

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЕРШИНЕ ЛЕЗВИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ИСТОЧНИКОВ

Ивченко Т.Г., Легашева Т.А. (каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Тепловые явления при резании оказывают существенное влияние, как на работоспособность режущего инструмента, так и на качество поверхностей обработанных деталей. Экспериментальные методы определения температур при резании весьма трудоемки, в связи с чем, в настоящее время все большее значение приобретают теоретические методы исследования, позволяющие рассчитывать уровень температур в любых точках тел, участвующих в теплообмене. Представленная работа посвящена определению температуры на вершине лезвия инструмента в зависимости от различных параметров механообработки.

В технологической теплофизике для решения тепловых задач наиболее часто применяют метод источников теплоты [1]. С помощью метода источников, основанного на использовании принципов конструирования решений и принципов отражения источников, сравнительно просто можно определить интеграл, удовлетворяющий дифференциальному уравнению теплопроводности и условиям однозначности: дальнейшей задачей является лишь вычисление этого интеграла.

В соответствии с принципом конструирования решений сложные источники представляют в виде той или иной системы, состоящей из мгновенных точечных источников теплоты. Поэтому и температурное поле, возникающее под действием источника сложной формы, получают методом суперпозиции полей, возникающих под действием каждого из мгновенных точечных источников. Математическое выражение, описывающее температурное поле, которое возникает под действием мгновенного точечного источника, имеет вид

$$\Theta(x, y, z, t) = Q \exp\left[-R^2/4\omega t\right] / \lambda \sqrt{\omega(4\pi T)^{3/2}}, \quad (1)$$

где Q - количество теплоты, внесенной в тело источником; t - время, прошедшее от момента теплового импульса; λ и ω тепло физические характеристики материала;

$$R = \sqrt{(x - x_u)^2 + (y - y_u)^2 + (z - z_u)^2}, \quad (2)$$

R - расстояние от места вспышки $J(x_u, y_u, z_u)$ до какой-либо точки тела $M(x, y, z)$.

Источник теплоты, возникающий на передней поверхности лезвия инструмента является плоским двумерным прямоугольным с размерами $b \times l$ равным площадке контакта стружки с передней поверхностью [1]. Длина контактной площадки в направлении схода стружки l и ее размер вдоль главной режущей кромки b равны

$$l = 2a[k(1 - \tan \gamma) + \sec \gamma], \quad a = s \sin \varphi, \quad b = t / \sin \varphi \quad (3)$$

где a - толщина среза, k - коэффициент продольной усадки стружки, γ - передний угол резца, s - подача, t - глубина резания, φ - главный угол в плане.

Плотность равномерно распределенного теплового потока, действующего в зоне трения стружки о переднюю поверхность инструмента [2].

$$q = 5,85v(P_{Z0} \sin \gamma + P_{N0} \cos \gamma) / blk \quad (4)$$

где $P_{Z0} = P_z - F_{mp}$ - разность тангенциальной силы резания и силы трения по задней поверхности лезвия; $P_{N0} = P_y - F_{mp}$ - разность нормальной составляющей силы резания и силы трения по передней поверхности лезвия, v - скорость резания [3].

Для того, чтобы описать с помощью формулы (1) температурное поле, возникающее под действием двумерного прямоугольного источника теплоты, равномерно распределенного по площадке bx/l необходимо выполнить два интегральных перехода: 1) от точечного источника к двумерному; 2) от мгновенного источника к действующему непрерывно. В результате этих переходов при установившемся теплообмене получено выражение

$$\Theta(x, y, z) = \frac{q}{4\pi\lambda} \int_0^l dx_u \int_{-0,5b}^{0,5b} \frac{dz_u}{\sqrt{(x-x_u)^2 + y^2 + (z-z_u)^2}}. \quad (5)$$

Полученная формула позволяет рассчитать температурное поле на передней поверхности лезвия, считая $y=0$, а также температуру на вершине лезвия, считая $x=0, y=0, z=0$. Формулу (5) целесообразно представить в следующем виде

$$\Theta(x, y, z) = \frac{q}{4\pi\lambda} T(\psi, \zeta), \quad (6)$$

где $T(\psi, \zeta)$ – закон распределения температур в безразмерном виде, $\psi = x/l$; $\zeta = z/l$ – безразмерные координаты.

Значение функции $T(\psi, \zeta)$ в точках $\psi = 0$; $\zeta = 0$, соответствующих координатам вершины резца, то есть значение $T(0,0)$ определяется следующим образом

$$T(0,0) = \ln \left| \frac{(\sqrt{1+\eta^2} + \eta)}{(\sqrt{1+\eta^2} - \eta)} \right| + 2\eta \ln \left| \frac{\eta}{(\sqrt{1+\eta^2} - \eta)} \right|, \quad (7)$$

где η – безразмерная величина, равная $\eta = 0,5b/l$.

Температура на вершине резца при установившемся теплообмене равна

$$\Theta(0,0) = T(0,0)ql/4\pi\lambda, \quad (8)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала резца.

В соответствии с принципом отражения источников, для того чтобы учесть ограниченность твердых тел, надо выполнить отражение источников теплоты, мысленно прикладывая к основному (реальному) телу ряд подобных ему тел с фиктивными источниками теплоты, при чем каждое из последующих тел должно являться зеркальным отражением предыдущего тела относительно плоскости их соприкосновения.

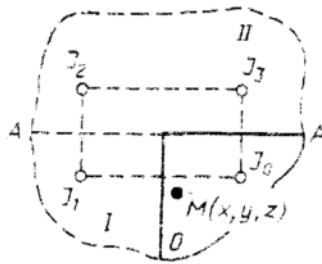


Рис. 1. - Отражение источников для клина с углом 90°

Рассмотрим в качестве примера бесконечный клин с углом $\beta=90^\circ$ при граничных условиях второго рода $q_s=0$. Чтобы перейти к неограниченному телу, нужно: вначале дополнить мысленно клин 0 отраженным клином I с фиктивным источником J_1 и получить полупространство: затем дополнить полупространство с источниками J_0 и J_1 полупространством II с фиктивными источниками J_2 и J_3 расположенными симметрично источникам J_0 и J_1 относительно плоскости AA .

Температура в любой точке M основного клина

$$\Theta_k(J_o) \Big|_{\beta=90^\circ} = \sum_{n=0}^3 \Theta_n(J_n) \quad (9)$$

Полученные формулы (4), (9) позволяют определить температуру на вершине сборного резца с механическим креплением квадратной пластины, имеющей угол при вершине 90° . Указанные расчеты реализованы с использованием пакета Mathcad 2000 PROFESSIONAL.

Пример расчета выполнен для следующих исходных данных: обрабатываемый материал - сталь 45, предел прочности $\sigma=750$ МПа, коэффициент усадки стружки $k=2,2$; геометрические параметры токарного резца из твердого сплава Т15К6: углы в плане $\phi=\phi_l=45^\circ$, передний угол $\gamma=-5^\circ$, задний угол $\alpha=5^\circ$; режимы резания: глубина $t=2$ мм; подача $s=0,2$ мм/об; скорость резания $v=150$ м/мин; износ по задней поверхности $h=0,5$ мм; коэффициент теплопроводности резца $\lambda=27,2$ Вт/м $^\circ$ С. В результате расчета установлена температура на вершине 280° С.

На основании разработанной методики выполнен анализ влияния различных факторов на температуру резца. Предложенные аналитические зависимости позволяют установить характер и степень влияния свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических параметров лезвия инструмента, режимов обработки на температуру вершины лезвия. Указанные параметры оказывают весьма сложное влияние на температуру, так как по-разному влияют на величину теплового потока, возникающего в зоне обработки и размеры площадки контакта стружки с передней поверхностью лезвия.

