

УДК 655.3.021

**ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА
ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ ОСЕВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

©Гордеев А. С.

Українська інженерно-педагогічна академія

Інформація про автора:

Гордєєв Андрій Сергійович: ORCID: 0000-0001-6521-3937; gordeew@ukr.net; доктор технічних наук; завідувач кафедри інформаційних комп'ютерних і поліграфічних технологій; Українська інженерно-педагогічна академія; вул. Університетська, 16, м. Харків, 61003, Україна.

Целью работы являлась повышение интенсификации производства за счет разработки нормативного документа назначения режимов сверления по критерию теплового баланса в зоне резания.

Анализ механизма отклонения поперечного профиля отверстия показал, что его устранение неразрывно связано с контролем и регулированием температурных деформаций инструмента и детали в зоне резания, а, следовательно, с контролем температурного состояния в зоне резания. Технические решения проблемы подразумевают разработку прогрессивных конструкций осевого инструмента, обработка которым с использованием традиционных схем и режимов обработки позволит повысить качество поперечного профиля отверстия.

Полученные в работе теоретические положения легли в основу разработки стандарта предприятия «Назначение режимов резания при обработке отверстий комбинированным осевым инструментом».

Ключевые слова: сверление; точность обработки; скорость резания; производительность; себестоимость; стандарт предприятия.

Гордєєв А. С. «Економічні механізми інтенсифікації виробництва при обробці отворів осьовим інструментом».

Метою роботи є підвищення інтенсифікації виробництва за рахунок розробки нормативного документа призначення режимів свердління за критерієм теплового балансу в зоні різання.

Аналіз механізму відхилення поперечного профілю отвори показав, що його усунення нерозривно пов'язане з контролем і регулюванням температурних деформаций інструменту і деталі в зоні різання, а, отже, з контролем температурного стану в зоні різання. Технічні рішення проблеми мають на увазі розробку прогресивних конструкцій осьового інструменту, обробка яким з використанням традиційних схем і режимів обробки дозволить підвищити якість поперечного профілю отвору.

Отримані в роботі теоретичні положення лягли в основу розробки стандарту підприємства «Призначення режимів різання при обробці отворів комбінованим осьовим інструментом».

Ключові слова: свердління; точність обробки; швидкість різання; продуктивність; собівартість; стандарт підприємства.

Gordeev A. “Economic mechanism of intensification of production processing holes blade tool”.

The aim is to increase the intensification of production through the development of a regulatory document purpose drilling mode by the criterion of the heat balance in the cutting zone.

An analysis of the deviation of the transverse profile holes shown that its removal is inextricably linked with the control and regulation of temperature deformations tool and the

workpiece in a cutting zone, and hence the control state of the temperature in the cutting zone. Technical solution of the problem involves the development of advanced designs of axial tools, the processing of which using conventional circuits and processing modes will improve the quality of the transverse profile of the hole.

The results obtained in the theoretical principles formed the basis for the development of the enterprise standard "Appointment of cutting conditions during machining holes combined axial tool."

Key words: drilling; precision machining; cutting speed; performance; cost; standard enterprise.

1. Введение

В настоящее время к металлорежущим станкам предъявляются такие требования как: повышение точности, скорости, надежности, долговечности и производительности. Однако главным при этом остаётся сокращение себестоимости изготовления детали. Промышленность ведущих стран мира для сокращения себестоимости изготовления деталей использует технологию высокоскоростной механообработки достаточно широко.

Интенсификация производства требует внедрения высокоскоростных методов обработки, особенно при таком трудоемком процессе как сверление. Это возможно при использовании современных станков с частотой вращения шпинделя более 20000 об/мин и подачей от 3000 до 10000 мм/мин. Конечно, при таких режимах сама работа, используемый станок и инструмент имеют существенные особенности, также как назначение режимов резания, разработки управляющей программы (УП) и технологических процессов и многое др. [6].

Изучением тепловых явлений в технологических системах механической обработки занимались такие ученые как Грановский Г. И. [1], Макаров А. Д. [2], Резников А. Н. [3], Розенберг Ю. А. [4], Силин С. С. [5], Фальковский В. А. [6], Шлямнев А. П. [7].

Выбор режимов резания можно считать рациональным, если значения перечисленных параметров позволяют получить высокие технико-экономические показатели. Параметры режима резания взаимосвязаны, поэтому нельзя произвольно изменять значение одного из них, не изменяя соответственно всех прочих.

В настоящее время используются два метода назначения режимов обработки: аналитический метод и номограммы.

