Тема: Роль процессов формообразования в машиностроенииВиды формообразования

Развитие машиностроения и приборостроения предъявляют возрастающие требования (прочность, пластичность и т.п.) к качеству применяемых для заготовок и готовых изделий материалов. Улучшить эти показатели можно применением сочетания различных видов механической, термической и химико-термической, электрофизической и электрохимической, лазерной и ионной обработки материалов, а также использованием различных методов упрочнения металла. Рассмотрим важнейшие методы повышения качества изделий.

Механическая обработка заключается в механическом воздействии на деталь с целью получения заданных форм и размеров, а также требуемых показателей качества заготовки или изделия. К видам механической обработки можно отнести обработку резанием, давлением и ультразвуком.

Обработка резанием заключается в образовании новых поверхностей отделением поверхностных слоёв материала с образованием стружки (например, строгание).

Существуют следующие виды обработки резанием:

- точение (разрезание, обтачивание и т.д.);
- сверление;
- фрезерование;
- различные отделочные методы (полирование, хонингование и др.);
- накатывание и нарезание резьбы.

Для нарезания резьбы применяются резьбонарезные инструменты для наружной и внутренней резьбы.

При нарезании внутренней резьбы в деталях необходимо обращать особое внимание на предварительную подготовку отверстия. Так, точные внутренние резьбы нарезают метчиками в просверленном отверстии, которое перед резьбонарезанием развертывают, а при изготовлении резьб большого диаметра отверстие дополнительно растачивают. При этом диаметр

отверстия под последующее нарезание резьбы метчиком должен назначаться с учетом пластической деформации металла (т.е. быть несколько больше внутреннего диаметра резьбы).

Одновременно следует иметь в виду, что при нарезании резьбы материал детали несколько выдавливается метчиком и внутренний диаметр

резьбы оказывается больше диаметра отверстия, полученного в результате предварительной обработки (сверления, зенкерования, растачивания и т. д.) При этом разные материалы детали обладают различными свойствами (твердостью, пределом текучести и др.) Это необходимо учитывать при выборе диаметра инструмента для предварительного выполнения отверстия под резьбу (сверла, зенкера, развертки и т.д.).

Факторы, влияющие на процесс резьбонарезания, можно разделить на две группы.

К первой группе относятся: обрабатываемый материал, размеры метчика (диаметр и шаг), размеры отверстия под резьбонарезание, качество смазочно-охлаждающей жидкости, степень затупления метчика, наличие налипаний обрабатываемого материала на метчик, элементы геометрии режущих кромок метчика, наличие выкрашиваний режущих кромок и др.

Ко второй группе относятся: наличие деформаций метчика в процессе работы (его неабсолютная жесткость), перекос оси отверстия относительно оси метчика в момент захода последнего, несовпадение оси метчика с осью отверстия (параллельный снос осей).

Известны различные способы применения комбинированного инструмента для получения резьб режущим и безстружечным метчиками в различной их комбинации.

Одним из перспективных способов является способ нарезания внутренней резьбы за несколько проходов, включающий формирование резьбового профиля на каждом из предварительных и калибровочном проходов метчиком при его винтовом движении относительно обрабатываемого изделия, и формирование резьбового профиля осуществляют одновременно пластическим деформированием и нарезанием

с чередованием через заход, при этом при формировании резьбового профиля на предварительном проходе нарезанием величину профиля выполняют меньше, чем на предварительном проходе пластическим деформированием, а при формировании резьбового профиля на калибровочном проходе изменение профиля пластическим деформированием осуществляют в меньшей степени, чем нарезанием. Или способ нарезания внутренней многозаходной резьбы за несколько проходов, включающий формирование резьбового профиля на каждом из предварительных и калибровочном проходов метчиком при его винтовом движении относительно обрабатываемого изделия, и формирование резьбового профиля осуществляют одновременно пластическим деформированием и нарезанием с чередованием через заход, при этом при формировании резьбового профиля на предварительном проходе нарезанием величину профиля выполняют

меньше, чем – на предварительном проходе пластическим деформированием, а на калибровочном проходе выполняют с минимальным изменением резьбового профиля, полученного пластическим деформированием.

