

М443481

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

СССР

Московское ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени высшее техническое
училище имени Н.Э.Баумана

На правах рукописи

УДК 621.9.015

СПИРИДОНОВ Олег Валерьевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
УМЕНЬШЕНИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТОЧНОСТЬ
РАСПОЛОЖЕНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Специальность 05.02.08 – Технология машиностроения

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 1988

Работа выполнена в Московском ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени Высшем Техническом Училище имени Н.Э.Баумана

Научный руководитель - кандидат технических наук,
доцент О.Ф.Полтавец

Официальные оппоненты - доктор технических наук,
профессор Д.Л.Юдин
- кандидат технических наук,
доцент Б.М.Дмитриев

Ведущее предприятие - МЗКРС, г.Москва

Защита состоится " 21 " марта 1988г.
на заседании специализированного совета К 053.15.15
в Московском Высшем Техническом Училище им. Н.Э.Баумана
по адресу: 107005, Москва Б-5, 2-я Бауманская ул., дом 5.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ
им. Н.Э.Баумана.

Ваш отзыв на
ный печатью, про

Авторефер

Ученый се
кандидат
доцент

Зак. 150 Л-46085
Типограф

М 473 481

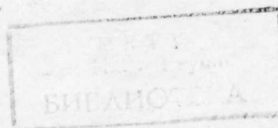
Актуальность проблемы. Важнейшие показатели качества изделий машиностроения в значительной степени зависят от точности изготовления входящих в них деталей, среди которых особое место занимают корпусные детали. Требования по точности размеров, формы и взаимного расположения поверхностей, предъявляемые к ним, очень высоки. При этом особое внимание уделяется обеспечению точности расположения ответственных поверхностей, в частности, основных отверстий.

Существенную роль в возникновении отклонений расположения поверхностей играет выделение в обрабатываемую заготовку части тепла резания. Это объясняется следующими причинами. Во-первых, допуски отклонений расположения поверхностей корпусных деталей стали соизмеримы с величинами тепловых деформаций обрабатываемых заготовок. Во-вторых, высокоэффективное применение станков с ЧПУ, гибких производственных модулей требует существенной интенсификации процессов обработки, в частности, ужесточения режимов резания, что приводит к увеличению тепловыделения при резании.

186674 M
Тепловые деформации, возникающие вследствие тепловыделения в заготовку в процессе её обработки, вызывают изменение размеров и взаимного расположения обрабатываемых и базовых поверхностей в течение всего времени обработки. Это приводит к возникновению погрешностей обработки, наиболее ярко проявляющихся в отклонениях расположения обработанных поверхностей. Механизм этого явления до настоящего времени оставался практически не изученным. Нет методик расчета температурных полей и тепловых деформаций обрабатываемых заготовок корпусных деталей. Имеющиеся методики тепловых расчетов элементов станков далеко не всегда могут быть применены для заготовок корпусных деталей. Не всегда могут быть использованы и экспериментальные методы тепловых исследований станков в аналогичных исследованиях обрабатываемых заготовок корпусных деталей. Вследствие этого производство обладает малым набором методов уменьшения влияния тепловых деформаций заготовок на точность их обработки, а имеющиеся предназначены, в основном, для заготовок деталей простой формы.

Вышеизложенное свидетельствует об актуальности разрабатываемой проблемы.

Цель работы. Разработка технологических методов повышения точности расположения ответственных поверхностей корпусных деталей на основе исследования их тепловых деформаций в процессе обработки.



Методы исследований. При теоретических исследованиях использовались методы теории теплопроводности (метод функций источников и метод интегральных преобразований Лапласа) и методы теории термоупругости.

При экспериментальных исследованиях для контроля температурных полей использовалось тепловидение. Термически обусловленные смещения контролировались на специально разработанном стенде на базе координатно-расточного станка. При физическом моделировании температурных полей, возникающих при растачивании, применялся индукционный нагрев токами повышенной частоты.

Научная новизна. Выявлен механизм смещения растачиваемого отверстия заготовки корпусной детали, вследствие выделения в нее тепла резания, приводящего к возникновению отклонений расположения поверхностей. Разработаны методики расчета температурных полей заготовок корпусных деталей и термически обусловленных смещений растачиваемых отверстий. Получены зависимости, позволяющие рассчитать величины отклонений расположения поверхностей, вызванных тепловыделением при обработке. Разработаны технологические методы уменьшения влияния тепловыделения при резании на точность расположения обработанных поверхностей.

Практическая ценность. Проведенные исследования позволили разработать технологические методы и создать устройства, обеспечивающие уменьшение влияния тепловыделения при резании на точность расположения поверхностей корпусных деталей. Результаты работы внедрены на машиностроительном предприятии с годовым экономическим эффектом около 7 тыс.руб.

