**Формирование свойств материала и размерных связей в процессе изготовления детали**

Птуха Л.И.

Для того чтобы получить качественную деталь необходимо при ее конструировании и изготовлении решить две задачи:

обеспечить требуемые свойства материала детали;

обеспечить необходимую точность размеров, расстояний,относительных поворотов и формы поверхностей детали.

**Формирование свойств материала детали**

Материал детали (чугун, сталь, цветной сплав, стекло, гранит и другое) выбирает конструктор исходя из служебного назначения детали, механических свойств материала, физических свойств материала, химических свойств материала, технологических свойств материала.

К механическим свойствам относятся временное сопротивление при растяжении и сжатие, предел текучести, относительное удлинение, структура остаточных напряжений и другие.

К физическим свойствам относятся удельный вес, плотность, модуль объемного сжатия, модуль Юнга, температура плавления, температура кристаллизации, теплопроводность, коэффициент линейного расширения, электрическое сопротивление.

Химические свойства материала, прежде всего, определяются его коррозионной стойкостью.

К технологическим свойствам относятся обрабатываемость резанием, обрабатываемость давлением, свариваемость, упрочняемость.

Требования к свойствам материала должны задаваться системой номинальных значений и допусками, ограничивающими отклонения показателей их номинальных значений.

На машиностроительных предприятиях детали машин изготавливают из полуфабрикатов. Полуфабрикатами в основном являются изделия металлургических предприятий: прокат; заготовки, полученные отрезкой из проката, литьем, пластическим деформированием, сваркой; металлические порошки и др.

При изготовлении детали заготовки подвергаются силовым, тепловым, химическим и другими воздействиями. Вследствие этого на каждом из этапов технологического процесса могут меняться химический состав, структура, зернистость материала заготовки, а, следовательно, механические свойства, физические свойства, химические свойства, состояние поверхностного слоя.

Переход от свойств материала заготовки к свойствам материала готовой детали может быть представлен схемой, приведенной на рис 1.

Таким образом, для достижения требуемых свойств материала детали необходимо учитывать следующее:

строить технологический процесс изготовления детали так, чтобы обеспечить необходимые свойства материала детали наряду с ее геометрической точностью;

исходя из требуемых свойств материала детали и с учетом изменения этих свойств в процессе изготовления, предъявить комплекс требований к материалу заготовки (например, жидкотекучесть, хорошая обрабатываемость);

обеспечить соблюдение требований к материалу заготовки в технологическом процессе ее изготовления (литья, ковки, штамповки отрезки).

Рис 1. Переход от свойств материала заготовки к свойствам материала детали

Для того, чтобы осознанно выбрать технологический процесс получения заготовки и обеспечить необходимое качество материала детали в процессе ее, изготовления, необходимо знать как формируются свойства материала в процессе получения заготовки и в процессе изготовления детали.

Вид заготовки и способ ее получения выбирают с учетом ее последующей обработки на основе технико-экономического анализа.

На выбор заготовки влияет марка материала и конструкции детали (например, станина или вал). На выбор способа получения заготовки кроме материала и конструкции детали влияют размеры детали, требуемая точность размеров детали, качество поверхности заготовки, объем выпуска, тип производства, характер последующей механической и других видов обработки заготовки.

Например, заготовкой для зубчатого колеса может быть:

а) заготовка, полученная одним из нескольких способов резки;

б) поковка, полученная свободной ковкой в открытом штампе, в закрытом штампе, на ГКМ;

в) отливка, полученная литьем в разовые формы (сырые, сухие), в кокиль, под давлением, центробежным и т.д.

Разные способы получения заготовок приводят к разным свойствам их материала. Структура и размер зерен материала отливки зависит от многих факторов: количества и свойства примесей в чистом металле или легирующих элементов в сплаве, температуры разливки, скорости охлаждения при кристаллизации, конфигурации, теплопроводности, состояния внутренних поверхностей литейной формы.

От структуры и зернистости материала отливки зависят его механические свойства.

Влияние примесей и легирующих элементов на свойства материала подробно изучаются в дисциплине <Материаловедение>.

Свойства материала литой заготовки во многом зависит от ее конфигурации. Конструкция отливки должна создавать возможность одновременного или последовательно направленного затвердения ее частей. Нужно стремиться при проектировании к равномерным сечениям стенок или постепенному увеличению массивности стенок в предполагаемом направлении затвердения материала.

