

УДК 621.941.2-187

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ НА ТОЧНОСТЬ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩЕГО СТАНКА

Маслюк Максим Олегович

*Студент 6 курса,
кафедра «Металлорежущие станки»
Московский государственный технический университет*

*Научный руководитель: Б.М. Дмитриев,
доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки»*

Современное машиностроение, для того чтобы соответствовать развитию техники, развивается по нескольким направлениям.

Сосредоточение в одном месте и на одном станке различных видов обработок.

Таких как на токарном станке кроме обработки цилиндрических поверхностей, сопровождаемой сверлением в радиальном направлении, фрезерование. На фрезерных станках производится сверление, нарезание резьбы, растачивание.

Появление новых материалов требует разработки широкого диапазона режимов резания.

Развитие вопросов автоматизации с целью увеличения производительности и сокращения “Живого труда”, приводит насыщению комплексов многочисленными приводами, что увеличивает энерговооруженность механической обработки.

Современные требования к качеству выпускаемых изделий, требуют высокой точности получаемых деталей.

Станочные системы выполняют две основные функции. Это обеспечение точности получаемых деталей и обеспечение заданной производительности.

Цель данной работы состоит в выяснении степени влияния термических явлений, возникающих в процессе работы станка, на параметры точности станка.

В качестве объекта выбран станок токарного типа, среднего типоразмера повышенной точности, универсального назначения (УТ-16П).

Станок предназначен для обработки прецизионных деталей оптической промышленности из легких и цветных сплавов.

Во время совершения рабочего процесса в конструкции возникают термические возмущения, которые воздействуют на конструкцию двояким образом:

- приводят к изменению параметров геометрической точности [1].
- приводят к изменению жесткости конструкции [2].

В конечном итоге, оба явления оказывают влияние на изменение точности станка. Под точностью станка будем понимать геометрическую точность станка.

В токарном станке положение оси шпинделя определяется относительно направляющих. В соответствии с ГОСТом, проверка “Параллельность оси вращения шпинделя передней бабки продольному перемещению суппорта”:

- в вертикальной плоскости допуск составляет 10 мкм (микрометров).
- в горизонтальной плоскости допуск составляет 4 мкм (микрометра).

В процессе эксплуатации положение оси изменяется. Изменения сопровождается изменением двух параметров – это линейное перемещение оси в горизонтальной плоскости. Это перемещение изменяет уровень наладки на обработку деталей и приводит к изменению погрешности размера. При проведении исследования, данного явления, производят изменения в положении оси в

горизонтальной плоскости и тот диапазон изменений в величине перемещения оси в горизонтальной плоскости входит в погрешность размера [3].

$$\delta_p = \delta_1 + \delta_2 + \delta_3 + \delta_4 + \delta_5 + \delta_6 + \delta_7,$$

где :

δ_1 – погрешность установки,

δ_2 – погрешность закрепления,

δ_3 – погрешность наладки,

δ_4 - геометрическая точность станка,

δ_5 - износ инструмента,

δ_6 - жесткость конструкции,

δ_7 - термические деформации.

Кроме линейных изменений, влияющих на погрешность размера, происходят угловые перемещения оси в горизонтальной плоскости, которые оказывают влияние на отклонение формы цилиндрической поверхности детали.

Объектом исследования, данной работы, является определение степени влияния угловых перемещений оси в горизонтальной плоскости на величину отклонения формы вдоль оси.

Отклонения формы вдоль оси цилиндрической поверхности: Это конусообразность, бочкообразность.

Образования отклонений указанных видов происходит в результате сложения двух видов движений. В формировании этих отклонений участвуют движения подачи формообразования детали и круговое движение оси под действием термических процессов (рис. 1).