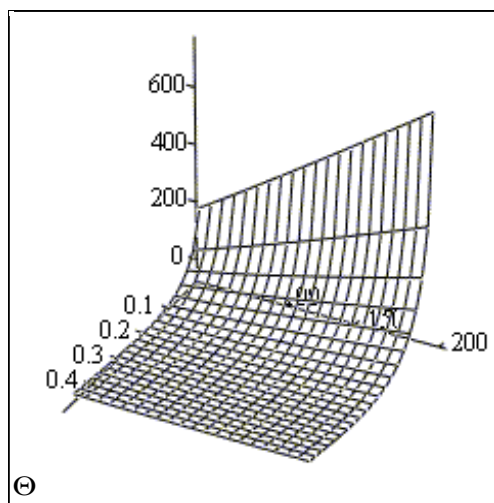


Рис. 2. Зависимость температуры Θ от скорости резания v и подачи s .

на вершине лезвия инструментов с учетом условий механообработки: свойств обрабатываемого и инструментального материалов, геометрических параметров лезвия инструмента, режимов обработки. С использованием пакета Mathcad 2000 PROFESSIONAL выполнен анализ влияния различных факторов на температуру и на основании выполненных расчетов даны рекомендации по рациональному выбору режимов обработки и параметров инструмента.

На рис. 2 представлена двухпараметрическая зависимость температуры Θ на вершине резца от скорости резания в диапазоне ее изменения до 200 м/мин и подачи в диапазоне изменения до 0,4 мм/об. Увеличение подачи, как следует из представленного графика, приводит к снижению температуры на вершине резца, так как с ростом подачи (согласно формулам (3) и (4)) увеличивается длина контакта стружки с передней поверхностью l , а, следовательно, снижается плотность теплового потока q . С увеличением же скорости резания плотность теплового потока прямопропорционально увеличивается, что приводит к увеличению температуры.

Таким, образом, в представленной работе разработана методика определения температуры

Список литературы: 1. Резников А.Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов. - М.: Машиностроение, 1981. - 279с. 2. Ивченко Т.Г., Легащева

Т.А. Исследование температурного поля резцов, оснащенных минералокерамикой. Прогрессивные технологии и системы машиностроения: Международный сб. научных трудов. – Донецк: ДонГТУ, 2000. Вып. 10. С.81-86. 3. Ивченко Т.Г., Сагуленко Н.Г., Саенко В.В. Определение температурного поля резца с использованием метода конечных разностей // Прогрессивные технологии и системы машиностроения. - Донецк: ДонГТУ.- 1998.- Вып.5 - С.58-63.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Коваленко Т.В., Ольховская О.О. (каф. ТМ, ДонГТУ, г.Донецк, Украина)

Получение резьб и профилей в деталях из цветных металлов и их сплавов, а также высококачественных сталей представляет собой сложную технологическую задачу. В настоящее время в нашей стране и за рубежом применяется метод пластического формообразования (выдавливания) внутренних резьб бесстружечными метчиками и наружных резьб и профилей накатным инструментом (роликами, плашками), обладающих высокой производительностью. К недостаткам этих методов можно отнести невозможность получения резьб и профилей на тонкостенных деталях (с толщиной стенки менее двух шагов резьбы). Существуют способы пластического формообразования внутренней резьбы и наружного контура детали радиальным обжимом и редуцированием в жесткой матрице, которые позволяют формообразовывать резьбы на деталях с ограниченной толщиной стенки [1]. Эти способы реализуются на универсальном прессовом оборудовании, что не способствует широкому их использованию в машиностроении.

Предложена классификация тонкостенных профильных изделий, профили которых могут быть получены выдавливанием рис.1. Классификация осуществляется по двум основным признакам: типу профиля и геометрической форме изделий, имеет иерархическую структуру, каждый классификационный уровень разбит на подуровни.

Тип профиля в зависимости от расположения на изделии может быть внешним и внутренним. По форме и назначению различают три типа профиля: резьбовый профиль, декоративный профиль и профиль функционального назначения. На следующем уровне каждый тип разбивается на элементарные виды профилей.

Геометрическая форма изделия представлена тремя основными элементами, характерными, по моему мнению, тонкостенным деталям: вид центрального отверстия, вид продольного сечения, вид поперечного сечения. Классификация не ограничивается, и возможно внесение в нее дополнений.

При непосредственной классификации в одном изделии может присутствовать несколько классификационных элементов (например, тонкостенное изделие с внутренним и наружным профилем различного типа, цилиндрической формы со сквозным отверстием). Возможность такого сочетания позволяет говорить о очень широкой номенклатуре тонкостенных профильных изделий. Причем следует отметить, что обязательной является их стандартизация, в частности унификация и нормализация размеров и геометрической формы. Декоративные поверхности должны выполняться с учетом требований дизайна.

Классификация систематизирует изделия по конструктивным признакам, ставит целью увеличения возможности применения высокопроизводительных методов и технологий обработки. Классификация позволяет решать проблему недостаточной массовости объектов производства, путем выбора изделий близких по своей геометрической форме и, соответственно, по виду технологического воздействия.

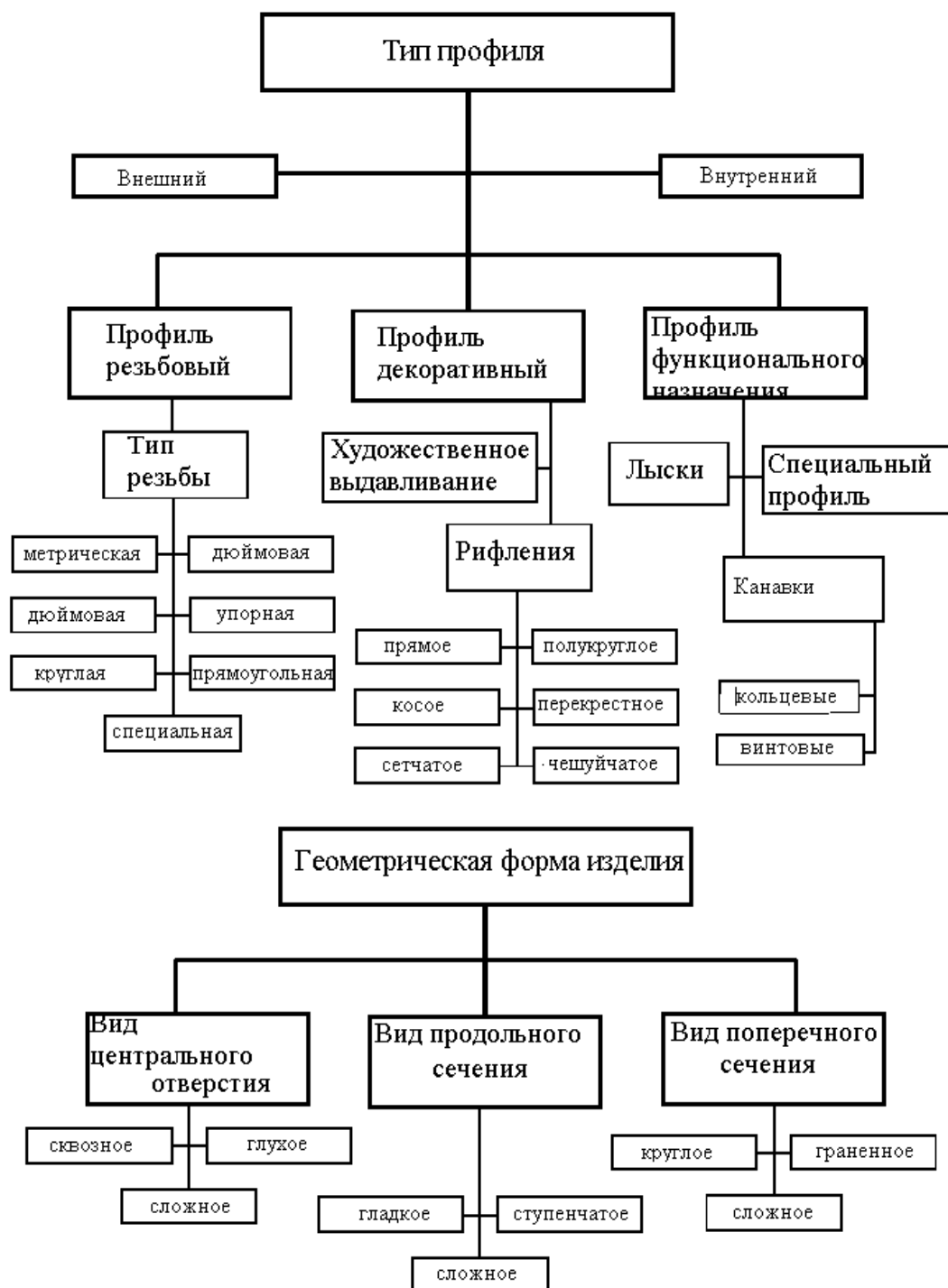


Рис. 1. Классификация тонкостенных изделий, профили которых могут быть получены выдавливанием