Неравномерность охлаждения различных частей отливок, сопротивление формы и стержней свободной усадки металла приводят к образованию трещин, усадочных раковин и остаточных напряжений.

Быстрое охлаждение тонких стенок приводит к <отбелу> поверхностей.

Пластическое деформирование материала, также сопровождается изменением его физико-механических свойств. При прокатке и ковке слитков металла происходит деформирование его дендритной структуры, зерна металла вытягиваются, и его механические свойства в продольном и поперечном направлениях становятся различными, что служит причиной снижения прочности заготовок и появления остаточных напряжений. При пластичном деформировании большое значение имеет температура нагревания. Нарушение теплового режима приводит к образованию трещин, крупнозернистой, дефектной структуре (перегретая сталь) и к неисправимому браку - пережогу (оплавлению и окислению металла по граница зерен). Если деформирование осуществляется без предварительного нагрева, то в металле происходит ряд явлений (возникают остаточные напряжения, разрушаются отдельные кристаллы), в результате которых деталь приобретет наклеп. Наклеп затрудняет пластическое деформирование и приводит к разрушению металла.

Для технологического процесса изготовления детали, большое значение имеет обрабатываемость материала резанием.

Обрабатываемость резанием - способность поддаваться обработке резанием, зависит, от химического состава материала заготовки, его структуры, зернистости, а также от свойств материала режущего инструмента.

К показателям обрабатываемости относятся сила резания (момент вращения) по сравнению с эталонным материалом (сталь 45); эффективная мощность, затрачиваемая на резание; склонность к наростообразованию на инструменте; интенсивность изнашивания инструмента; качество поверхностей (шероховатость, остаточное напряжение на поверхностном слое).

Значения показателей обрабатываемости конструкционного материала данного химического состава и структурного состояния определяются твердостью, пределом прочности, относительным удлинением, коэффициентом трения, свойством изнашивания лезвия инструментов, теплопроводностью и т.д.

Для уменьшения недостатков структуры материала в литых заготовках (особенно в стальных), а также в кованных и штампованных заготовках (крупнозернистого строения в результате перегрева и рано законченной ковки, наклепа, остаточного напряжения) заготовки подвергают термической обработке (отжигу и нормализации).

В результате термической обработки улучшают механические и технологические свойства материала. Формирование значения любого показателя свойств материала заготовки является случайным процессом. Поэтому неизбежные отклонения от номинальных значений необходимо ограничивать допусками. Однако назначение допусков возможно лишь с учетом тех изменений, которые свойства материала претерпевают в процессе изготовления детали.

**Воздействие механической обработки на свойства материала заготовок**

Воздействие механической обработки на свойства материала заготовок определяется действием сил. Теплоты и химических явлений, сопровождающих процесс формирования поверхностных слоев обрабатываемых поверхностей детали.

При обработке резанием под воздействием силы в поверхностном слое материала заготовки возникают упругие и пластические деформации. Пластическое деформирование материала сопровождается его упрочнением (наклепом) и изменением его механических, физических и химических свойств.

При точении степень наклепа увеличивается с ростом сил резания. Чему способствуют увеличение глубины резания и подачи, переход от положительных передних углов резцов к отрицательным, большие радиусы закругления и затупление резцов. Но в то же время изменение режимов обработки, приводящее к увеличению количества теплоты в зоне резания, создает условия для отдыха материала и снятия наклепа с поверхностного слоя.

Общие закономерности образования наклепа характерны для точения, фрезерования, шлифования и других механических способов обработки. Ориентировочное представление о степени и глубине наклепа при разных способах обработки можно получить из табл 1.

Таблица 1. Степень и глубина наклепа при разных способах обработки (по данным Э.В.Рыжова)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид обработки | Степень наклепа, % | Глубина наклепа, мкм |
| Точение:обычное и скоростноетонкое |  120-150140-180 |  30-5020-60 |
| Фрезерование:торцовоецилиндрическое |  140-180120-140 |  40-10040-80 |
| Сверление и зенкерование | 160-170 | 160-200 |
| Развертывание | - | 150-200 |
| Протягивание | 150-200 | 20-75 |
| Зубофрезерование и зубодолбление | 160-200 | 120-150 |
| Шевингование зубьев | - | До 100 |
| Шлифование:круглое деталей из сталей:незакаленной углеродистойнизкоуглеродистойзакаленнойплоское |  140-160125-130150 |  30-6020-4016-35 |

Интенсивность и глубина распространения наклепа зависит также от свойств материала заготовки во взаимосвязи со скоростью резания.