Резание может осуществляться на: наружных цилиндрических поверхностях (точение, шлифование и т.д.), внутренних цилиндрических поверхностях (сверление, зенкерование, растачивание и др.), плоскости (строгание, фрезерование, шлифование).

Обработка методом деформирующего резания основана на совмещении процессов резания и пластического деформирования подрезанного слоя. Необходимо также иметь в виду, что при обработке резанием механическая обработка также разделяется по качеству обработанной поверхности: черновая, получерновая, получистовая, чистовая. Так, например, зубошевингование дисковым шевером является наиболее распространенным и экономичным методом чистовой обработки зубьев незакаленных (с твердостью до HRC 33) прямозубых и косозубых цилиндрических колес с внешним и внутренним зацеплением после зубофрезерования или зубодолбления.

Шевингование применяют для повышения точности зубчатого

зацепления, уменьшения параметра шероховатости поверхности на профилях зубьев, снижения уровня шума и т. д. Разновидностями шевера являются дисковый, червячный и реечный шеверы. Методы шевингования (параллельное, диагональное, тангенциальное, врезное и их разновидности) различаются направлением подачи, временем обработки и конструкцией шевера.

Обработка металла давлением – технологический процесс получения заготовок или деталей в результате силового воздействия инструмента на обрабатываемый материал.

Существуют такие виды обработки давлением как:

- ковка;
- прокатка;
- прессование;
- волочение;
- штамповка.

Существуют также процессы, при которых используются комбинации из нескольких методов. Например, метод прокатка-волочение.

Необходимо учитывать, что каждый из выше перечисленных методов обработки металлов давлением имеет свои разновидности. Так, например, ковка по диапазону температур бывает горячей и холодной. У каждого из этих видов есть свои преимущества и недостатки.

При холодной ковке металл не нагревается. Цель процесса – изогнуть материал до нужной формы.

Горячая ковка – более трудоемкий процесс, однако с его помощью можно создать сложные конструкции. Материал нагревают, после чего обрабатывают с помощью отжига, отпуска или закалки. Для каждого металла существуют свой диапазон температур, при которых они достигают нужной пластичности.

По способу воздействия на материал инструментом ковка подразделяется на ковку в штампах и свободную.

Характерная черта первого вида – наличие штампа, полости, в которую помещается металл и при деформации принимает ее форму. Процесс очень

удобен, если нужно сделать много однотипных деталей.

При свободной ковке материал не ограничивается штампом, поэтому используется для изделий с элементами творчества. Перед тем как осуществить обработку, нужно спроектировать будущее изделие.

Свободная ковка бывает машинной и ручной. Машинная ковка осуществляется с помощью специального оборудования: ковочных машин, молотов или гидравлических прессов. Для того, чтобы управлять им, используются подъемные краны, способные выдержать до 350 тонн. При ручной ковке материал обрабатывается с помощью молота или кувалды. Используют его чаще всего для удаления швов и окалин, придания металлу мелкозернистой структуры.

Ультразвуковая обработка материалов основана на разрушении обрабатываемого материала абразивными зернами под ударами инструмента, колеблющегося с ультразвуковой частотой. Ультразвуковым методом обрабатывают сквозные и глухие отверстия любой формы поперечного сечения, фасонные полости, разрезают заготовки на части, профилируют наружные поверхности, гравируют, прошивают отверстия с криволинейными осями, нарезают резьбы.

Термической обработкой называется совокупность операций нагрева, выдержки и охлаждения твердых металлических сплавов с целью получения заданных свойств за счет изменения внутреннего строения и структуры. Термическая обработка используется либо в качестве промежуточной операции для улучшения обрабатываемости давлением, резанием, либо как окончательная операция технологического процесса, обеспечивающая заданный уровень свойств детали.

Среди основных видов термической обработки следует отметить:

– отжиг;
– закалку;
– отпуск;
– нормализацию;
– старение.

Сущность химико-термической обработки (ХТО) заключается в

нагреве и выдержке металлических (а в ряде случаев и неметаллических) материалов при высоких температурах в химически активных средах (твердых, жидких, газообразных). В подавляющем большинстве случаев химико-термическую обработку проводят с целью обогащения поверхностных слоев изделий определенными элементами.