Для повышения эффективности производства следует разрабатывать новые методы формообразования профильных поверхностей. В основу формообразования может быть положен кинематический способ задания поверхностей, т.е. перемещение образующей относительно направляющей по определенному закону, описываемому специальным оператором.

Исходными характеристиками является то, что процесс формообразования получается в результате относительного движения заготовки и инструмента. Рабочая часть инструмента с геометрической точки зрения представляет собой либо точку, либо некоторую поверхность, которые в процессе движения, контактируя с обрабатываемым изделием, оставляет след в виде точки, линии или некоторой поверхности, изменяющейся во времени.

Любая поверхность $F(t)$ в данный момент времени t может быть представлена как результат относительного движения двух, любым образом сочетаемых геометрических образов: точек, линий, поверхностей, из которых один образ этой пары определяется формой инструмента, точнее формой его контакта с обрабатываемой поверхностью, а другой определяется кинематикой[2].

Соответственно, поверхности резбовых отверстий или схемы технологического воздействия при выдавливании резьбы на резьбовой оправке, при сочетании геометрических образов, можно представить как:

$$\text{- прерывистая} \quad L_1 \rightarrow \bigvee_{v=1}^r \bigvee_{t=1}^p (dl_t \times dl_v);$$

$$\text{- непрерывная} \quad L_2 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \bigwedge_{t=1}^{\infty} (dl_t \times dl_v);$$

$$\text{- единовременно-прерывистая} \quad L_3 \rightarrow \bigvee_{t=1}^p \left(dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \right) \text{ или}$$

$$L_3 \rightarrow \bigvee_{v=1}^r \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times dl_v \right);$$

$$\text{- единовременно-непрерывная} \quad L_4 \rightarrow \bigwedge_{t=1}^{\infty} \left(dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v \right) \text{ или}$$

$$L_4 \rightarrow \bigwedge_{v=1}^{\infty} \left(\bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times dl_v \right);$$

$$\text{- единовременная} \quad L_5 \rightarrow \bigwedge_{t=1}^{\infty} dl_t \times \bigwedge_{v=1}^{\infty} dl_v;$$

где V - направление движения по окружности;

t - направление движения вдоль оси;

p - количество элементарных перемещений в направлении t ;

r - количество элементарных перемещений в направлении V ;

\wedge - логический символ конъюнкции – параллельного технологического воздействия;

\vee - логический символ дизъюнкции – последовательного технологического воздействия.

Наиболее производительной является схема единовременного технологического воздействия, на которой основывается метод получения профилей радиальным обжимом, и позволяющая одновременно получать внутренний и наружный профиль.

В массовом производстве для комплексного решения вопросов автоматизации и интенсификации процессов изготовления тонкостенных профильных деталей особо эффективно применять технологические системы непрерывного действия (ТСНД), выполненные на базе роторных и роторно-конвейерных линий.

Основой проектирования любых технологических систем является разработка технологического процесса, который в свою очередь может иметь несколько вариантов. Рациональный вариант универсального технологического процесса изготовления тонкостенных профильных изделий может быть найден с привлечением теории графов[3] - определением минимального пути в графе технологического процесса. Путем в графе называют такую последовательность дуг μ , в которой конец каждой предыдущей дуги совпадает с началом следующей. Путь μ может быть задан последовательностью вершин (операций, подпроцессов) - $\mu = (a, b \dots h)$. Длина пути $\mu = (p_1, p_2, \dots, p_k)$ есть число $l(\mu) = k$, равное числу дуг, составляющих путь μ . Каждой дуге p_i можно приписать некоторое число $l(p_i)$, называемое длиной дуги. Длина дуги может быть выражена длительностью технологического воздействия, производительностью операции, надежностью процесса и т.д. Минимальная длина пути технологического процесса будет соответствовать оптимальному технологическому процессу изготовления тонкостенных профильных изделий: $l_{opt}(\mu) \rightarrow \min l(\mu)$.

На рис.2 представлены графы технологических процессов изготовления тонкостенных профильных изделий. На рис.2, а показан граф комплексного технологического процесса для изделия колпачок с внутренней резьбой и внешним профилем. Комплексный технологический процесс состоит из девяти подпроцессов, представленных на графе девятью вершинами или состояниями технологического процесса. Переходы показаны дугами. Вход заготовки обозначен V, выход W. Переход от вершины 6 к 9 показывает возвращение резьбовой оправки на позицию 6.

Когда заготовка поступает с других участков, технологический процесс может начинаться со 2-ой позиции. Граф такого неполного процесса представлен на рис.2,б, где первая вершина отсутствует.

В практике проектирования технологических процессов изготовления перспективно совмещать ряд операций на одной позиции, используя принцип концентрации операций. На рис.2,в показан граф комплексного процесса с совмещением вершин 2, 3, 4 и 5 – 9 в одну вершину, где операции выдавливания резьбы и профиля и свинчивания резьбовой оправки реализуются на одной позиции. Такие концентрированные технологические процессы перспективно применять при создании высокопроизводительных роторных и роторно-конвейерных линий для массового производства.

Для получения графа универсального технологического процесса изготовления тонкостенных профильных деталей следует в соответствующие подпроцессы добавить множество операций по изменению геометрической формы $A = \{a_i\}$ и множество операций по получению различных типов профилей $B = \{b_j\}$, рис.2,г, с учетом разработанной ранее классификации.

Таким образом, технологический процесс изготовления тонкостенных профильных изделий предопределяется конструкцией изготавливаемой детали (смотреть клас-

сификацию тонкостенных изделий с профилем) и принципами концентрации и дифференциации операций.