Апробация работы. Основные результаты работы доложены на Всесоюзной научной конференции "Современные проблемы технологии машиностроения", Москва, 1986 г., Всесоюзной конференции "Интенсификация технологических процессов механической обработки", Ленинград, 1986 г., научных семинарах кафедры "Технология металлов" МВТУ им.Н.Э.Баумана в 1983-1986 гг.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 6 печатных работ.

Объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, списка литературы из 70 наименований, приложения; содержит 115 страниц машинописного текста, 94 рисунка, 11 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, дана общая характеристика работы.

В первой главе дана общая характеристика корпусных деталей как сложных объектов производства, допуски на основные точностные параметры которых исчисляются несколькими микрометрами.

В результате анализа литературных источников и производственных данных установлено возрастание влияния тепловыделений в элементах технологической системы на точность обработки. Анализ литературы показал, что влияние тепловых деформаций инструментов и станков на точность обработки изучено достаточно подробно, разработаны методы уменьшения этого влияния. В то же время влияние тепловых деформаций обрабатываемой заготовки изучено недостаточно. Имеющиеся работы касаются в основном заготовок простой формы, носят экспериментальный констатирующий характер. Механизм влияния тепловых деформаций заготовки на формирование погрешностей обработки не выявлен.

Проведен анализ основных источников тепла, приводящих к тепловым деформациям заготовок корпусных деталей в процессе их обработки. Установлено, что при обработке заготовок в термоконстантных условиях около 95% в общем балансе составляет тепло резания, в том числе около 80% – тепло резания, выделяющееся в обрабатываемую заготовку в плоскости скалывания. Мощность тепловыделения в заготовку составляет от (5...20) Вт при отделочных режимах обработки и до 400 Вт и более – при черновых.

Анализ существующих методов расчета температурных полей и тепловых деформаций, с одной стороны, показал, что ни один из них не может быть непосредственно применен к обрабатываемым заготовкам корпусных деталей, а с другой стороны, позволил выделить положительные моменты, на базе которых строились теоретические исследования: при исследованиях температурных полей – замена корпусной детали ее плоской разверткой и расчеты с использованием интегральных преобразований; при исследованиях тепловых деформаций – переход от корпусной детали к диску и расчеты с использованием уравнений термоупругости.

Проведен анализ экспериментальных методов исследований температурных полей и тепловых деформаций. В качестве метода исследования температурных полей обрабатываемой заготовки корпусной детали наибольший интерес представляет тепловидение, обладающее

высокой точностью, наглядностью, достоверностью. Для исследования тепловых деформаций необходимо создать специальный стенд на основе тензоизмерительной аппаратуры.

На основе проведенного анализа поставлены следующие задачи исследования:

1. Теоретическое и экспериментальное исследование температурных полей и тепловых деформаций заготовок корпусных деталей, вызванных тепловыделением в процессе их обработки.

2. Теоретическое и экспериментальное исследование механизма формирования отклонений расположения поверхностей заготовок корпусных деталей при их тепловых деформациях в процессе обработки.

3. Разработка технологических методов уменьшения отклонений расположения поверхностей корпусных деталей, вызванных тепловыми деформациями при их обработке.

Вторая глава посвящена теоретическим исследованиям влияния тепловыделения при обработке заготовок корпусных деталей на точность расположения их поверхностей.

Механизм возникновения термически обусловленных отклонений расположения поверхностей корпусной детали можно описать следующим образом. Выделение в обрабатываемую заготовку части тепла резания создает в ней нестационарное температурное поле. Нагрев заготовки приводит к ее тепловой деформации в процессе обработки. Смещение обрабатываемой поверхности вследствие тепловой деформации заготовки приводит к отклонениям расположения поверхностей корпусной детали.

Мощность тепловыделения в заготовку, рассчитанная на основе полученных А.Н.Резниковым зависимостей, определяется, главным образом, режимом резания.

Для теоретических исследований температурных полей обрабатываемой заготовки корпусной детали разработаны расчетные модели источника тепла резания и заготовки, обеспечивающие проведение расчетов.

Расчетная модель источника тепла резания при растачивании представляет собой цилиндрический источник постоянной мощности, равный мощности тепловыделения в заготовку, расположенный на поверхности обрабатываемого отверстия и действующий в течение времени, равного продолжительности растачивания. Погрешность расчетной модели не превышает 5% для условий: частота вращения

расходного инструмента $n \geq 1 \text{ с}^{-1}$, скорость подачи $S \geq 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$, продолжительность растачивания 100 с.

