

УДК: 621.941.1

DOI 10.21661/r-560324

Дин Кай Цзянь

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО СПОСОБА ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Аннотация: на основании формализации методов поверхностного пластического деформирования в статье представлена разработанная методика выбора оптимального способа обработки и комплексных технологических условий упрочнения с использованием автоматизированной системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: упрочнение, формализация, выбор, эксплуатационные требования.

Ding Kai Jian

METHODOLOGY FOR CHOOSING AN OPTIMAL TECHNIQUE FOR SURFACE PLASTIC FORMING

Abstract: on the basis of formalization of the surface plastic forming methods a methodology has been developed for choosing an optimal processing technique and complex technological hardening conditions using automated decision – making support system.

Keywords: hardening, formalization, choice, performance requirements.

Введение

При выборе способа обработки детали предлагается использование автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР). СППР – это интерактивные автоматизированные системы, помогающие лицу, принимающему решения, использовать данные и модели для решения слабо структурированных задач.

При разработке данной СППР поверхностного пластического деформирования (ППД) задается набор правил – зависимости эксплуатационных качеств от качества поверхностного слоя и точности деталей; возможности каждого метода.

В автоматизированной интеллектуальной системе СППР ППД формируется алгоритм последовательных переходов между правилами. Рассматриваемая система должна работать следующим образом: эксперту-технологу в автоматическом режиме последовательно задается ряд вопросов (в соответствии с запрограммированным алгоритмом). В зависимости от ответов эксперта и установленных правил в системе (прописанных зависимостей между факторами), система подбирает правильный ответ и передает результат эксперту, то есть помогает в принятии решения.

Основываясь на данных, полученных на этапе определения целей обработки, задаются начальные условия: технические и экономические возможности производства, тип производства, ключевые (основные) характеристики детали. При этом учитываются наследственные факторы в соответствии с механизмом комплексного взаимного влияния наследственной информации и всех параметров технологической системы на качество и точность асимметрично упрочненных деталей [1]:

$$H_{\text{дет } i} = F_i \{f_{\text{ТН } i-1}, f_{\text{усл.обр...}i}\} \quad (1)$$

где $f_{\text{ТН } i-1}$ – функции, отображающие влияние технологического наследования параметров предыдущей обработки;

$f_{\text{усл.обр...}i}$ – функции схемы асимметричного ППД и его особенностей, условий и режимов обработки, геометрии, размеров и характеристик инструментов и т. п.

Далее определяются граничные условия, а именно: сопутствующие (неосновные) характеристики детали – ее свойства, влияющие на выбор способа обработки.

На основании проведенного анализа окончательно формулируется цель обработки детали: указываются требуемые характеристики детали.

В результате осуществляется выбор способа обработки на основании специальной методики. На рис.1 показана последовательность этапов технологического проектирования для обеспечения заданных эксплуатационных параметров деталей выбросом оптимального способа ППД с помощью СППР.

Семантика цветообозначения в названиях арабских и русских литературных произведений

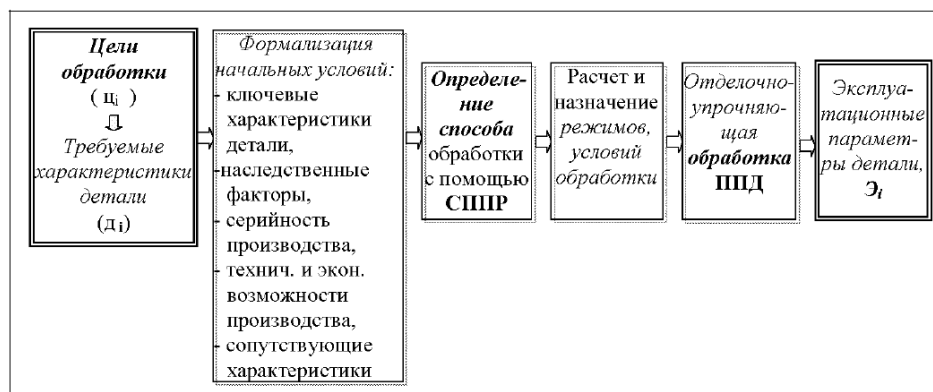


Рис.1. Последовательность обеспечения заданных эксплуатационных параметров деталей выбором оптимального способа ППД.

2. Методика определения оптимального способа и технологических условий ППД

Шаг 1. Формируем из известных способов ППД множество SP1. В SP1 включаем только те методы ($M_1, M_2, M_3, M_4, \dots, M_{\div \div \div j}$), которые позволяют обеспечить желаемый результат. Иначе говоря, исключаем способы ППД, заведомо не обеспечивающие заданные требования качества и эксплуатационные свойства деталей.

Аналитическая экспертная система позволяет определить наиболее подходящие способы ППД, исходя из начальных условий (целей обработки, характеристик детали и т. п.), а также в соответствии с особенностями способов ППД и заданными условиями их применения. Для этого все необходимые данные о способах задаются и кодируются на основании их классификации и формализации [2].