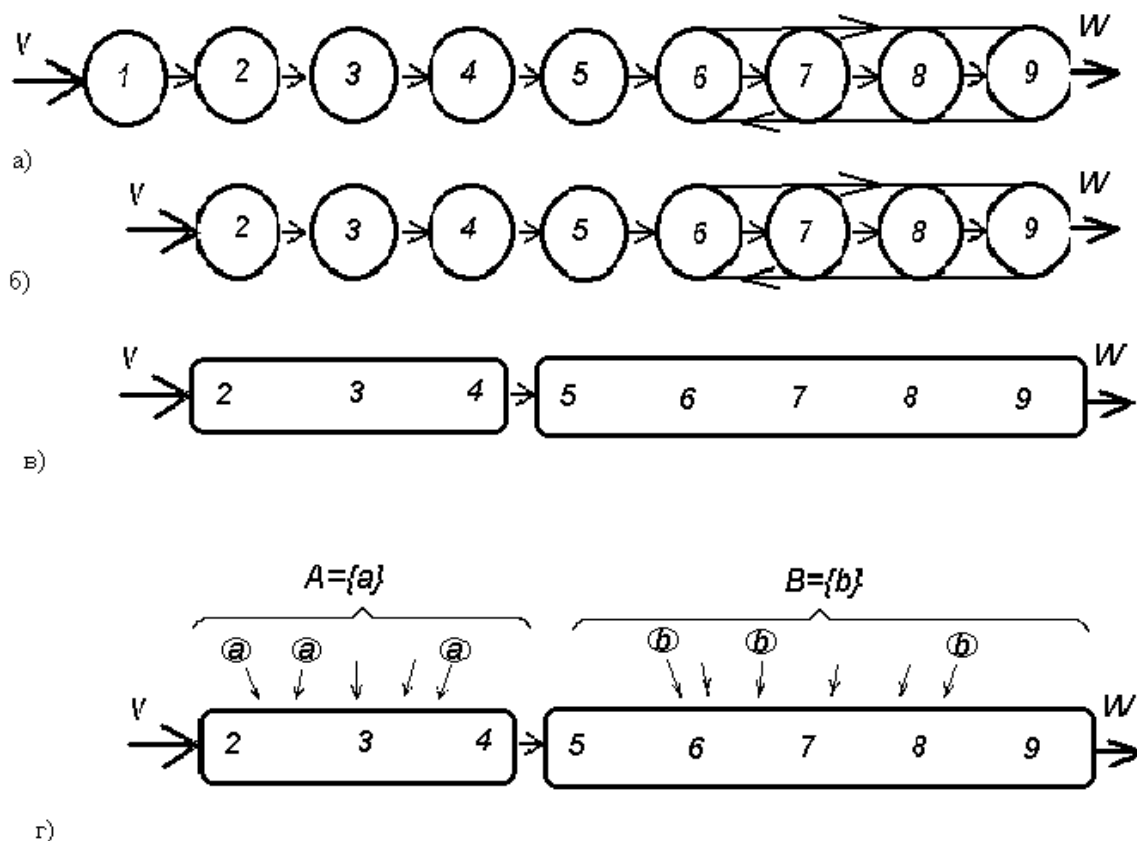


Рис. 3. Граф технологических процессов изготовления тонкостенных профильных деталей (1 – отрезка заготовки, 2 – смазка заготовки, 3 – выдавливание стаканчика, 4 – пробивка отверстия, 5 – смазка стаканчика, 6 – выдавливание резьбы на резьбовой оправке, 7 – выдавливание внешнего профиля, 8 – извлечение резьбовой оправки с деталью, 9 – свинчивание детали с резьбовой оправкой, А – множество операций по изменению геометрической формы, В – множество операций по изготовлению различных типов профилей).

На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы. Предложенная классификация свидетельствует о очень большом количестве тонкостенных профильных изделий, что говорит про актуальность вопросов технологии изготовления и развития новых методов обработки. Предложенная методика выбора рационального варианта технологического процесса может применяться при автоматизированном проектировании. Предложенная методика формообразования может служить основой при разработке новых методов получения поверхностей и конструировании новых машин.

Список литературы: 1. Сопилкин Г.В. Исследование процесса формообразования резьбы на внутренних поверхностях цилиндрических деталей: Автореферат дис... канд. техн. наук.– Харьков, 1980 – 200 с. 2. Михайлов А.Н. Разработка методов проектирования высокоэффективных поточно-пространственных технологических систем: Дис... д-ра техн. наук.- Харьков: ХПИ, 1991 – 498 с. 3. Оре О. Теория графов.- 2-е изд.- М: Наука, 1980 – 336 с.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ВТУЛОК, ОБРАБОТАННЫХ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Кудрявцев А.А., Дудкина Е.В., Коваленко В.И.

(каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

В условиях лаборатории кафедры «Технология машиностроения» Донецкого государственного технического университета была произведена окончательная обработка втулок на токарно-винторезном станке с ЧПУ модели 16К20Ф3 2Р22 проходными резцами, оснащенными пластинами из минералокерамики.

В ходе обработки производились выборки деталей. Начало каждой новой выборки определялось сменой пластины на чистовом резце. Периодические выборки позволяют судить об изменениях в налаженности технологического процесса. Результаты выборочного контроля иллюстрируются диаграммами, по оси абсцисс которых откладывают порядковый номер выборки, а по оси ординат – числовое значение контролируемого параметра. Такие диаграммы получили название *простых контрольных карт* [1]. Пример одной из таких контрольных для величины радиального биения карт приведен на рисунке 1.

Недостатком простых контрольных карт является то, что они не накапливают измерительную информацию. Это делает их менее чувствительными к изменению контролируемого параметра.

Подобного недостатка лишены *контрольные карты кумулятивных сумм*. Построим контрольную карту кумулятивных сумм среднего арифметического величины радиального биения. В качестве исходных данных для расчёта зададимся:

1) номинальным значением параметра при налаженном технологическом процессе \bar{B}_H , равным половине допуска на величину радиального биения ($\bar{B}_H = 0,5T_B = 0,02$ мм);

2) номинальным значением параметра при разлаженном технологическом процессе \bar{B}_P , равным величине допуска ($\bar{B}_P = T_B = 0,04$ мм);

3) стандартным отклонением погрешностей величины радиального биения $S_B = 0.029$ мм.

4) величины, связанные с вероятностями ошибок первого рода α и второго рода β соответственно: $L_o = 1/\alpha = 80$; $L_1 = 1/(1 - \beta) = 7$.

Определим степень разладки технологического процесса:

$$\Delta = \pm \frac{\bar{B}_P - \bar{B}_H}{S_B}, \quad (1)$$

Подставив имеющиеся численные значения величин в (1), получим $\Delta = \pm 0,69$.

По заданным L_o и L_1 с помощью таблицы [2] находятся значения $c = \Delta/\sqrt{n} = 0,85$ и $t=2,98$. Это даёт возможность определить $n = (\Delta/c)^2 = (0.69/0.85)^2 = 0.66$. Так как количество деталей – это число целое, то примем $n=1$.

Граница регулирования определяется по формуле (2):

$$L_S = \bar{B}_H + \frac{t \cdot S_B}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

Подставив численные значения, получим $L_S = 0,106$ мм.

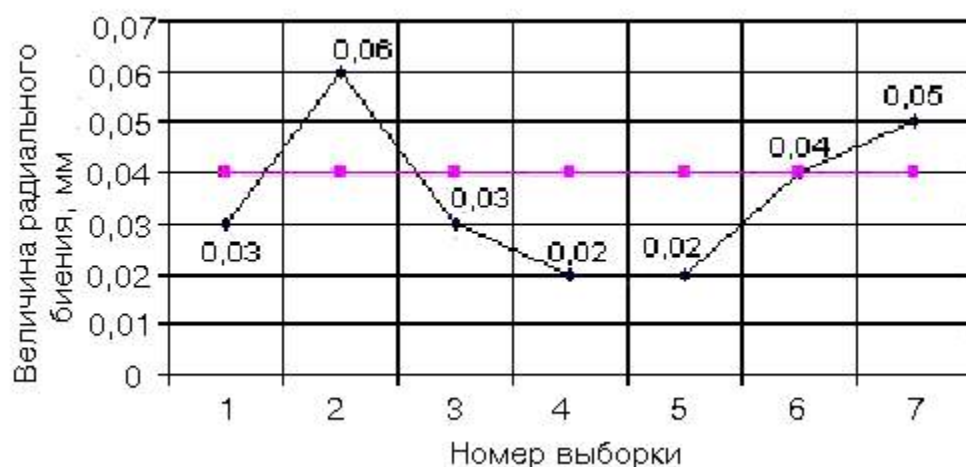


Рис. 1. Пример простой контрольной карты:

◇- средневывборочные значения контролируемого параметра; ■- граница допуска

Предупредительная граница вычисляется по формуле (3):

$$K^+ = \frac{\bar{B}_H + \bar{B}_P}{2} \quad (3)$$

После подстановки численных значений получим $K^+ = 0,03$ мм.