В основе аналитического метода лежат формулы, по которым определяются скорость резания, подача и частота вращения шпинделя.

При сверлильных работах рекомендуется задавать режимы исходя из мощности используемого оборудования. Наиболее удобный материал режущего инструмента – быстрорежущая сталь (P18, P6M5).

Выше был рассмотрен аналитический метод назначения режимов резания при обработке отверстий. Кроме этого существует еще метод назначения режимов по номограммам.

В данном методе в зависимости от требуемой чистоты поверхности выбирают скорость резания и подачу.

Номограммы, как правило, используются непосредственно на производстве, а аналитический метод в системах автоматизированного проектирования технологических процессов.

При введении методики расчетов в системе ТехноПро рекомендуется для сверления и развертывания, подсчитанные режимы вносить в информационную базу данных, тем самым,

Верстати та інструменти

избегая программирования условия расчета и упрощая работу системы. Для расчета режимов при зенкеровании и рассверливании необходимо спрограммировать условия, используя коэффициенты из выше приведенных таблиц.

Выше рассмотренные методы назначения режимов резания, в своё время были построены исходя из экономических критериев резания. Они должны были обеспечивать максимальную стойкость инструмента и минимальную себестоимость.

В современных рыночных условиях для выпуска конкурентоспособной продукции производитель должен обеспечить высокое качество продукции, произведенное в кратчайший срок с минимальными затратами. При назначении режимов резания опираясь на экономические критерии оценки выполнить данное требование невозможно.

Современные металлорежущие станки, системы ЧПУ и инструмент ориентированы на обработку на высоких скоростях резания. Назначение заниженной скорости резания, как того требуют экономические критерии оценки, приводит к неполному использованию ресурсов оборудования и инструмента, а следовательно увеличивается период окупаемости и снижение прибыли.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что экономические критерии не отражают реальной эффективности режимов резания, так как основные параметры расчета меняются практически постоянно. Режимы резания, назначенные на основании экономических критериев, не позволяют полностью использовать ресурсы оборудования и инструмента. Поэтому в реальном производстве назначение режимов резания по данному критерию недопустимо.

Целью работы являлась повышение интенсификации производства за счет разработки нормативного документа назначения режимов сверления по критерию теплового баланса в зоне резания.

2. Нормативный документ как механизм интенсификации производства

Разработка нормативных документов в Украине регламентируется ДСТУ 1.5. По сути, нормативным можно считать любой документ, принятый или изданный правотворческим органом. Правотворчество – один из аспектов функционирования государства. Оно осуществляется с целью формирования правовой системы и включает в себя разработку правовых норм, регулирующих все виды правовых взаимоотношений, а также их изменение, отмену или дополнение. Это процесс постоянный, поскольку реалии жизни постоянно изменяются. Поэтому нормативные документы создаются в рамках единой и непротиворечивой системы правовых норм для регулирования сложившихся в государстве и обществе разнообразных отношений.

Правотворческую деятельность осуществляют органы, в полномочия которых она входит. Это органы как высшей государственной власти и субъектов федерации, так и муниципальные органы власти и управления. В некоторых случаях правотворческая деятельность осуществляется гражданами страны путем участия в референдумах.

Таким образом, нормативный документ, это официальный правовой акт, принятый тем или другим правотворческим органом в пределах его компетенции. Его выполнение

является общеобязательным на постоянный срок или на какой-то ограниченный период времени. Рассчитан нормативный документ на многократное применение.

Название нормативного документа, форма его изложения и его нормативное содержание взаимосвязаны. Нормативный документ может существовать в форме закона, указа, постановления, решения, приказа, распоряжения, свода правил, инструкций, положения. Исключением являются письма и телеграммы, они не могут считаться нормативными актами и документами.

Авторами были получены зависимости разбивания отверстия в детали из стали 45 от параметров режимов резания при сверлении, зенкерования и развертывании с ограниченным охлаждением имеют вид, соответственно:

$$\Delta d_c(V, S, t) = 0,2588 + 0,1283V + 3t, \quad (1)$$

$$\Delta d_s(V, S, t) = 1,4736 + 0,6106V + 0,15S + 6,3t, \quad (2)$$

$$\Delta d_p(V, S, t) = -0,4097 + 0,3827V + 0,1687S. \quad (3)$$

Аналогичные зависимости, полученные при охлаждении 5% раствором эмульсола имеют вид:

$$\Delta d_c(V, S, t) = 0,2213 + 0,1032V + 2,85t, \quad (4)$$

$$\Delta d_s(V, S, t) = 1,1276 + 0,4284V + 0,132S + 5,51t, \quad (5)$$

$$\Delta d_p(V, S, t) = -0,425 + 0,261V + 0,1492S. \quad (6)$$

Анализ зависимостей (1-6) показывает, что наибольшее влияние на разбивание отверстия оказывает скорость резания. Увеличение скорости резания в пределах исследованного интервала скоростей приводит к увеличению разбивания отверстия (до 3,5 мкм) за счет увеличения интенсивности тепловых потоков и увеличения температурных деформаций инструмента и детали. Увеличение глубины резания и подачи также способствует увеличению разбивания отверстия, однако их влияние менее существенно (0,2 мкм при увеличении подачи и 0,6 мкм при увеличении глубины резания).

Для оценки точности обработки отверстий были проведены экспериментальные исследования при рассверливании, зенкерования и развертывании отверстий. В частности, в конической втулке обрабатывалось отверстие диаметром $d = 16$ мм длиной $l = 50$ мм. Обработка производилась на токарно-револьверном станке модели 1341. Использовалась развертка №1 из стали Р6М5 с параметрами $z = 8$, $\varphi = 15^\circ$, $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $d = 16$ мм, зенкер №2 из стали Р6М5 с параметрами $z = 4$, $\varphi = 45^\circ$, $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 8^\circ$, $d = 15,45$ мм, однорезцовая развертка №3 с параметрами $\varphi = 15^\circ$, $\gamma = 8^\circ$, $\alpha = 7^\circ$, $d = 15,85$ мм сверло №4 из стали Р6М5 с параметрами $z = 2$, $\varphi = 60^\circ$, $\gamma = 7^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $d = 14,5$ мм. Свойства материалов $\lambda = 27,2$ Вт/м·град, $c = 4,043 \cdot 10^6$ Дж/м³град.

В ходе эксперимента варьировались параметры режимов резания. Для каждого варианта режимов резания обрабатывалось от 3 до 5 образцов. Основным параметром являлась температура в зоне резания. Температура измерялась бесконтактным методом. За расчетное принималось среднее значение температуры при установившемся теплообмене для всех опытов данной серии. Наибольшая температура (до 370 °С) регистрировалась при сверлении. Максимальная температура при развертывании не превышала 80 °С, при зенкерования – 200 °С.

Верстати та інструменти

Способ бесконтактного измерения температуры режущих кромок сверла при сверлении отверстия заключается в направлении на обрабатываемую деталь инфракрасного луча пирометра ARDOCELL PZ и считывания его отраженного сигнала, преобразованного в значение температуры на дисплее пирометра или компьютера.

Предлагаемый способ измерения температуры режущей кромки лезвийного инструмента при обработке отверстий характеризуется тем, что по предварительно полученным зависимостям для оптимальной температуры режущего инструмента и температуры соответствующей лучшей обрабатываемости определяют температуру в зоне рабочего контакта режущий инструмент - обрабатываемый материал.

Контрольный комплекс, состоящий из пирометра полного излучения, адаптера и персонального компьютера, позволяет переводить радиационной температуру в реальную температуру. Пирометрический метод измерения температуры в зоне резания позволяет значительно повысить эффективность обработки, то есть установить более жесткие режимы обработки, при этом, не опасаясь того, что произойдет перегрев обрабатываемого материала.

Объектом исследования выступали: фланец коленчатого вала, конусная втулка и крышка картера.

Все детали имеют отверстия различной точности. Эксперименты проводились при обработке по типовому технологическому процессу. Режимы обработки устанавливались по типовым нормативам и предлагаемому нормативному обеспечению

Лезвийная обработка внутренних поверхностей фланца и крышки при черновой и чистовой обработке проводилась на 8-ми шпиндельном п/а мод 1K282. Обработка производилась осевыми инструментами из стали Р6М5. При сверлении были установлены следующие режимы обработки: скорость резания $V = 25,4$ м/мин, подача $S = 0,245$ мм/об, глубина резания изменялась в зависимости от размеров обрабатываемых отверстий. Режим обработки оставался неизменным при обработке всех исследуемых деталей.

Измерения точности диаметральных размеров производились непосредственно на рабочем месте в процессе обработки. Для того чтобы исключить влияние температурных ошибок детали измерялись после их естественного остывания. Измерения выполняли при нормальных условиях. Полученные результаты измерений записывались в контрольную карту.