При построении расчетной модели заготовки корпусная деталь коробчатой формы с размерами $A \times B \times C$, толщиной стенок δ , открытая сверху, с одной системой номинально соосных отверстий диаметром d (рис. I, а) была приведена к плоскому виду путем развертки относительно обрабатываемой стенки (рис. I, б). Для устранения пересечения тепловых потоков на развертке заготовки и сохранения неразрывности тепловых потоков в ребрах заготовки произведены соответствующие перестроения развертки (рис. I, в). Поскольку температура любой точки развертки заготовки определяется только расстоянием до источника тепла (растачиваемого отверстия) и координатой по толщине стенки, от развертки был сделан переход к расчетной модели заготовки в виде диска с отверстием (рис. I, г). Наружный радиус диска (R) равен расстоянию от центра растачиваемого отверстия до наиболее удаленной точки заготовки; радиус отверстия (R_1) равен радиусу растачивания; толщина (δ) равна толщине стенок заготовки.

Температурное поле заготовки корпусной детали в процессе обработки описывается дифференциальным уравнением нестационарной теплопроводности в частных производных, решая которое методом интегральных преобразований Лапласа, получили

$$T = \theta + 2 \left[\frac{W}{2\pi\lambda} \left(\frac{1}{Bi_n} - \ln \frac{r}{R} \right) - \sum_{n=1}^{\infty} A_n J_0(\beta_n \frac{r}{R}) \exp[-\beta_n^2 Fo_r] \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_n}{D_n} \exp[-\mu_n^2 Fo_x] \right], \quad (I)$$

где $A_n = \frac{Bi_n}{(Bi_n^2 + \beta_n^2) J_0(\beta_n)} \left[2(\theta - T_0) + \frac{W}{\pi\lambda Bi_n J_0(\beta_n)} \right];$

$$C_n = Bi_n \left[\mu_n \cos \mu_n \left(0,5 + \frac{x}{\delta} \right) + Bi_n \sin \mu_n \left(0,5 + \frac{x}{\delta} \right) \right] + \\ + Bi_n \left[\mu_n \cos \mu_n \left(0,5 - \frac{x}{\delta} \right) + Bi_n \sin \mu_n \left(0,5 - \frac{x}{\delta} \right) \right];$$

$$D_n = \left[(1 + Bi_n + Bi_n) \mu_n^2 + Bi_n Bi_n \right] \sin \mu_n + \\ + \mu_n (\mu_n^2 + Bi_n Bi_n) \cos \mu_n;$$

$$Bi_n = \alpha_n R / \lambda; \quad Bi_n = \alpha_n \delta / \lambda; \quad Bi_n = \alpha_n \delta / \lambda;$$