Таблица 1 – Вычисления для построения карты кумулятивных сумм величины радиального биения

Номер выборки	J	\bar{B}_j	$\bar{B}_j - K^+$	\bar{B}_Σ	Комментарии
1	1	0.053	0.023	+0.023	Начинается образование кумулятивной суммы, т.к. \bar{B}_1 вышло за предупредительную границу
2	2	0.050	0.020	+0.043	
3	3	0.045	0.015	+0.058	
4	4	0.077	0.047	+0.105	
5	5	0.073	0,043	+0,148	Принимается решение о прекращении образования кумулятивных сумм, т.к. \bar{B}_Σ вышло за границу регулирования

Контроль с помощью карты кумулятивных сумм среднего арифметического происходит следующим образом. Через определённые промежутки времени производятся выборки по n изделий, у которых измеряется контролируемый размер. Как только одно

из выборочных средних выйдет за какую-либо предупредительную границу, ему присваивается первый номер и начинается суммирование по формуле (4):

$$\bar{B}_{\Sigma} = \sum_{j=1}^m (\bar{B}_j - K^+) \quad (4)$$

где m – количество суммируемых выборок.

Если \bar{B}_{Σ} , не достигнув границы регулирования, меняет знак, вычисление кумулятивных сумм прекращается и техпроцесс считается налаженным. После этого образование кумулятивных сумм возобновляется при очередном выходе \bar{B}_j за предупредительную границу.

Если \bar{B}_{Σ} выходит за границу регулирования $L_S = 0,106$ мм, то техпроцесс считается разлаженным и образование кумулятивных сумм прекращается до его наладки.

Вычисления для построения карты кумулятивных сумм удобно свести в таблицу (смотри таблицу 1). Карта кумулятивных сумм величины радиального биения приведена на рисунке 2.

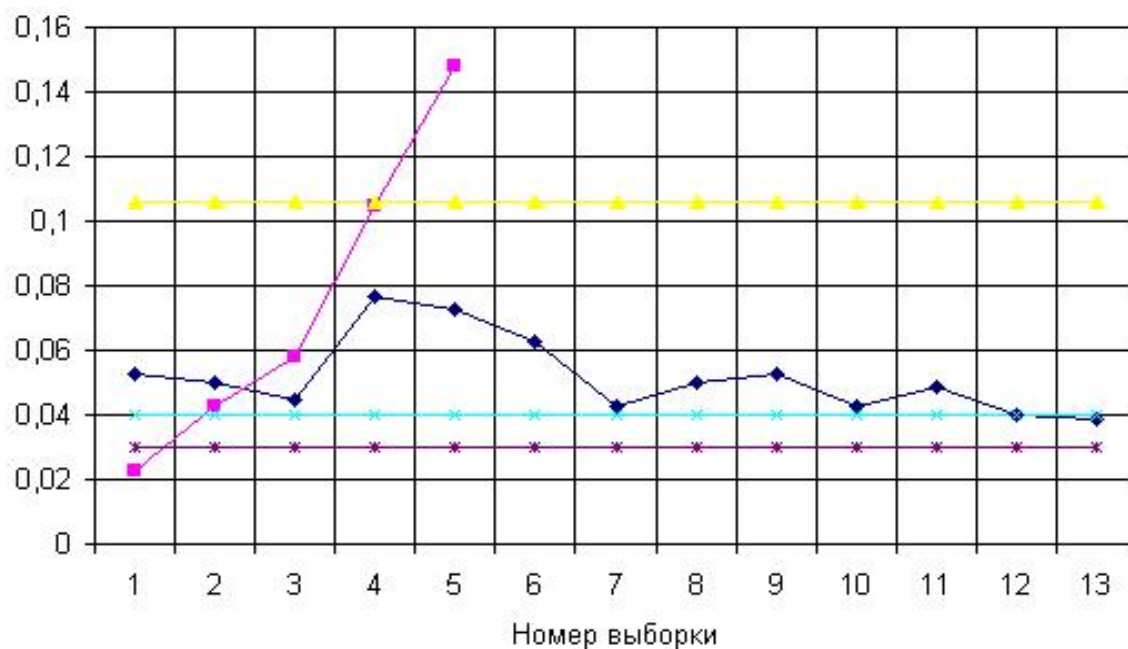


Рис. 2. Карта кумулятивных сумм величины радиального биения:

- ◆— - выборочные средние величины радиального биения;
- - кривая кумулятивной суммы;
- ×— - величина допуска радиального биения $T_B = 0,04$ мм;
- *— - предупредительная граница $K^+ = 0,03$ мм.
- ▲— - граница регулирования $L_S = 0,106$ мм;

На основании того, что кумулятивная сумма вышла за пределы границы регулирования, можно сделать вывод о разлаженности технологического процесса.

Список литературы: 1. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 492 с., ил. 2. Шишкин И.Ф. Контроль: Учеб. пособие. – СПб.: СЗПИ. 1992. – 62 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЛЬНОГО БИЕНИЯ ВТУЛОК ПРИ ОБРАБОТКЕ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ С ЧПУ

Кудрявцев А.А., Нелюбин А.А., Коваленко В.И.

(каф. ТМ, ДонГТУ, г. Донецк, Украина)

Обработка втулок, являющихся составной частью подшипникового узла, включает в себя две стадии обработки: предварительную и окончательную. Предварительная обработка производилась на смежном предприятии. В условиях лаборатории кафедры «Технология машиностроения» Донецкого государственного технического университета была произведена окончательная обработка втулок на токарно-винторезном станке с ЧПУ модели 16К20ФЗ 2Р22 проходными резцами, оснащенными пластинами из минералокерамики. В некоторых случаях (вследствие значительных погрешностей заготовок втулок по наружному диаметру) после обработки оставались втулки с частично необработанной поверхностью – «чернотой».

Перед окончательной обработкой производились замеры исходной величины наружного диаметра и величины торцового биения. Схема измерения величины торцового биения представлена на рисунке 1:

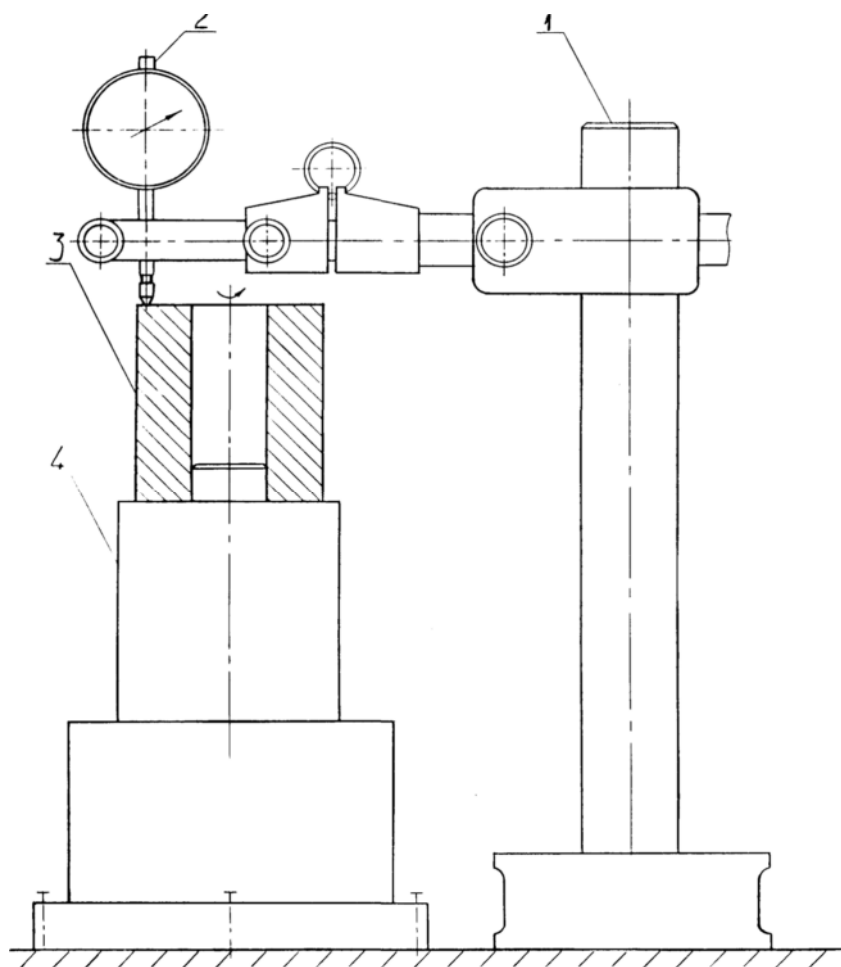


Рис. 1. Схема измерения величины торцового биения:

1 – стойка; 2 – индикатор часового типа; 3 – втулка; 4 – оправка.