В зависимости от насыщающего элемента различают следующие процессы ХТО:

однокомпонентные: цементация; азотирование, алитирование, хромирование, борирование, силицирование;

многокомпонентные: нитроцементация (цианирование, карбонитрация); бороалитирование, хромоалитирование, хромосилицирование и т.д.

Существующие методы химико-термической обработки можно разделить на три основные группы: насыщение из твердой фазы (в основном, из порошковых засыпок), насыщение из жидкой фазы и насыщение из газовой фазы.

Особо выделяют метод ХТО в ионизированных газах (ХТО в плазме тлеющего разряда). В настоящее время активно изучают способы ХТО, реализующиеся при воздействии на поверхность концентрированными потоками энергии. Толщина диффузионного слоя, а, следовательно, и толщина упрочненного слоя поверхности изделия, является наиболее важной характеристикой химико-термической обработки. Толщина слоя определяется рядом таких факторов, как температура насыщения, продолжительность процесса насыщения, состав, то есть содержание тех или иных легирующих элементов, градиент концентраций насыщаемого элемента между поверхностью изделия и в глубине насыщаемого слоя.

ХТО применяют с целью поверхностного упрочнения металлов и сплавов (повышения твердости, износостойкости, усталостной и коррозионно-усталостной прочности, сопротивления кавитации и т.д.); повышения сопротивления коррозии в различных агрессивных средах при комнатной и повышенных температурах; придания изделиям требуемых физических свойств (электрических, магнитных, тепловых и т.д.); придания

изделиям соответствующего декоративного вида (преимущественно с целью окрашивания изделий в различные цвета); облегчения технологических операций обработки металлов (давлением, резанием и др.).

Электрофизические и электрохимические методы обработки начали интенсивно развиваться в связи с появлением в конструкциях машин новых сплавов, с трудом поддающиеся обработке обычными металлорежущими инструментами. Интенсивности внедрения электрофизических и электрохимических методов способствовало развитие космической, атомной, электронной отраслей промышленности, рост приборостроения, энергетического и химического машиностроения, инструментального производства и др. В основе электрофизических и электрохимических методов обработки материалов лежит использование различных физико-химических процессов энергетического воздействия на заготовку для формообразования всей детали или отдельных ее поверхностей.

Электрофизические методы обработки подразделяются на электроэрозионные (электроискровая и электроимпульсная обработка), электромеханические (электроконтактная, электроабразивная, магнито-импульсная, электрогидравлическая, ультразвуковая обработка), лучевые (электроннолучевая и лазерная обработка) и плазменную обработку.

Электрохимические методы обработки подразделяются на поверхностные (электролитическое полирование, анодирование, пассивирование, гальванопластика, гальваностегия), размерные (анодно-механическая и анодно-гидравлическая обработка).

Для лазерной обработки и сварки материалов используются твердотельные и газовые лазеры. Основным источником энергии, обеспечивающим процесс обработки, является оптический квантовый генератор (лазер). Лазерное излучение формируется оптической системой в пучок с определенными пространственными характеристиками и направляется на обрабатываемый объект. При помощи оптической системы могут осуществляться также визуальный контроль положения обрабатываемого объекта относительно луча, наблюдение за ходом процесса обработки и оценка его результата. Разработаны следующие виды лазерной

обработки: поверхностная обработка, резка, обработка отверстий.

Ионная обработка включает в себя ионно-лучевую обработку, ионное легирование, осаждение из сепарированных ионных пучков, ионную литографию. Ионно-лучевая обработка — это комплекс способов обработки материалов энергетическими потоками ионов, в результате воздействия которых изменяется форма, физико-химические, механические, электрические и магнитные свойства обрабатываемых изделий. Метод ионного легирования основан на контролируемом внедрении в материал (твердое тело) ускоренных ионизированных атомов и молекул. К достоинствам такого метода можно отнести возможность введения любой

примеси в любой материал; локальность воздействия; отсутствие нагреваподложки; возможность строгого дозирования примесей и т.д.

