящерицын, М. Л. Еременко, Е. Э. Фельдштейн. — Минск: Высш. шк., 1990. — 512 с.
6. Резников, А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А. Н. Резников. — М.: Машиностроение, 1981. — 279 с.

Материал поступил в редакцию 26.02.2014 г.

УДК 631.371

Ю. И. Шади, кандидат технических наук

Е. В. Соловей, П. М. Юралайт, С. А. Янкович

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

ОСОБЕННОСТИ АГРЕГАТА АКШ-9

Введение. Агрегат комбинированный широкозахватный (АКШ-9) является полунавесной машиной с секционным расположением почвообрабатывающих рабочих органов, выполняющей одновременно несколько технологических операций. Ширина захвата каждой центральной секции равна 2,0, боковой — 2,5. Общая конструктивная ширина захвата агрегата — 9,0. Он агрегируется с тракторами «Беларус-522», «Беларус-022» и другими, оборудованными электронной системой управления задним