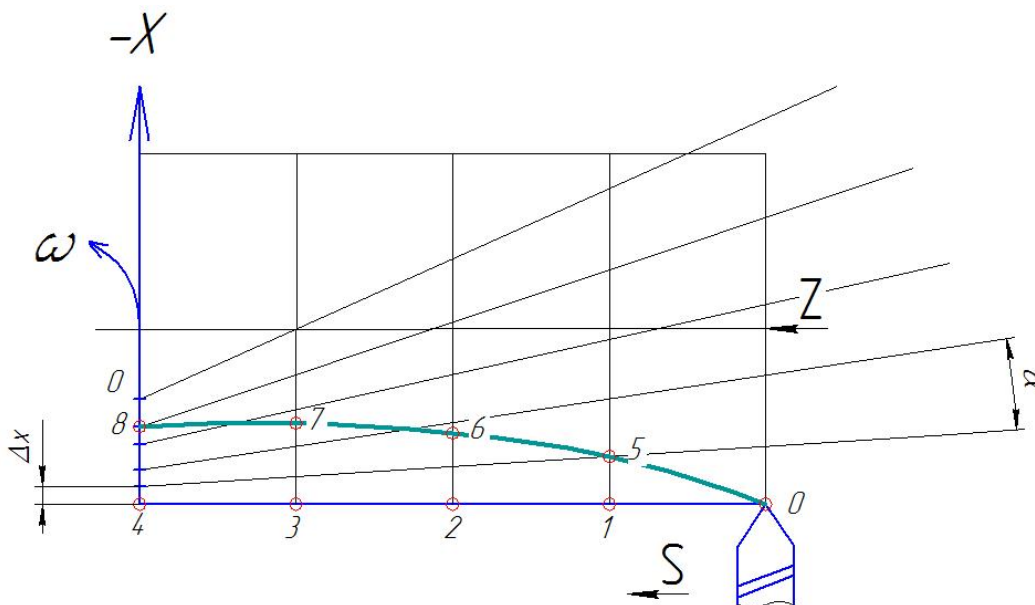


Рис.1. Кинематика образования отклонения формы.

В начале обработки резец касается в точке 0 (ноль) поверхности детали. Резец движется со скоростью подачи S (мм/мин) (миллиметр в минуту). За отведенное время он (резец) приходит в точку 1. За это же время шпиндель вместе с заготовкой движется в горизонтальной плоскости на величину Dx и с круговой скоростью w . В точке 5 они встречаются, по пути образуя некоторую кривую. Если $S = \text{const}$ (константа) и $w = \text{const}$, то на обработанной поверхности образуется спираль Архимеда.

После обработки этой поверхности на обработанной поверхности образуется отклонение формы. Станочная система, особенно универсального назначения, работает на разных режимах. Как показывает практика, исследований изменение положения оси в пространстве носит линейно – угловые движения, траектория линейная и круговая. Закон движения, по обоим траекториям носит экспоненциальный характер. Это значит, что на первом участке, когда происходят основные изменения (рис. 2.) от 0 до t' на обработанных поверхностях образуются отклонения формы вида второго и более порядков кривые. После тепловой стабилизации положения, оси шпинделя стабилизируется, в определенном положении и как результат на обработанной поверхности образуется конусообразность.

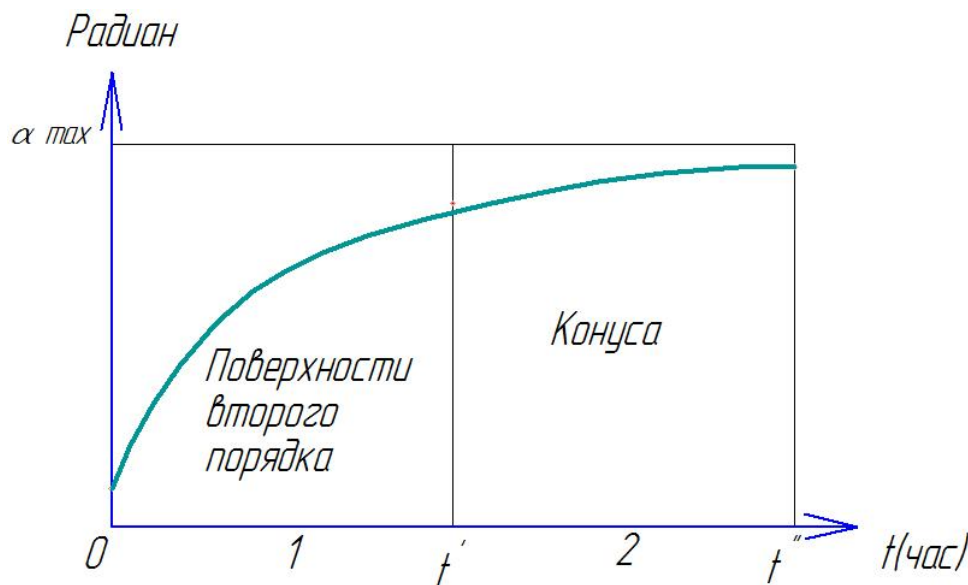


Рис.2. Характер изменения отклонения формы под действием термических возмущений.

Степень влияния термических возмущений зависит от режимов в работе конструкции станка, от конструкторско – технологических решений, и от состояния станка. В этом случае каждая конструкция обладает индивидуальными свойствами. Для определения этих свойств единственным методом является экспериментальный метод.

Модель процесса в виде экспоненциальной зависимости угловых погрешностей:

$$\alpha(t) = \alpha_m(1 - e^{-\lambda t}),$$

где $\alpha(t)$ – текущее значение углового положения оси шпинделя,

α_m – максимальное значение углового положения оси шпинделя для данных условий,

λ – коэффициент, зависящий от теплофизических свойств конструкции,

t – время, эксперимента.