На сегодня одним из самых распространенных видов разрушений (более 80 %) инженерных конструкций является усталостное разрушение. Для оценки работоспособности металла в разных условиях эксплуатационного нагружения, кроме параметров статической прочности и пластичности, необходимо располагать характеристиками выносливости с учетом различных факторов, например, видов и режимов технологической обработки, температуры и среды испытания. Кроме того, при жестком требовании снижения металлоемкости машин и технических устройств бывает трудно избежать появления в ответственных деталях усталостных трещин.

Упрочнение металла может быть достигнуто одним из следующих методов: термомеханической обработкой, поверхностным упрочнением, закалкой токами высокой частоты, газоплазменной закалкой, старением, обработкой холодом и методами пластической деформации.

Упрочнение методами поверхностного пластического деформирования (ППД) приводит к существенным изменениям в поверхностном слое металла: сглаживаются микронеровности и повышается прочность слоя с образованием в нём остаточных напряжений сжатия.

При ППД снижается шероховатость поверхности. Такая поверхность способствует увеличению выносливости деталей, так как снижается

концентрация напряжений во впадинах микронеровностей. Кроме того, значительно увеличивается опорная поверхность профиля, что способствует быстрой приработке сопрягаемых деталей в подвижных соединениях и большей прочности в неподвижных посадках.

Следует отметить, что ППД обработка обеспечивает повышение усталостной прочности образцов в среднем на 15...20% и увеличение долговечности до 2-х раз. Основными причинами увеличения усталостной прочности являются повышение механических свойств материала поверхностного слоя и положительное влияние остаточных напряжений; поверхностный наклеп приводит к значительному увеличению долговечности деталей машин не только в условиях обычной усталости, но и при малоцикловой, связанной с высоким уровнем действующих повторных нагрузок. В этих условиях, особенно для высокопрочных материалов, большое значение имеет изменение микрорельефа поверхности; поверхностный наклеп повышает предел выносливости. Это объясняется уплотнением поверхностного слоя и закрытием макропор для проникновения активных сред вглубь металла. Так же упрочнение поверхностного слоя

пластическим деформированием способствует повышению контактной выносливости и износостойкости деталей.

Все методы обработки поверхностным пластическим деформированием имеют широкие возможности в управлении параметрами состояния поверхностного слоя деталей машин, а, следовательно, и их эксплуатационными свойствами. Однако их применение для этих целей требует грамотного и правильного подхода, так как каждый из этих методов имеет вполне определенные экономически целесообразные области применения.

Производственный цикл изготовления изделий

При преобразовании предметов производства в конкретное изделие они проходят через множество основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, протекающих параллельно, параллельно - последовательно или последовательно во времени в зависимости от сложившейся на предприятии

производственной структуры, типа производства, уровня специализации производственных подразделений, форм организации производственных процессов. Совокупность этих процессов, обеспечивающих изготовление изделия, принято называть производственным циклом, основными характеристиками которого являются его продолжительность и структура.

Продолжительность производственного цикла изготовления продукции – это календарный период времени, в течение которого материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия превращаются в готовую продукцию. Продолжительность производственного цикла, как правило, выражается в календарных днях. Знание продолжительности производственного цикла необходимо для составления производственной программы предприятия и его подразделений, для определения сроков начала производственного процесса (запуска) по данным сроков его окончания (выпуска) и для расчетов нормальной величины незавершенного производства. Продолжительность производственного цикла зависит от времени трудовых и естественных процессов, а также от времени перерывов в производственном процессе (рисунок 1.1).