В процессе механической обработки в поверхностных слоях заготовки возникают остаточные напряжения, причинами которых являются различия условий в верхних и нижних соях материала. Под воздействием режущего инструмента в поверхностном слое металла происходит пластическое деформирование. Изменения формы кристаллических зерен. Нагрев поверхностного слоя до высоких температур, структурные превращения. Эти явления могут сопровождаться изменениями в поверхностном слое плотности объема материала, переформирование кристаллических зерен, тепловыми деформациями. Изменениям состояния поверхностного слоя препятствуют нижележащие слои материала. В результате сложного взаимодействия явлений в поверхностных и нижележащих слоях материала возникают остаточные напряжения противоположных знаков (растяжение и сжатие).

Большое значение в формировании остаточных напряжений имеют химический состав материала и его склонность к структурным изменениям, пластичность, твердость. Упругость, теплопроводность и др. механические и физические свойства.

Прямое воздействие на свойства материала поверхностного слоя оказывает теплота, возникающая в зоне резания. Структурные изменения материала поверхностного слоя под воздействием теплоты могут быть различными при разных способах обработки и приводить к дефектам (прижогам, мелким трещинам и т.п.).

Температура в зоне резания влияет и на химический состав материала поверхностного слоя. Если температура нагрева поверхностного слоя превысит температуру плавления какого-либо компонента в сплаве металла, то это может привести к выгоранию легирующего компонента. Нагрев поверхностного слоя интенсифицирует окислительные процессы, происходящие в нем, и приводит к изменению его химического состава.

**Влияние смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ)**

В зависимости от состава действие СОЖ может быть: охлаждающим, смазывающим и повышающим эффективность процесса обработки.

Основное назначение СОЖ - охлаждение в процессе обработки режущего инструмента и заготовки. Снижение температуры в зоне резания осуществляется путем непосредственного теплообмена между режущим инструментом, заготовкой и СОЖ и через уменьшение сил трения инструмента по задней и передней поверхностям о заготовку и сходящую стружку.

В некоторые СОЖ добавляют поверхностно активные вещества, например олеиновую кислоту. Применение таких СОЖ, приводит к изменениям химического состава поверхностного слоя заготовки.

Обработка методами поверхностно-пластического деформирования (ППД)

Методы ППД основаны на пластическом деформировании поверхностного слоя заготовки без снятия слоя материала и относятся к отделочным методам обработки, применяемым для повышения предела выносливости и износостойкости детали.

К методам ППД относят дорнирование, выглаживание, чеканку, дробеструйную обработку, накатывание (раскатывание), обработку стальными щетками. Все методы ППД сводятся к силовому воздействию инструмента на обрабатываемую поверхность, вследствие чего происходит смятие гребешков микронеровностей, образование в поверхностном слое остаточных сжимающих напряжений, повышение механических свойств материала.

Воздействие на свойства материала заготовок термической и химико-термической обработок

Основной задачей термообработки заготовок является изменение структуры и свойств их материала, направленные, чаще всего, на получение более мелкого зерна. Термической обработке подвергаются слитки, отливки, поковки, сварные соединении, заготовки, полученные из проката, а также детали, изготовленные из разнообразных металлов и сплавов.

Основными видами термической обработки заготовок из сталей являются отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Отжиг (нагрев дол температуры выше Ас3 на 30-50о С и охлаждение со скоростью 100-200о С/ч для углеродистых сталей и 20-70о С/ч - для легированных) заготовок из сталей проводят для снижения твердости, повышения пластичности и получения однородной мелкозернистой структуры.

Нормализация сообщает стали более высокую прочность, чем отжиг, из-за большей скорости охлаждения ( после нагрева заготовку охлаждают на воздухе).

Закалка обеспечивает в заготовках из стали структуры наивысшей твердости (после нагрева охлаждение осуществляется погружением заготовки в воду или масло, имеющих температуру 20-25о С).

Отпуск обеспечивает большую пластичность материала и снятие остаточных напряжений. В зависимости от температуры нагрева различают три вида отпуска: низкий (при 120-250оС), средний (при 350-450оС) и высокий (при 500-680о С).

Комбинированную термическую обработку заготовок из конструкционных сталей, состоящую из полной закалки и высокого отпуска называют улучшением.