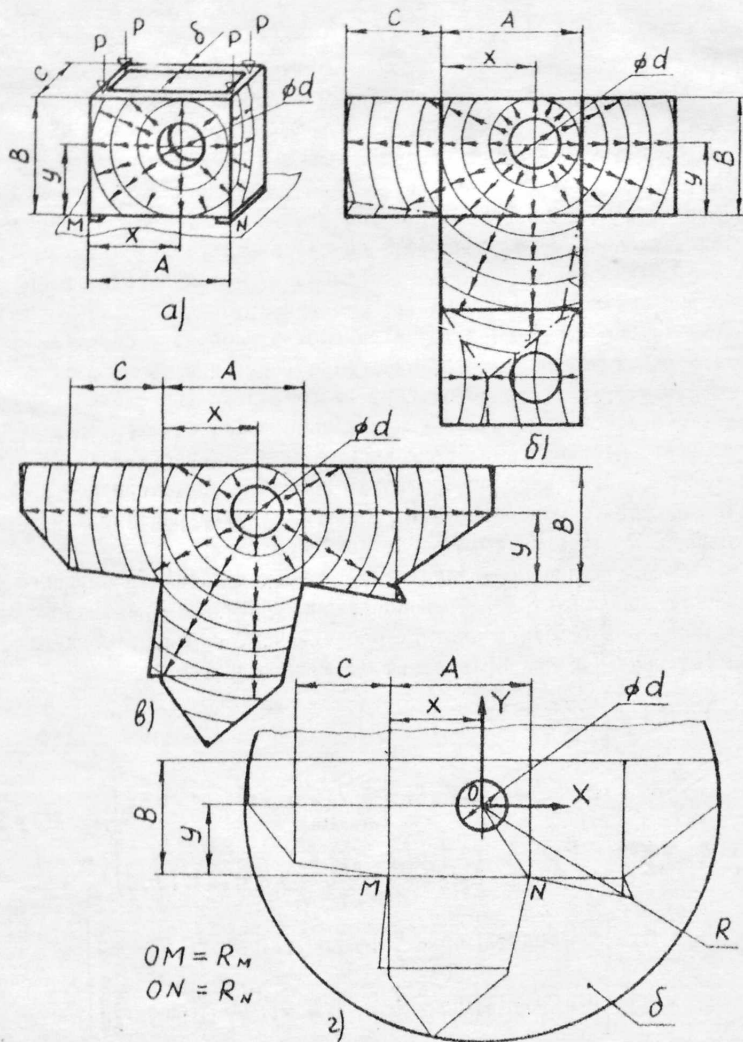


Рис. I. Расчетная модель заготовки корпусной детали

$$F_{0r} = \alpha t / R^2 ; \quad F_{0z} = \alpha t / \delta^2$$

T - температура точки заготовки корпусной детали с координатами r (расстояние от центра растачиваемого отверстия) и z (расстояние от среднего сечения стенки) в момент времени t при мощности тепловыделения в заготовку W ;

θ - температура окружающей среды;

$T_0 = T_0(r, z)$ - температурное поле заготовки перед растачиванием;

$\alpha_n, \alpha_\lambda, \alpha_n$ - коэффициенты теплоотдачи поверхностей заготовки;

λ, α - коэффициенты тепло- и температуропроводности;

β, m - корни характеристических уравнений

$$Bi_n / \beta = J_1(\beta) / J_0(\beta) ; \quad tg m (m^2 - Bi_\lambda Bi_n) = m (Bi_\lambda + Bi_n)$$

Расчеты показали, что наибольшему нагреву подвержена область обрабатываемой стенки, расположенная вокруг растачиваемого отверстия. Её размеры определяются мощностью тепловыделения в заготовку, а средняя температура нагрева в диапазоне исследуемых мощностей тепловыделения (до 185 Вт) составляет (1,3... 19,5) К. Изменение температуры по толщине стенок заготовки не превышает 0,1 К. На уровень температурного поля оказывают влияние мощность тепловыделения и продолжительность растачивания, условия теплоотдачи, толщина стенок заготовки. Тепловое равновесие заготовки в процессе обработки не достигается.

При расчете тепловых смещений растачиваемого отверстия была использована расчетная модель, принятая при расчете температурных полей (рис. 1, г). Расчетный диск находится в плосконапряженном состоянии, приводящем к его тепловому расширению во всех направлениях. Тепловое смещение каждой стенки определяется схемой установки заготовки. При наиболее распространенных схемах базирования (на подкладные элементы) и закрепления (за платики или сверху) точки контакта обрабатываемой стенки заготовки с базой можно считать неподвижными. Тепловое смещение обрабатываемой стенки будет направлено вверх, а смещение растачиваемого отверстия определяться тепловой деформацией радиусов ON и OM расчетного диска. Тепловое расширение расчетного диска определялось решением уравнений термоупругости

$$\Delta R_i = \frac{\alpha_T}{R_i} \left[(1+\nu) \int_{R_i}^{R_i} (T-T_0) R_i dR_i + \frac{(1-\nu) R_i^2 + (1+\nu) R_i^2}{1-R_i^2} \int_{R_i}^R (T-T_0) R_i dR_i \right], \quad (2)$$

где α_T - коэффициент линейного расширения;

ν - коэффициент Пуассона;

$T = T(R, t)$ - температурное поле заготовки.

Тепловое смещение центра растачиваемого отверстия определяется выражениями

$$\Delta X = \left[(R_M + \Delta R_M)^2 - (R_N + \Delta R_N)^2 + A^2 \right] / 2A - X \quad (3)$$

$$\Delta Y = \frac{1}{2A} \sqrt{4A^2 (R_M + \Delta R_M)^2 + [A^2 - (R_M + \Delta R_M)^2 + (R_N + \Delta R_N)^2]^2} - Y,$$

где $\Delta R_M, \Delta R_N$ - тепловое удлинение соответственно радиусов R_M, R_N .

Расчеты показали, что в результате тепловыделения при растачивании ось обработанного отверстия принимает изогнутую форму и смещается относительно номинального положения в сторону базы. Максимальное смещение получает выходное сечение отверстия. Отклонения расположения определялись по линейным составляющим криволинейных осей отверстий. Установлено возникновение следующих отклонений: от соосности относительно общей оси и относительно базового отверстия, от перпендикулярности торцу, от параллельности базе. Величины возникающих погрешностей определяются, в первую очередь, уровнем температурного поля заготовки, схемой установки заготовки, координатами растачиваемого отверстия относительно базы.

Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям влияния тепловыделения при обработке заготовок корпусных деталей на точность расположения их поверхностей.