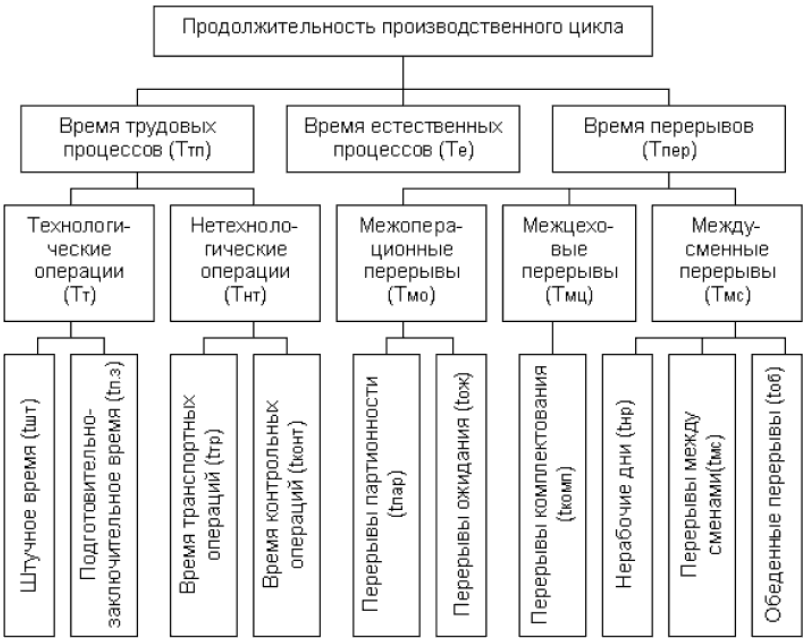

Рисунок 1.1 - Структура продолжительности производственного цикла

В течение трудовых процессов выполняются технологические и нетехнологические операции.

К технологическим относятся операции, в результате которых

изменяются внешний вид и внутреннее содержание предметов труда, а также подготовительно - заключительные работы. Их продолжительность зависит от типа производства, его технической оснащенности, прогрессивности технологии, приемов и методов труда и других факторов. Время выполнения технологических операций в производственном цикле составляет технологический цикл (Тц). Время выполнения одной операции, в течение которого изготавливается одна деталь, партия одинаковых деталей или несколько различных деталей, называется операционным циклом (Топ).

К нетехнологическим относятся операции по транспортировке предметов труда и контролю качества продукции. Естественными считаются такие процессы, которые связаны с охлаждением деталей после термообработки, с сушкой после окраски деталей или других видов покрытия и со старением металла.

Перерывы в зависимости от вызвавших их причин могут быть подразделены на межоперационные (внутрицикловые), межцеховые и междусменные. Межоперационные перерывы обусловлены временем партионности и ожидания и зависят от характера обработки партии деталей на операциях. Перерывы партионности происходят потому, что каждая

деталь, поступая на рабочее место в составе партии аналогичных деталей, пролеживает один раз до начала обработки, а второй раз по окончании обработки, пока вся партия не пройдет через данную операцию. Перерывы ожидания вызываются несогласованной продолжительностью смежных операций технологического процесса. Эти перерывы возникают в тех случаях, когда предыдущая операция заканчивается раньше, чем освобождается рабочее место, предназначенное для выполнения следующей операции.

Межцеховые перерывы обусловлены тем, что сроки окончания производства составных частей деталей сборочных единиц в разных цехах различны и детали пролеживают в ожидании комплектности. Это пролеживание (перерывы комплектования) происходит при комплектно-узловой системе планирования, т. е. тогда, когда готовые заготовки, детали или узлы должны «пролеживать» в связи с незаконченностью других

заготовок, деталей, узлов, входящих совместно с первыми в один комплект. Как правило, такие перерывы возникают при переходе продукции от одной стадии производства к другой или из одного цеха в другой.

Междусменные перерывы обусловлены режимом работы предприятия и его подразделений. К ним относятся выходные и праздничные дни, перерывы между сменами и обеденные перерывы.

Структура и продолжительность производственного цикла зависят от типа производства и уровня организации производственного процесса. Сокращение времени трудовых процессов в части операционных циклов достигается путем совершенствования технологических процессов, а также повышения технологичности конструкции изделия, под которой понимают максимальное приближение конструкционных особенностей изделия к способам реализации этих особенностей в производстве.

Продолжительность транспортных операций может быть уменьшена механизацией и автоматизацией подъема и перемещения продукции. Наладку оборудования необходимо выполнять в нерабочие смены и в перерывы. Продолжительность естественных процессов уменьшается за счет замены их технологическими операциями. Например, естественная сушка окрашенных деталей может быть заменена индукционной сушкой поле токов высокой частоты с ускорением процесса в 5-7 раз.

Время межоперационных перерывов может быть уменьшено в результате перехода от последовательного к последовательно-параллельному и параллельному виду движений предметов труда. Оно может быть сокращено за счет организации цехов и участков предметной специализации.