При окончательной обработке детали подвергались черновому и чистовому точению наружной поверхности на следующих режимах. Черновое точение: частота вращения шпинделя $n=500$ об/мин, подача $s=0,15$ мм/об, величина глубины резания t при черновом точении не была постоянной, так как зависела от величины исходного диаметра. Чистовое точение: $n=550$ об/мин, $s=0,07$ мм/об, $t=0,07$ мм.

1 – стойка; 2 – индикатор часового типа; 3 – втулка; 4 – оправка.

ИНЖЕНЕР, сентябрь 2000

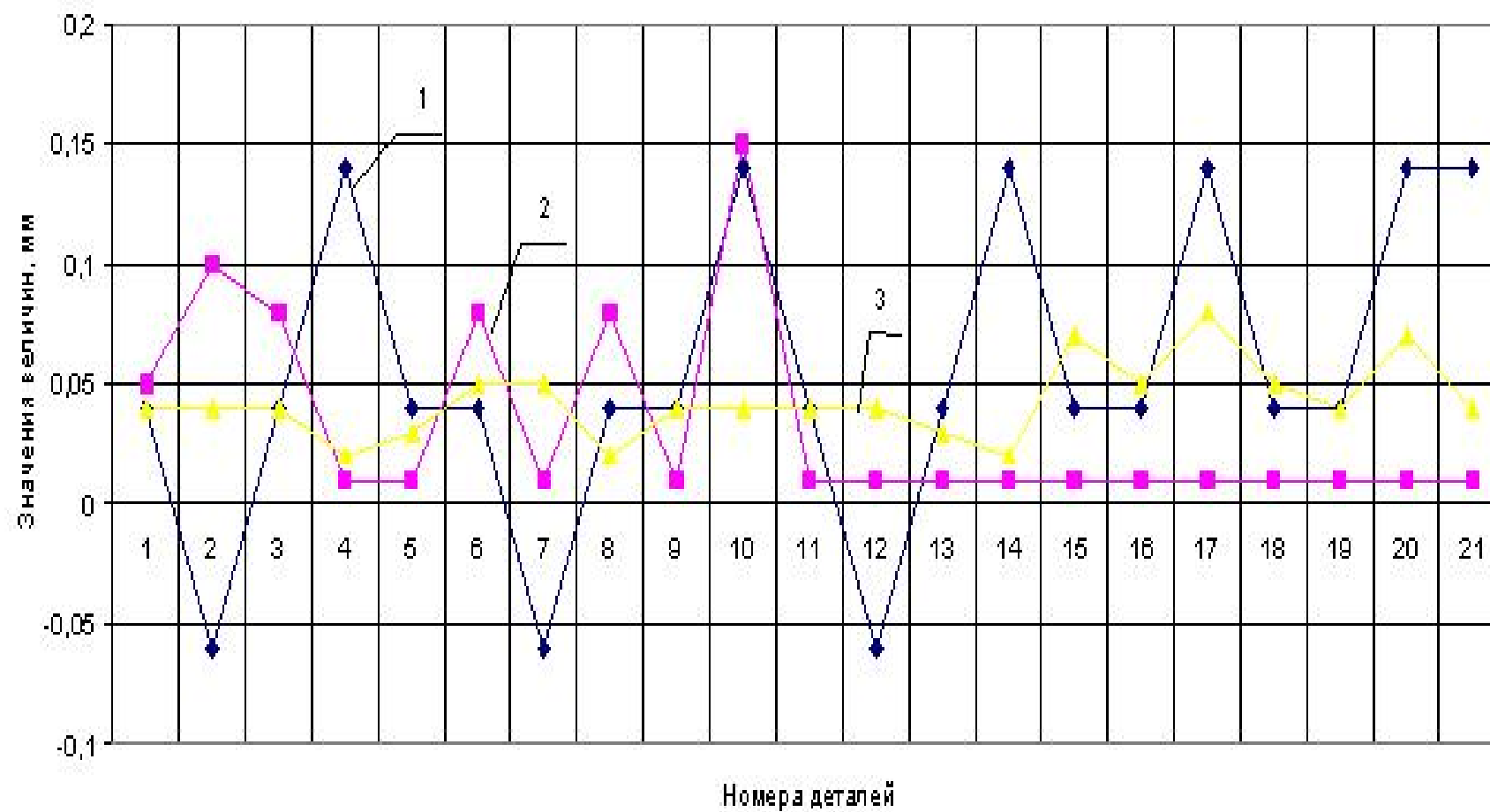


Рис. 3. Фрагмент точечной диаграммы исходных данных, мм:
 1 – отклонение диаметра заготовки от среднего арифметического; 2 – торцовое биение; 3 – радиальное биение.

Таблица 1 - Числовые значения контролируемых величин

N выборки	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
N детали	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
D заготовки	52,9	52,7	52,7	52,8	52,9	52,9	52,8	52,8	52,6	52,8	52,9	52,7	52,7	52,9	52,9	52,8	52,6	52,8	52,8	52,9	52,8	52,8
В торцовое	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02	0,02	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
В радиальн.	0,06	0,06	0,06	0,03	0,06	0,06	0,05	0,04	0,02	0,07	0,06	0,04	0,03	0,02	0,05	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,06

Продолжение табл. 1

N выборки	10	10	10	10	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	-----
N детали	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	-----
D заготовки	53	52,5	52,8	52,9	52,7	53,1	52,8	52,7	52,9	52,9	52,9	52,8	52,9	53	52,9	52,9	52,8	52,9	52,9	53	52,9	-----
В торцевое	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,32	0,05	0,1	0,08	0,01	0,01	0,08	0,01	0,08	0,01	0,15	0,01	-----
В радиальн.	0,05	0,06	0,04	0,04	0,02	0,07	0,09	0,04	0,03	0,13	0,04	0,04	0,04	0,02	0,03	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04	0,04	-----

Продолжение табл. 1

N выборки	-----	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
N детали	-----	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148
D заготовки	-----	52,5	53	52,5	52,8	52,6	52,8	52,8	52,9	52,8	52,9	52,6	52,8	22,8	52,9	52,2	52,9	52,9	52,9	52,9	52,9
В торцевое	-----	0,03	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,05	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
В радиал. 1	-----	0,06	0,04	0,08	0,02	0,03	0,04	0,04	0,06	0,04	0,01	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

После первого чистового точения детали распределились следующим образом: с чернотой - 10 штук (6,9%), с величиной радиального биения, превышающей допустимое значение – 80 штук (55,6%), годных – 54 штуки (37,5%).

Зависимость количества отбракованных деталей от количества последующих обработок точением представлена на рисунке 4:



Рис. 4. Зависимость числа отбракованных деталей от количества последующих обработок точением.