Объектом исследования являлась заготовка типовой корпусной детали коробчатой формы размерами (0,3 x 0,26 x 0,2) м, толщина стенок 0,01 м, три системы номинально соосных отверстий: $\varnothing 0,05$ м, $\varnothing 0,07$ м, $\varnothing 0,1$ м. Исследования проводились, в основном, при растачивании системы отверстий $\varnothing 100$ мм, расположенной на расстоянии 0,16 м от базы и 0,1 м от боковой стенки в бобышках длиной 0,07 м.

В связи с невозможностью выделения составляющей погрешнос-

ти обработки, вызванной тепловыделением, из суммарной погрешности, вызванной совокупным действием всех технологических факторов, экспериментальные исследования проводились в несколько этапов.

На первом этапе исследовались температурные поля заготовки корпусной детали при реальном растачивании. Температурные поля регистрировались тепловизором ТВ-03. Для расшифровки термограмм использовались термопары, установленные на поверхности заготовки. Экспериментальные исследования подтвердили основные результаты теоретических исследований. Разность расчетных и экспериментально определенных температур нагрева заготовки уменьшается с увеличением продолжительности растачивания и для характерной для типовых режимов продолжительности растачивания (более 400 с) не превышает (15...20)%. Это расхождение объясняется, в основном, влиянием теплоемкости бобышки, что не учитывалось в теоретических исследованиях. Изотермы поверхности заготовки концентричны относительно растачиваемого отверстия, имеют форму, близкую к кольцевой. В результате экспериментальных исследований установлено, что повышение теплопроводности стыка "база - установочная поверхность" приводит к уменьшению температуры нагрева обрабатываемой стенки. По мере удаления от растачиваемого отверстия температура заготовки быстрее уменьшается в направлениях, где нет препятствий для распространения тепла: отверстий, границ стенок и т.п. В начальный период обработки скорость нагрева заготовки выше при растачивании с направлением подачи от станки в бобышку, чем при растачивании с направлением подачи от бобышки в станку, однако, температура нагрева в обоих случаях примерно одинаковая. Основные результаты экспериментальных исследований температурных полей при растачивании заготовок корпусных деталей, в сравнении с результатами теоретических исследований, приведены на рис. 2.

На втором этапе проводилось моделирование температурных полей, возникающих в процессе растачивания, с помощью специально разработанной и изготовленной установки индукционного нагрева токами повышенной частоты. Максимальная мощность тепловыделения в заготовку, обеспечиваемая установкой, - 200 Вт при токе в индукторе - 130 А. Сравнение температурных полей заготовки корпусной детали, возникающих при реальном растачивании и при моделировании, показало почти полное их совпадение. Это позволило исследовать тепловые деформации обрабатываемой заготовки корпусной детали при замене реального растачивания моделированием температур-

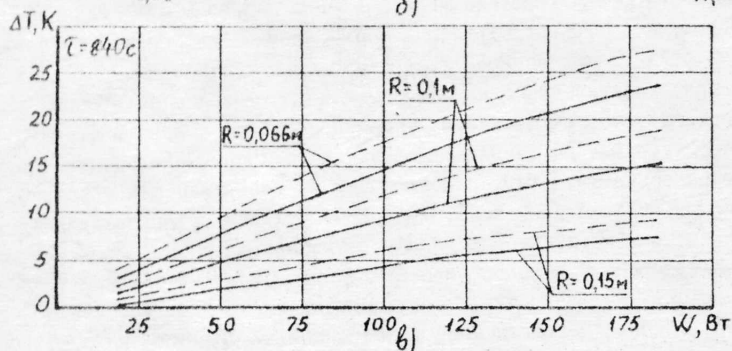
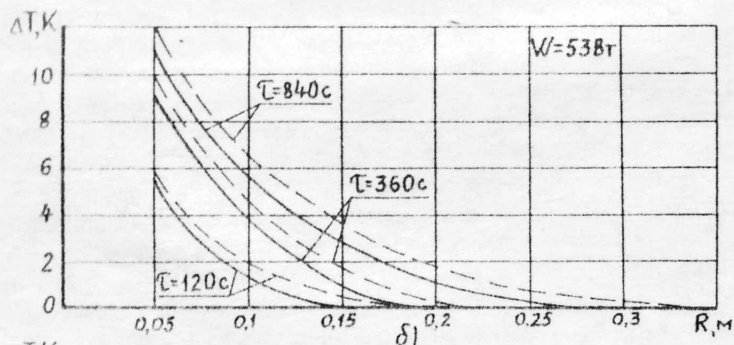
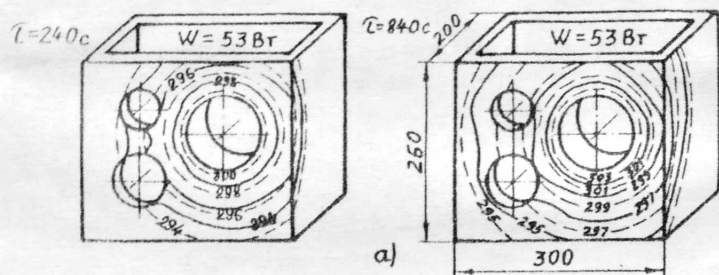


Рис.2. Температурное поле заготовки корпусной детали в процессе обработки (а); распределение температуры нагрева по мере удаления от растачиваемого отверстия (б); зависимость температуры нагрева от мощности тепловыделения в заготовку (в).