Развитие науки и практики формообразования материалов

Применение в машинах конструкционных материалов с повышенными физико-механическими свойствами (высокопрочных, жаростойких, химически стойких), а также повышение требования к точности размеров и качеству поверхностей деталей машин обусловливают необходимость совершенствования и создания новых методов обработки резанием, что возможно на базе грамотного применения теоретических научных основ обработки материалов резанием.

Обработка резанием известна уже более 3 000 лет, однако научное изучение процесса резания началось только в середине XIX в.

Условно развитие науки о резании можно подразделить на следующие этапы. 1848—1896 гг. — этап становления науки о резании (накопление опытных данных).

Первые попытки систематизации изучения процесса резания предприняты в 1848 г., когда были исследованы энергетические затраты при сверлении отверстий в некоторых материалах.

В 1868 — 1869 гг. русский ученый И. А. Тиме впервые рассмотрел процесс деформации металла при срезании стружки, провел многочисленные опыты. В 1870 г. И. А. Тиме опубликовал книгу «Сопротивление металлов и дерева резанию», а в 1877 г. — «Мемуар о строгании металла».

И. А. Тиме является основоположником науки о резании металлов, он впервые указал на то, что научное обоснование процесса резания невозможно без установления физических основ резания и, в частности, процесса превращения срезаемого слоя в стружку. Также И. А. Тиме впервые указал на сдвиговый характер деформации срезаемого слоя и на изменение длины стружки по сравнению с длиной срезаемого слоя, провел измерения сил резания с помощью динамометров, определил скорость резания, дал классификацию стружек.

Русский ученый К. А. Зворыкин в 1893 г. провел анализ сил и напряжений, действовавших в зоне резания, и развил модель процесса деформации с одной плоскостью сдвига, предложенную И. А. Тиме.

Русский ученый А. А. Брикс предложил свою модель деформации в виде семейства плоскостей деформации и терминологию для обозначения геометрических параметров РИ.

1896—1940 гг. — этап, обусловленный открытием в 1896 г. состава так называемой быстрорежущей стали (БРС), так как режущий инструмент до этого изготовлялись из углеродистой и легированной сталей.

На этом этапе развития науки о резании активные исследования проводили американский ученый Ф. Тейлор, а также отечественные ученые А. Г. Усачев, А. Ч. Челюсткин, С. С. Рудник, А. М. Розенберг, Т. И. Тихонов

и др.

В 1935 г. была создана комиссия по резанию металлов под председательством Е. П. Надеинской.

К работе комиссии были привлечены более 30 высших учебных заведений, большое число заводских лабораторий, и в результате были созданы общемашиностроительные нормативы режимов резания. Накопленный материал послужил основой для дальнейшего развития теории резания.

1940—1970 гг. — этап, связанный как с накоплением большого экспериментального материала, который нуждался в научной обработке, так и с освоением в металлообработке спеченных твердых сплавов (ТС), которые позволили поднять скорости резания в 4 — 5 раз по сравнению с БРС. Такое резкое увеличение скорости резания потребовало нового подхода к изучению тепловых явлений, процессов изнашивания и выбора оптимальных режимов резания.

На этом этапе появились фундаментальные научные труды отечественных и зарубежных ученых. К исследованию резания подключились ученые-физики.

Большой вклад в создание научных основ процесса резания внесли зарубежные ученые Г. Эрнст, М. Кроненберг, М. Мерчант и другие, а также отечественные ученые В. А. Кривоухов, Г. И. Грановский, А. М. Розенберг, И. Н. Третьяков, А. Н. Еремин, М. И. Клушин, А. И. Исаев, Т. Н. Лоладзе, В. Ф. Бобров, М. Ф. Полетика, Н. Н. Зорев, Г. Л. Куфарев и многие другие.

Особо следует отметить выпуск в 1967 г. монографии «Развитие науки о резании металлов», выпущенной коллективом ведущих отечественных ученых в области резания. На этом этапе созданы научные основы теории обработки материалов резанием.

С 1970 г. по настоящее время — этап бурного применения сменных многогранных пластин (СМП) и появления новых марок спеченных ТС, в частности сплавов с износостойкими покрытиями в виде карбидов, нитридов тугоплавких металлов и других более сложных композиций.

Совершенствуются высокоскоростные методы механической

обработки, что требует дальнейшего развития научных основ процесса резания.