Для того, чтобы на основании ограниченного объема экспериментальных данных, содержащих погрешности, получить достоверные зависимости, необходимо произвести статистическую обработку этих данных. Предположим, что прибор имеет только случайные (не систематические) погрешности. Измерим таким прибором какую-либо величину. Полученное в результате такого эксперимента множество называется генеральной совокупностью [1]. Оценив среднее значение и среднее квадратическое отклонение генеральной совокупности, можно, используя вместо этих числовых характеристик их точечные оценки \bar{X} и S_X , по правилу «трёх сигм» проверить, не являются ли некоторые сомнительные значения x_i ошибочными. Если окажется, что они отличаются от среднего арифметического \bar{X} больше, чем на $3S_X$, то их следует отбросить, так как с доверительной вероятностью 0,9973 эти значения являются грубыми ошибками [2]. После этого рассчитываются окончательные значения \bar{X} и $3S_X$.

Таблица 2– Статистические характеристики изучаемых величин, мм

Параметры	Среднее арифметическое	Стандартное отклонение, S_X	Половина доверительного интервала, $3S_X$	Доверительный диапазон значений, $(\bar{X} - 3S_X; \bar{X} + 3S_X)$
Для деталей без черноты (134 шт.)				
D заг.	52,86	0,1371	0,3951	52,47...53,26
B торц.	0,0372	0,03	0,09	0...+0,13
B рад.	0,054	0,0286	0,0859	0...+0,140
Для деталей без черноты после исключения значений, выходящих за пределы доверительного диапазона $(\bar{X} - 3S_X; \bar{X} + 3S_X)$				
D заг.	52,87	0,1412	0,4237	52,45...53,29
B торц.	0,0203	0,0192	0,0577	0...+0,078
B рад.	0,051	0,0221	0,0644	0...+0,117

Среди возможных причин выхода радиального биения обработанных деталей за пределы допуска могут быть следующие: предварительная обработка деталей производилась различными поставщиками; радиальное биение заготовок; неодинаковая твердость поверхностей деталей после термообработки; отклонения от круглости наружной поверхности; отклонение формы отверстия заготовки (предположительно - конусность с меньшим диаметром у базового торца); при обработке некоторых деталей в передней бабке станка возникали посторонние звуки - радиальное биение таких деталей всегда выходило за пределы поля допуска (можно предположить, что в зону зацепления зубчатых колёс попадали абразивные частицы, находящиеся в масле);

Список литературы: 1. Справочник по теории вероятностей и математической статистике / Корольук В.С., Портенко Н.И., Скороход А.В., Турбин А.Ф. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 640 с. **2.** Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 492 с., ил.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГИДРОАППАРАТУРЫ НА БАЗЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ РОТОРНЫХ ЛИНИЙ

Кураносов А.В., Зантур Сахби (каф. ТМ, ДонГТУ, г.Донецк, Украина)

Развитие и совершенствование промышленного потенциала Украины в первую очередь связано с разработкой научно обоснованных методов проектирования новейших технологий машиностроения. Что подразумевает собой переход на принципиально новые технологические процессы, технику нового поколения, которые способствуют повышению производительности труда и эффективности производства.

Важнейшими задачами в машиностроении являются повышение качественных характеристик машин и оборудования. Значительное расширение масштаба технического перевооружения действующих предприятий, переоснащение их новой высокоэффективной техникой, внедрение прогрессивной технологии. Успех решения этих задач во многом зависит от условия механосборочного производства, определяющего в основном трудоемкость и качество выпускаемой машиностроительной продукции. Анализ состояния механосборочного производства показывает, что его развитие идет по экстенсивному пути, в результате чего народное хозяйство страны несет большие убытки. Вообще для современного машиностроения характерны огромные издержки, связанные с непродуктивными расходами на создание и содержание технологических средств (технологического оборудования, приспособлений, инструментальных наладок, контрольно-измерительных средств). Непродуктивность расходов объясняется в первую очередь полной или частичной неиспользованностью в течение календарного года значительной части имеющихся на предприятии технологических средств, а также невостребованностью большей части технологических и технических возможностей технологических средств, участвующих в производственном процессе.

В настоящее время в машиностроении действуют три принципиально различных метода построения технологических процессов: единичный, типовой, групповой.

Разработанный принципиально новый метод проектирования технологических процессов [1], [2], [3], [4], [5] основанный на модульном принципе построения технологического процесса (модульный технологический процесс). Применение модульного принципа в построении механосборочного производства позволяет создать банк типовых технологических и организационных решений. Вообще, модульная технология универсальное средство для создания гибкого, мобильного, высокоэффективного производства изделий любой номенклатуры, для любого типа производства, она объединяет преимущества единичного, типового, группового процессов, то есть учитывает специфику изготавливаемой детали, сохраняет типизацию на уровне частей технологического процесса. На предприятиях крупносерийного и массового производства переход на модульную технологию позволяет в несколько раз сократить сроки технологической подготовки производства за счет создания сборно-разборного оборудования и технологической оснастки из ограниченного набора типовых элементов. Внедрение модульных технологий в роторные автоматические линии дает возможность в короткие сроки изменять номенклатуру выпускаемых изделий.

В произведенной исследовательской работе сделана попытка внедрения модульной технологии изготовления деталей, разработанной профессором Базровым Б.М., на базе автоматической роторной линии. Принципиальная схема организации модульного производства представлена на (рис. 1).

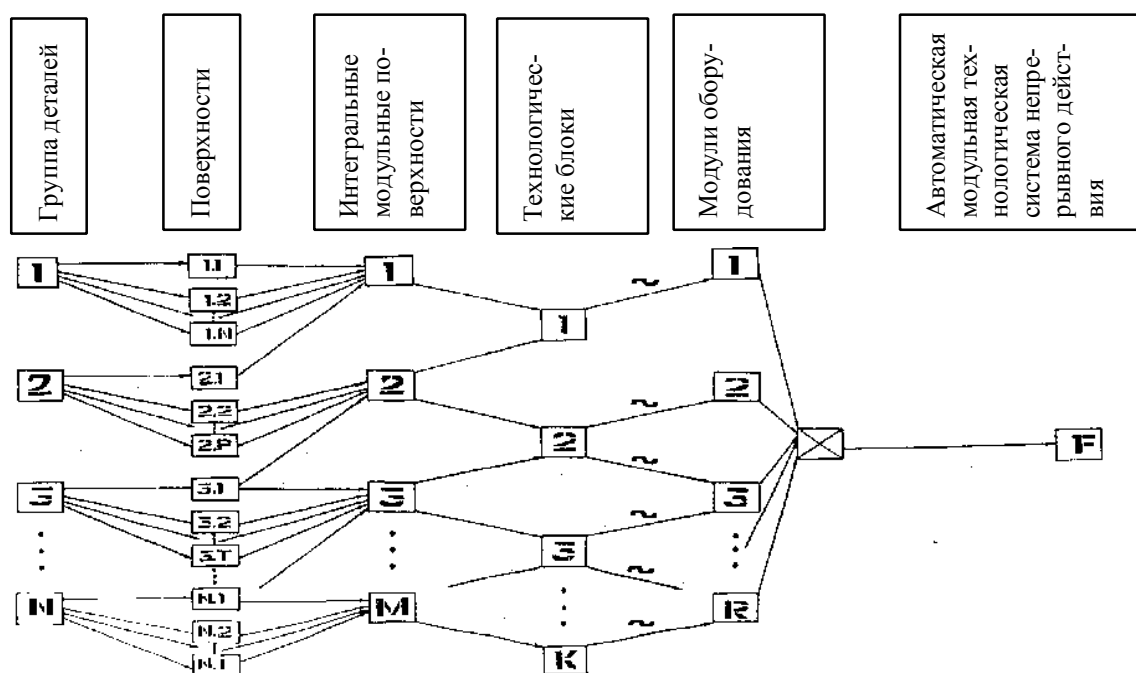


Рис. 1. Схема организации модульного производства.