--- расчетные данные;

— экспериментальные данные

ных полей, возникающих при растачивании.

На третьем этапе исследовались смещения отверстия, вызванные тепловыделением при растачивании, и определялись погрешности обработки, обусловленные этими смещениями. Исследования проводились на специальной экспериментальной установке, смонтированной на базе координатно-расточного станка и состоящей из установки индукционного нагрева и измерительной системы. Экспериментальные исследования подтвердили основные результаты теоретических исследований. Расхождение расчетных и экспериментально определенных смещений оси расточенного отверстия определяется разностью расчетных и экспериментально определенных температур нагрева и для характерной для типовых режимов продолжительности растачивания не превышает (15...20)%. Установлено, что применение прокладок в стыке "база - установочная поверхность" приводит к увеличению отклонений расположения, вызванных тепловыделением при растачивании, вследствие ухудшения теплоотвода от обрабатываемой заготовки. При растачивании с направлением подачи от стенки в бобышку в связи с большей интенсивностью нагрева в начальный период обработки наблюдается большее отклонение оси расточенного отверстия от прямолинейности, чем при растачивании с направлением подачи от бобышки в стенку. Основные результаты экспериментальных исследований отклонений расположения отверстий, вызванных тепловыделением при растачивании, в сравнении с результатами теоретических исследований, приведены на рис. 3.

Четвертая глава посвящена разработке технологических методов уменьшения влияния тепловыделения при обработке на точность расположения поверхностей корпусных деталей.

Установленный в результате теоретических и экспериментальных исследований механизм формирования отклонений расположения определяет основные пути уменьшения влияния тепловыделений на точность расположения обработанных поверхностей: выбор рациональных режимов резания, управление температурным полем заготовки корпусной детали в процессе обработки, управление термически обусловленными смещениями элементов заготовки в процессе обработки.

Влияние режима резания на отклонения расположения, вызванные тепловыделением при обработке, характеризуется двумя взаимосвязанными параметрами: мощностью тепловыделения в заготовку и продолжительностью обработки. Наименьшие значения отклонений расположения поверхностей наблюдаются при малых продолжительности рас-

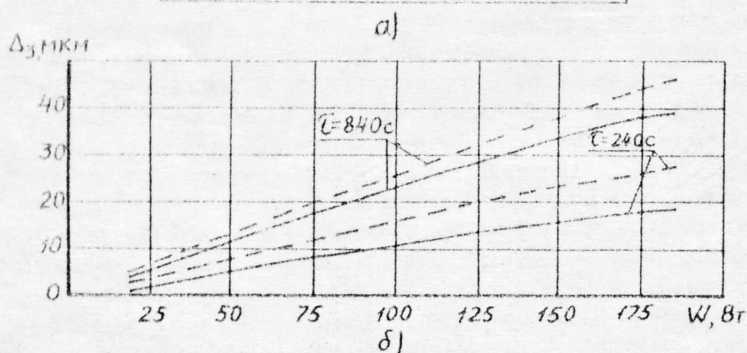
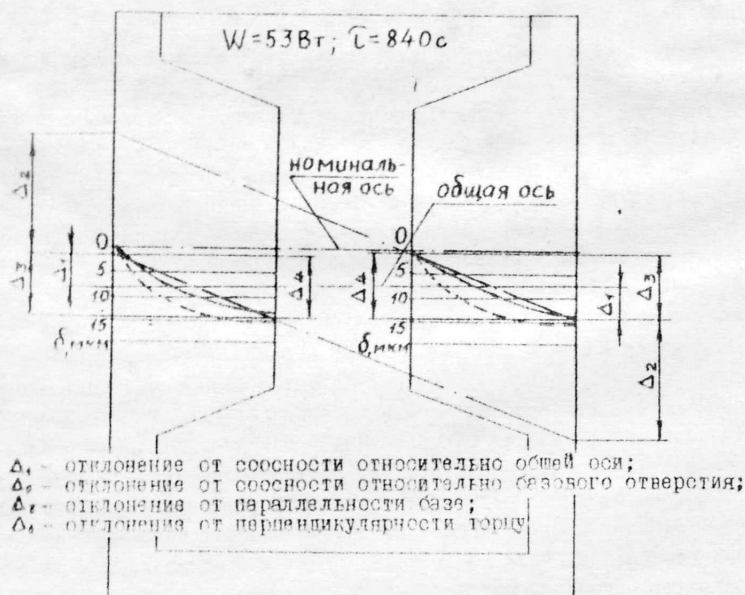


Рис. 3. Термически обусловленные смещения обрабатываемых отверстий и вызванные этим отклонения расположения (а); зависимость отклонения от параллельности оси относительно базы от мощности тепловыделения в заготовку при растачивании (б).