Рассогласование результатов теоретических и экспериментальных исследований при развертывании и зенкерования не превышало 2%. Наибольшее расхождение (до 10,35%) между опытными и расчетными значениями температуры в зоне резания наблюдается при рассверливании отверстия. Это связано с тем, что при этом виде обработки глубина резания максимальная и скорость резания, передний и задний угол непостоянны вдоль режущей кромки.

В целом результаты экспериментальных исследований подтвердили адекватность разработанной математической модели теплофизических процессов при обработке отверстий, поскольку большинство значений, полученных численным и аналитическим способом, оказались в пределах доверительных интервалов для данных точек.

Таким образом, разработанные модели позволяют с достаточной точностью оценивать и предварительно прогнозировать отклонение реального профиля отверстия от номинального.

Полученные в работе теоретические положения легли в основу разработки стандарта предприятия «Назначение режимов резания при обработке отверстий комбинированным осевым инструментом».

Как было выше сказано, стандарт разработан в соответствии с требованиями ДСТУ 1.5. Настоящий стандарт предприятия устанавливает общие требования к назначению режимов обработки отверстий сверлением, зенкерованием, развертыванием. Стандарт может быть применен как при обработке осевым инструментом, так и комбинированным инструментом. Стандарт распространяется на углеродистые конструкционные стали и на деятельность всех подразделений предприятия, занимающихся механической обработкой.

Выводы

Анализ механизма отклонения поперечного профиля отверстия показал, что его устранение неразрывно связано с контролем и регулированием температурных деформаций инструмента и детали в зоне резания, а, следовательно, с контролем температурного состояния в зоне резания. Однако традиционные методы обработки отверстий с использованием стандартного осевого инструмента и постоянных режимов не позволяют управлять термомеханическими процессами в зоне резания. Поэтому для решения этой задачи необходимо использовать новые подходы, основанные на нетрадиционных технических и технологических решениях. Технические решения подразумевают разработку прогрессивных конструкций осевого инструмента, обработка которыми с использованием традиционных схем и режимов обработки позволит повысить качество продольного профиля отверстия. Технологические решения подразумевают разработку прогрессивных схем и методов обработки отверстия, при которых восстановление прямолинейности продольного профиля осуществлялось бы за счет различных объективных физических эффектов.

Список использованных источников:

1. Грановский Г. И. Резание металлов : учебник для машиностр. и приборостр. спец. вузов / Г. И. Грановский. – М. : Высшая школа, 1985. – 304 с. : ил.
2. Макаров А. Д. Оптимизация процессов резания / А. Д. Макаров. – М. : Машиностроение, 1976. – 278 с.
3. Резников А. Н. Тепловые процессы в технологических системах / А. Н. Резников. – М. : Машиностроение, 1990. – 288 с. : ил.
4. Розенберг Ю. А. Резание материалов / Ю. А. Розенберг. — Курган : Полиграфический комбинат Зауралья, 2007. – 294 с. : ил.
5. Силин С. С. Расчет оптимальной скорости резания при зенкеровании сталей и сплавов / С. С. Силин // Станки и инструмент. – 1989. – № 6. – С. 34.
6. Фальковский В. А. Твердые сплавы / В. А. Фальковский. – М. : Руда и металлы, 2005. – 416 с.
7. Шлямнев А. П. Коррозионностойкие, жаростойкие и высокопрочные стали и сплавы / А. П. Шлямнев. – М. : Интернет Инжиниринг, 2000. – 232 с.

References

1. Granovskiy, G 1985, *Rezaniye metallov*, Vysshaya shkola, Moskva.
2. Makarov, A 1976, *Optimizatsiya protsessov rezaniya*, Mashinostroyeniye, Moskva.
3. Reznikov, A 1990, *Teplovyye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh*, Mashinostroyeniye, Moskva.
4. Rozenberg, Yu 2007, *Rezaniye materialov*, ОАО “Poligraficheskiy kombinat”, Kurgan.
5. Silin, S 1989, ‘Raschet optimalnoy skorosti rezaniya pri zenkerovanii staley i splavov’, *Stanki i instrument*, no. 6, pp. 34.
6. Falkovskiy, V 2005, *Tverdye splavy*, Izdatelskiy dom “ruda i metally”, Moskva.
7. Shlyamnev, A 2000, *Korroziionnostoykiye, zharostoykiye i vysokoprochnyye stali i splavy*, Internet Inzhiniring, Moskva.

Стаття надійшла до редакції 15 червня 2016 р.