Получение требуемых свойств материала заготовки, подвергаемой термообработке, зависит от его химического состава, степени его однородности и чистоты, наличия остаточных напряжений, формы и размеров заготовки, правильного выбора и соблюдения режимов термообработки.

Химико-термическую обработку (ХТО) применяют для поверхностного упрочнения и противодействия влиянию на поверхность агрессивных сред. Наибольшее распространение в машиностроении получили процессы: цементации, цианирования и азотирования.

Цементация представляет собой процесс обогащения поверхностного слоя (0,5-2,2 мм) низкоуглеродистой стали углеродом. Последующая закалка сообщает поверхностному слою высокую твердость (HRC 64:66) и вязкость сердцевины и повышает износостойкость и усталостную прочность детали. Цементацию осуществляют в твердом или газообразном карбюризаторе при температуре 920-1050оС. Обычно цементации подвергают не все, а лишь отдельные поверхности заготовок, поэтому нецементируемые поверхности должны быть изолированы. Существуют различные способы изолирования: омеднение, применение специальных обмазок, назначение припусков, удаляемых с заготовки после цементации до закалки. В последнем случае в технологическом процессе изготовления детали на первых этапах обрабатывают поверхности заготовки, подлежащие цементации с припуском под обработку после закалки. Остальные поверхности либо не обрабатывают, либо обрабатывают с припуском в 1,5-2 раза превышающим заданную глубину цементированного слоя. После цементации защитные и цементированные слои с этих поверхностей удаляют, и заготовку направляют на закалку, в результате которой высокую твердость приобретут только цементированные поверхности.

Цианирование как и цементация повышает твердость поверхностного слоя, износостойкость и усталостную прочность. Процесс насыщения поверхностного слоя материала углеродом ведут при температуре 820-950о С с применением в качестве карбюризатора цианистых соединений (жидких, газообразных, твердых).Цианирование обеспечивает большую износостойкость, чем цементация из-за содержания в поверхностном слоя азота.

Азотирование применяют для повышения твердости, износостойкости и предела выносливости деталей машин, изготавливаемых из легированных сталей и чугуна. До азотирования детали подвергают закалке и высокому отпуску, проводят чистовую обработку заготовки, а после азотирования - отделочную обработку (тонкое шлифование, притирку, доводку и т.п.). Насыщение азотом ведут при температуре 500-600о С в муфелях или контейнерах, через которые пропускают аммиак. Азотированию подвергают лишь отдельные поверхности, все остальные защищают гальваническим лужением. Азотирование более длительный процесс, чем цементация, требующий 50-60 ч выдержки, при толщине азотированного слоя, не превышающего 0,5 мм.

Обеспечение требуемых свойств материала детали в процессе изготовления

Выбор материала и разработка конструкции должны вестись с учетом условий, в которых ей предстоит работать.

Основными причинами отказов деталей в работающей машине являются изнашивание, коррозия, перераспределение остаточных напряжений, приводящие к потере геометрической точности детали, а также усталостные явления в материале, и как следствие поломка детали.

Конструктор обычно указывает в чертежах марку стали, твердость, шероховатость.

Но эти требования не охватывают весь комплекс показателей, определяющих эксплуатационные свойства детали.

Механические, физические и химические свойства материальной детали достигают в процессе ее изготовления через химический состав, структуру его, зернистость, структуру остаточных напряжений, качество поверхностного слоя.

Связь между двумя группами пока в полном объеме не установлена (за исключением отдельных случаев) и является на сегодня важнейшей проблемой для материаловедов и технологов.

Источниками возможных отклонений свойств материала в технологическом процессе являются:

Неправильный выбор исходного материала и его дефекты.

Выбор способа получения заготовки (не обеспечивающего требуемую структуру, механические и химические свойства материала и возможность получения нужных свойств в технологическом процессе изготовления детали).

Дефекты заготовки, затрагивающие свойства ее материала.

Несоответствие свойствам материала последовательности, способов и режимов предварительной обработки заготовок (следствием чего является структура изменения материала, остаточные напряжения, трещины).

Несоответствие марке материала режимов ТО и ХТО (обезуглероживание, трещины).

Неправильный выбор способов и режимов отделочной обработки заготовок (закалка или отпуск, перенаклеп и шелушение и т.п.).

Остаточное напряжение в материале стали, вызывающее ее коробление.