— — — — — расчетные данные; — — — — — экспериментальные данные

растачивания и мощности тепловыделения. В тех случаях, когда продолжительность обработки отверстия является лимитирующим фактором, для снижения мощности тепловыделения в заготовку следует рекомендовать уменьшение глубины резания при пропорциональном увеличении подачи. Это позволяет существенно, в (1,5...2,5) раза, уменьшить отклонения расположения, вызванные тепловыделением при растачивании. Уменьшение глубины резания при пропорциональном увеличении скорости резания дает меньший эффект. В тех случаях, когда продолжительность обработки не является лимитирующим фактором, возможно уменьшение всех параметров режима резания. При этом наибольший эффект дает уменьшение глубины резания.

Для определения мощности тепловыделения в заготовку, продолжительности прохода и величин отклонений расположения отверстий, вызванных тепловыделением при их растачивании в заготовках корпусных деталей малых и средних габаритов из чугуна НВ (170...200), разработаны номограммы (рис.4).

Управление температурным полем обрабатываемой заготовки возможно путем охлаждения и термостабилизации. Термостабилизация заготовки заключается в нагреве ее до состояния теплового равновесия, после чего производится обработка. Нагрев осуществляется специальным устройством предварительной термостабилизации (УПТ), представляющим собой двухстороннюю разжимную цангу с электронагревателем. УПТ вводится в отверстие перед его растачиванием. Нагрев заготовки производится с тепловой мощностью, равной мощности тепловыделения в заготовку при предстоящем растачивании. Достижение теплового равновесия определяется путем контроля температуры заготовки. По достижении теплового равновесия производится растачивание отверстия. Перерыв между окончанием термостабилизации и началом растачивания не должен превышать (60...90) с. Так как заготовка находится в состоянии теплового равновесия, последующее при растачивании выделение тепла не будет вызывать изменения её теплового состояния, а следовательно и тепловых деформаций, чем и обуславливается эффективность предлагаемого метода.

Применение предварительной термостабилизации заготовки позволило уменьшить отклонения расположения поверхностей, вызванные тепловыделением при обработке, примерно в три раза и повысить точность обработки на (15...25)%.

Внедрение результатов работы в производство позволило получить годовой экономический эффект только на одном машиностроительном предприятии в сумме 6927 руб.