Наблюдаемые параметры процесса во время эксплуатации – это $\alpha(t)$, λ и t . Несмотря на то, что точность формируется в горизонтальной плоскости, для получения достоверной картины о термическом состоянии станка приходится исследования проводить как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости. В вертикальной плоскости модель процесса аналогична. Схема измерения параметров представлена на рис. 3.

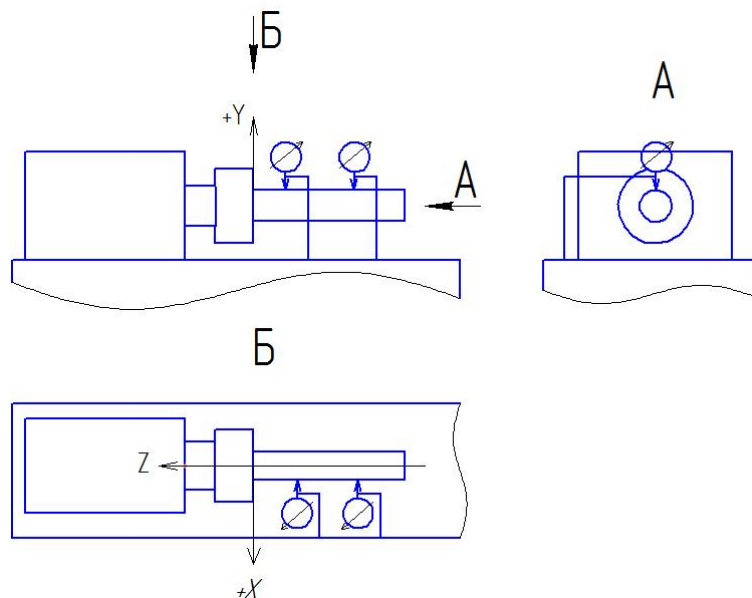


Рис.3. Схема измерения параметров.

При проведении экспериментов фиксируется время работы станка и показания индикаторов (в горизонтальной плоскости №1 и 2 и в вертикальной №3 и 4). Расстояние между индикаторами 100 мм (миллиметров).

Материальное обеспечение эксперимента:

1. Четыре индикатора многооборотных 1.МИГ. с ценой деления 1 мкм (микромметр).
2. Оправка (контрольная), диаметр 30 мм (миллиметров), длиной 200 мм.
3. Хронометр (часы наручные).

Методика проведения эксперимента:

1. Установить контрольную оправку в шпиндель станка .
2. Установить средства линейно – угловых измерений на станок.
3. Установить заданную частоту вращения шпинделя.
4. Произвести запись показаний индикаторов в протокол. Отвести измерительные наконечники от оправки и закрепить их.
5. Включить станок на установленной частоте вращения на заданный промежуток времени.
6. По истечении заданного промежутка времени , выключить станок и снять показания индикаторов.
7. Повторить пункты 5 и 6 до пункта 7
8. По завершению экспериментов на одной частоте производят установку другой частоты и производят исследования на другой частоте и т.д..

Обработка данных:

В данных исследованиях преследуемая цель состояла в оценке свойств станка в отношении поведения шпинделя, в угловом поведении. На станке 24 скорости вращения шпинделя от 35.5 до 1800 мин⁻¹. Исследования проводились на частотах 35.5, 180, 450, 900, 1800 мин⁻¹. Изменения угла наклона оси шпинделя относительно направляющих определяют как разность показаний в горизонтальной плоскости

$$\alpha = D_1 - D_2 / 100$$

Или как разность показаний индикаторов (что и отражено в последующем тексте) $d_r=D_1-D_2$ (мкм) – горизонтальная плоскость, $d_b=D_3-D_4$ (мкм), вертикальная плоскость.

По результатам обработки данных экспериментов были установлены зависимости $d_r(t)$ и $d_b(t)$ (рисунки 4 и 5). Два показателя характеризующих свойство конструкции при действие тепловых деформаций это d_{max} и λ .

Обработка экспериментов показала следующие результаты (см . таблицу).

Таблица 1.