Из (рис. 1) видно, что в группе деталей изначально выделяются на модульные поверхности, из которых группируются интегральные модульные поверхности под которые из банка данных подбираются соответствующие наиболее оптимальные технологические блоки и модули оборудования. В свою очередь модули оборудования синтезируются в автоматическую модульную технологическую систему непрерывного действия.

Изготовление деталей гидроаппаратуры с использованием модульных технологий на базе автоматических роторных линий, основные принципы проектирования ко-

торых приведены [6], [7], [8], [9], [10], имеет огромные перспективы: технология изготовления имеет максимальную производительность, поэтому минимальную себестоимость, а также обладают высокой степенью перестройки на выпуск многономенклатурных изделий.

Цель произведенных исследований, состояла в разработке высокоэффективных технологических процессов изготовления деталей гидроаппаратуры обеспечивающих повышение технико - экономических показателей изготовления деталей, путем применения модульных технологий, нетрадиционных модулей оборудования и станочных приспособлений. Было изучено современное состояние вопроса исследования в области модульных технологий и технологических систем непрерывного действия; разработаны рациональные модульные технологии изготовления деталей гидроаппаратуры, а также выполнена классификация модулей поверхностей и группирование их в интегральные модульные поверхности; помимо этого разработали модульную структуру технологических систем на базе автоматических роторных линий и выполнили анализ технико - экономических показателей применения модульных технологий.

В процессе выполнения технологической части исследований разработана модульная технология изготовления деталей гидроаппаратуры: “Корпус” КГУ3.015.ПРУ-02; “Втулка” КГУ3.024.ПРУ; “Гайка” КГУ3.021.ПРУ - на базе автоматической роторной линии.

При этом использовались прогрессивные методы механической обработки, принципы концентрации технологических переходов.

Была наглядно продемонстрирована возможность в кратчайшие сроки изменять номенклатуру выпускаемых деталей из набранных в группу. Способность быстро изменять номенклатуру выпускаемых деталей говорит о гибкости, которую приобрела автоматическая роторная линия при неизменно высоком качестве изготавливаемой продукции, высокой производительности изготавливаемой продукции, высокой производительности и загрузке технологических роторов за счет внедрения модульных технологий.

При выполнении конструкторской части исследований спроектирована базовая автоматическая роторная линия; рассчитаны параметры технологических и транспортных роторов, а также определены угловые и временные характеристики технологических роторов и разработана компоновочная схема автоматической роторной линии для изготовления детали “Втулка” КГУ3.024.ПРУ (рис. 2), в эту автоматическую линию входят линейно расположенные технологические и транспортные роторы, имеющие различное количество технологических позиций - от 3 до 10. Предложенная автоматическая линия имеет производительность 15 шт/мин. Приведенный вариант компоновки линии состоит из сборно - разборных модулей оборудования, способных в короткие сроки быть перенастроенными под выпуск любой из трех рассматриваемых деталей.

В общем, конструкторская часть работы дает конкретное техническое решение поставленной задачи исследования, наглядно демонстрирует внедрение нетрадиционных модулей оборудования и станочных приспособлений.

В процессе выполнения расчета экономической эффективности от внедрения модульных технологий изготовления деталей гидроаппаратуры на базе автоматической роторной линии установлено, что себестоимость базового варианта изготовления детали “Втулка” КГУ3.024.ПРУ на станке 1E140 составляет 0.12 грн., а себестоимость разработанного варианта изготовления детали “Втулка” КГУ3.024.ПРУ на автоматической роторной линии за счет внедрения модульных технологий - 0.06 грн. Поэтому ожидаемый экономический эффект от внедрения модульных технологий для изготовления де-

тали “Втулка” КГУЗ.024.ПРУ на базе автоматической роторной линии после выпуска партии деталей объемом 100 000 шт будет составлять 6000 грн. Кроме того автоматическая роторная линия обладает производительностью 15 шт/мин, что в несколько раз превышает производительность традиционных форм организации производства.

Приведенное экономическое обоснование дает возможность утверждать что произведенные исследования и разработанная модульная технология изготовления деталей гидроаппаратуры на базе автоматической роторной линии экономически наиболее выгодная и поэтому пригодная для внедрения на машиностроительных заводах, специализирующихся не только в выпуске гидроаппаратуры, но и общемашиностроительной продукции.

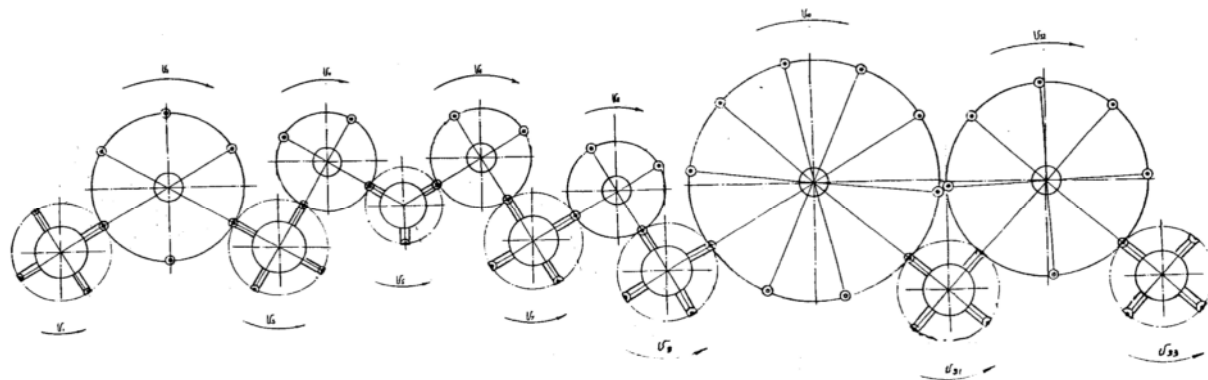


Рис. 2. Компоновочная схема автоматической роторной линии для изготовления детали “Втулка” КГУЗ.024.ПРУ.

В заключение необходимо отметить, что по результатам произведенных исследований видно, что механообрабатывающее производство машиностроительных предприятий, построенное на принципах модульной технологии становится мобильным, гибким, конкурентоспособным и следовательно имеющим возможность в кратчайшие сроки с минимальными издержками переходить на выпуск новых изделий.

Список литературы: 1. Базров Б.М. Совершенствование производства деталей на основе модульной технологии. М.: Информприбор, 1989. Вып. 4. ТС-9. Технология приборостроения. С. 52. 2. Базров Б.М. Модульный принцип построения механосборочного производства. // Вестник машиностроения. - 1987. - №11. - с. 47-51. 3. Базров Б.М. Модульный принцип построения механосборочного производства. // Вестник машиностроения. - 1993. - №12. - с. 18-23. 4. Зиновьев Н.И., Думанчук М.Ю. Новые аспекты теории проектирования технологических процессов (модульный подход). // Вестник машиностроения. - 1998. - №10. - с. 21. 5. Базров Б. М. Концепция модульного построения технологических средств, механосборочного производства. // Вестник машиностроения. - 1996 №2. - с. 28 - 32. 6. Кошкин Л.Н. Автоматические линии роторного типа: Конструкции, расчет и проектирование /А.Н. Кошкин, И.А. Клусов, В.Ф. Прейс - Тула: ЦБТИ, 1961.- 198 с. 7. Клусов И.А. Проектирование роторных машин и линий: Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей ВУЗов - М.: Машиностроение, 1990.- 320 с. 8. Клусов И.А., Сафарян А.Р. Роторные линии - М.: Машиностроение, 1969.- 195 с. 9. Кошкин Л.Н. Комплексная автоматизация производства на базе роторных линий - М.: Машиностроение, 1965.- 279 с.