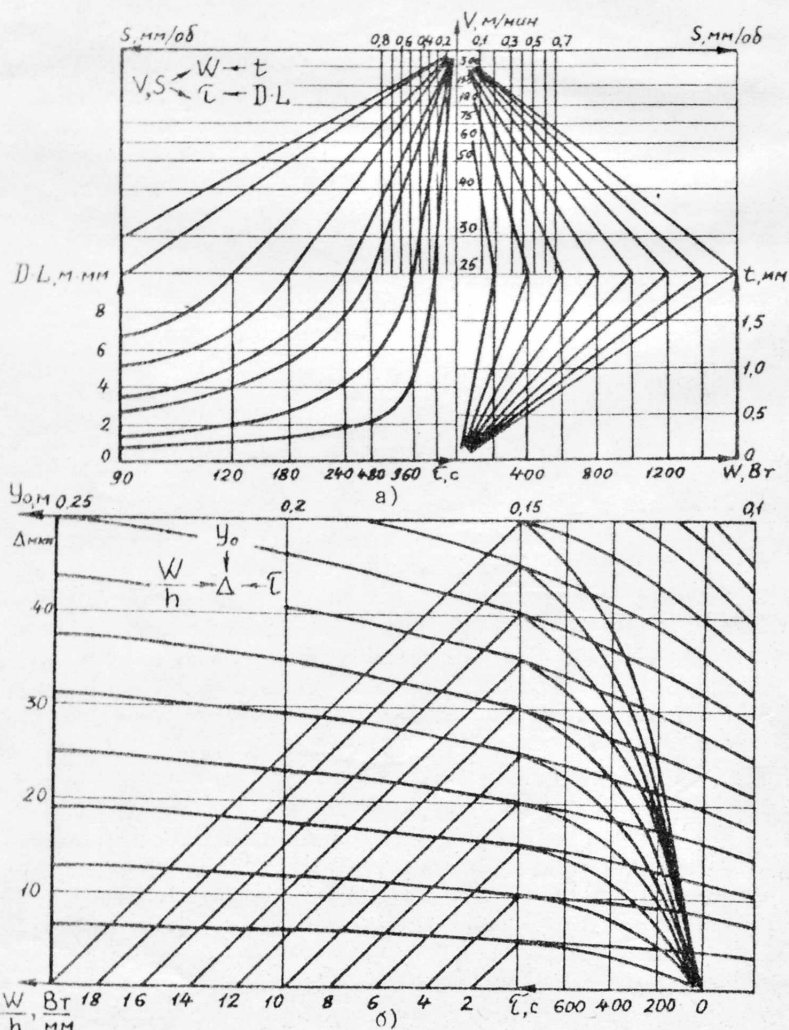


Рис. 4. Номограммы для определения мощности тепловыделения в заготовку и продолжительности растачивания (а) и погрешности расположения отверстия, вызванной тепловыделением при растачивании (б)

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что выделение части тепла резания в обрабатываемую заготовку корпусной детали приводит к изменению в процессе обработки взаимного расположения ее обрабатываемых и базовых поверхностей. Следствием этого является отклонение оси расточенного отверстия от параллельности относительно базы, от перпендикулярности относительно торца, от соосности относительно общей оси и относительно базового отверстия.

2. Установлено, что основным фактором, определяющим тепловые смещения обрабатываемых поверхностей, является температурное поле заготовки. В процессе растачивания в заготовке корпусной детали возникает неравномерное нестационарное температурное поле; нагрев заготовки достигает от (7...10) К при чистовых и получистовых режимах растачивания до (20...25) К и более при черновых режимах. Тепловое смещение оси растачиваемого отверстия составляет от (10...15) мкм при чистовых и получистовых режимах растачивания до (25...30) мкм и более при черновых режимах.

3. Предложены аналитические зависимости для расчета температурных полей, смещения оси растачиваемого отверстия, отклонений расположения, вызванных тепловыделением при растачивании. Результаты расчетов, подтвержденные экспериментальными исследованиями, показали, что величина возникающих отклонений расположения зависит от таких технологических факторов, как режим обработки, структура операции, условия теплоотдачи от обрабатываемой заготовки и др. Погрешность обработки зависит и от конструктивных факторов, например, от габаритных размеров обрабатываемой заготовки, толщины стенок заготовки, координат растачиваемого отверстия.

4. Разработана методика выбора рациональных режимов растачивания, позволяющих в (1,5...2,5) раза уменьшить величину отклонений расположения, вызванных тепловыделением при растачивании. Предложены номограммы для определения мощности тепловыделения в заготовку, продолжительности прохода и отклонений расположения, вызванных тепловыделением при обработке.

5. Разработано устройство предварительной термостабилизации, позволяющее вывести заготовку на состояние теплового равновесия до начала обработки. Применение устройства дает возможность снизить величину отклонения расположения растачиваемых от-

верстий, вызванного тепловыделением при обработке, примерно в 3 раза, а величину суммарного отклонения расположения отверстий на (15...25)%.

6. Внедрение результатов настоящей работы в производство позволило получить годовой экономический эффект только на одном предприятии в сумме 6927 руб.

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Ижмяков В.С., Полтавец О.Ф., Соколов А.А., Спиридонов О.В. О форме источника тепла при растачивании / МВТУ. - М., 1984. - 9 с. - Деп. во ВНИИТЭМР 28.04.84, № 138-мл.

2. Осипов В.Н., Полтавец О.Ф., Соколов А.А., Спиридонов О.В. Использование тепловидения при аттестации металлорежущих станков / МВТУ. - М., 1984. - 6 с. - Деп. во ВНИИТЭМР 27.04.84, № 137-мл.

3. Спиридонов О.В. Влияние тепловыделений при растачивании на точность обработки корпусных деталей // Интенсификация технологических процессов механической обработки: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. - Л., 1986. - С.87.

4. Спиридонов О.В. Повышение точности обработки путем термостабилизации заготовки // Интенсификация технологических процессов механической обработки: Тезисы докладов Всесоюзной конференции. - Л., 1986. - С.87-88.

5. Спиридонов О.В. Расчет температурного поля заготовки корпусной детали при растачивании / МВТУ. - М., 1986. - 29 с. - Деп. во ВНИИТЭМР 05.08.86, № 308-мл.

6. Спиридонов О.В. Исследование погрешностей обработки основных отверстий корпусных деталей, вызванных тепловыделением при растачивании / МВТУ. - М., 1986. - 24 с. - Деп. во ВНИИТЭМР 05.08.86, № 309-мл.