$N, \text{мин}^{-1}$	λ_α	λ_β	α_m	β_m
35.5	-0.767	+ 0.112	+ 5.0	-15.0
180	-0.652	-0.499	+ 2.0	+ 10.0
450	+ 0.106	-0.584	-3.0	+ 30.0
900	+ 0.109	-0.563	-4.0	+ 60.0
1800	+ 0.119	-0.573	-4.5	+80.0

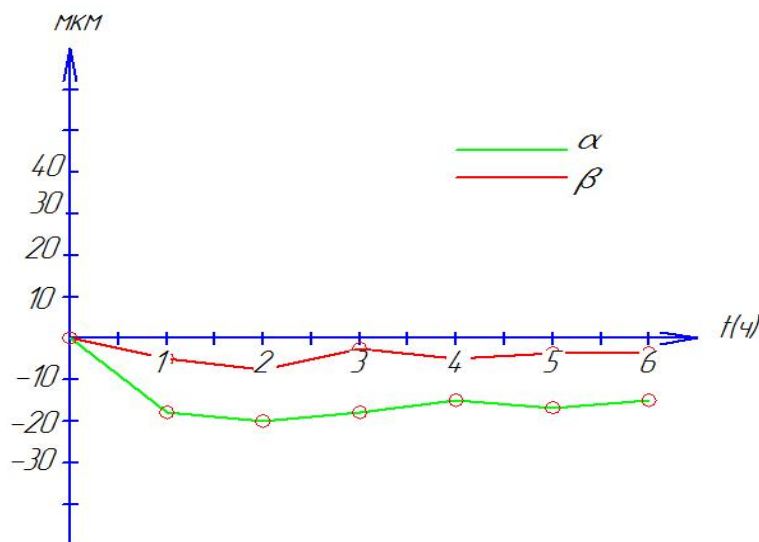


Рис.4. Зависимость изменения углового положения оси шпинделя (частота вращения $35,5 \text{ мин}^{-1}$).

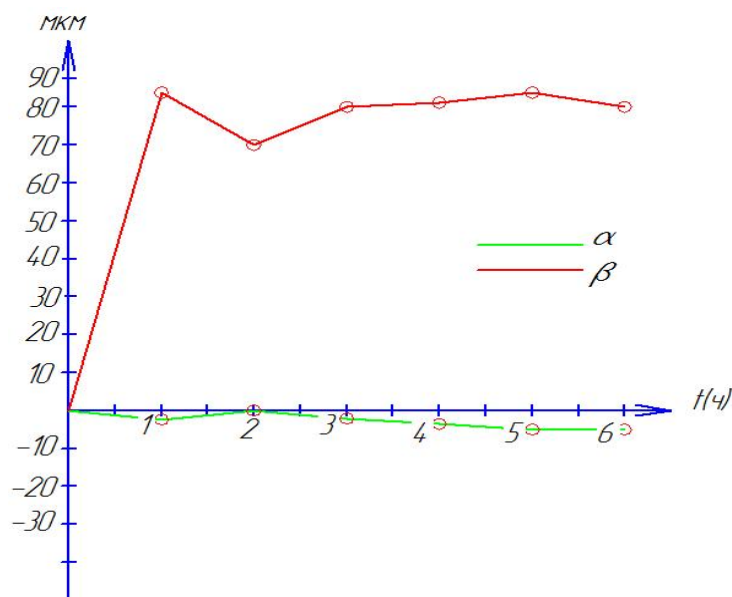


Рис.5. Зависимость изменения углового положения оси шпинделя (частота вращения 1800 мин^{-1}).

Проведенная работа дает основания к следующим выводам:

1. Тепловые деформации в своем действии оказывает влияние, как на погрешность размера, так и на отклонение формы.
2. Отклонение формы, как по форме, так и по величине, зависит от параметров процесса тепловых деформаций. В период переходного процесса на обработанной поверхности образуются отклонения кривых высокого порядка. В установившейся период, на обработанной поверхности, образуется конусообразность.
3. Результаты проведенных, экспериментальных исследований показывают на хорошо спроектированную конструкцию, в отношении тепловых явлений. Это следует из таблицы, где видно что угловая погрешность в горизонтальной плоскости, формирующей точность обработки, имеет зависимость с перегибами и проходит через 0 (ноль) погрешности.

Литература

1. *Соколовский, А.П.* Точность механической обработки и пути ее повышения / *А.П.Соколовский.* –М. –Л.: Машгиз, 1951. - 487 с.
2. *Дмитриев, Б.М.* Изменение жесткости станка от действия тепловых возмущений / *Б.М. Дмитриев, О.Г. Королев* // Известия вузов: Машиностроение. – 1994. - №10 – 12., — С. 112 – 116.
3. *Суслов, А.Г.* Научные основы технологии машиностроения / *А.Г. Суслов, А.М. Дальский.* – М.: Машиностроение, - 2002. – 646 с.
4. ГОСТ 24643 – 81. Основные нормы взаимозаменяемости. Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. – Введен 2004 – 07 – 01. –М.: ИПК Издательство стандартов, 2004. – 11 с.
5. *Дмитриев, Б.М.* Влияние тепловых деформаций станка на точность обработки / Вестник машиностроения. – 1994. - №2., С. 115 – 119.