Шаг 2. Анализируем конфигурацию детали, которая в определенных случаях исключает применение некоторых способов ППД. Например, управление точностью формы деталей способом асимметричного упрочнения ППД рекомендуется для нежестких деталей (при соотношении длины к диаметру более 15) типа гладких и ступенчатых валов и труб из углеродистой и конструкционной стали методом обкатывания; для деталей из закаленной стали – выглаживанием; для деталей сложной формы типа лопаток, лонжеронов и т.п. – способом дробеструйной обработки или обкатыванием на станках с программным управлением с

адаптивной системой. Дорнование нецелесообразно применять для обработки сложных наружных поверхностей. Исключаем неподходящие в рассматриваемом случае способы из совокупности способов обработки SP1. → получаем множество SP2.

Шаг 3. Учитываем серийность производства с точки зрения обеспечения необходимой производительности, возможности и целесообразности автоматизации и механизации обработки, создания специальных инструментов и установок.

В случае единичного типа производства, например, при ремонте, рекомендуется использовать способы обработки, при которых применяется универсальное оборудование и такие способы, как обкатывание, раскатывание, выглаживание, обработка механическими щетками, дробеструйная обработка и т.п. при крупно-серийном или массовом типе производства возможно применение не только универсальной оснастки, но и специальных приспособлений, установок. Требуется обеспечение высокой производительности труда. Окупается применение средств механизации и автоматизации. То есть в случае крупносерийного или массового типа производства рекомендуется применять дорнование, виброударную, дробеструйную, статико-импульсную, ультразвуковую, центробежную обработки, обкатывание, выглаживание и т.п.

При применении последних способов рекомендуется использовать станки с программным управлением. Для этого необходимо иметь соответствующее программное обеспечение. Таким образом, исключаем способы, не используемые при данном типе производства. → в результате получаем множество SP3.

Шаг 4. Анализируем возможности производства, где будет обрабатываться деталь. Из множества SP3 исключаем способы, которые по организационным или экономическим причинам применять затруднительно → получаем множество SP4.

Шаг 5. Каждый способ из множества SP4 конкретизируем, уточняем (назначая и рассчитывая) условия и режимы обработки. Производим теоретическое моделирование технологической операции.

Теоретическое моделирование асимметричного упрочнения в СППР ППД должно базироваться на решении нескольких взаимосвязанных задач [3]: создания необходимой эпюры силы деформирования в зависимости от условий

обработки; определения параметров области контакта и напряженно – деформированного состояния, которая решается на основании известных характеристик рассматриваемого способа ППД и характеристик детали; определения параметров качества после асимметричного упрочнения → получаем множество SP5, которое представляет собой множество способов обработки с указанием соответствующих условий и режимов.

Шаг 6. Определяем, в соответствии с уточненными условиями обработки, возможности получения требуемых ключевых характеристик детали. Исключаем неподходящие способы. Таким образом, в результате выполнения перечисленных шагов, мы получим такое множество способов SP6, применяя любой из которых, мы сможем получить требуемые ключевые характеристики детали → получаем множество SP6.

Следующие шаги методики предназначены для определения одного (оптимального) способа обработки детали.

Шаг 7. Последовательно анализируем каждый способ обработки из множества SP6. А именно: определяем значения сопутствующих характеристик детали при применении каждого способа обработки из SP6 и проверяем на предмет удовлетворения ограничивающим условиям. Например, при обеспечении ключевой характеристики – точности оси вала в пределах 0.09–0.11 мм, следует обеспечить сопутствующие характеристики детали: шероховатость в пределах $Ra\ 0.63 \div Ra\ 1.25\ \mu m$, твердость $HRC\ 48 \div HRC\ 50$.

Исключаем из множества SP6 способы, не удовлетворяющие ограничивающим условиям. Принимаем один или несколько способов обработки, позволяющих получить требуемый результат, удовлетворяющий ограничивающим условиям. → Получаем множество SP7.

Если способов (C) больше одного: $C > 1$, переходим к шагу 8.

Шаг 8. Анализируем каждый из способов множества SP7 с помощью весовых коэффициентов:

Для каждого ключевого свойства детали назначен весовой коэффициент (вес), учитывающий влияние эксплуатационных факторов на ключевые

характеристики детали – K_i , где $0 \leq K_i \leq 1$. Весовой коэффициент определяется экспертным путем следующим образом: чем важнее условие, тем ближе коэффициент к единице.

Например, для важных условий: $K_i \in [0.9, 0.7]$; для менее важных: $K_i \in [0.01, 0.2]$, причем, где $\sum_{i=1}^N K_i = 1$, $i = 1 \dots N$, I – номер ключевого свойства детали, N – количество ключевых свойств детали.

Последовательно определяем значение первого ключевого свойства детали при использовании каждого из способа множества SP7. Выбираем способ, обеспечивающий оптимальное значение свойства.

Введем переменную $R_{j,cb,i}$ – результат j – го способа при расчете i – го ключевого свойства детали.

$R_{j,cb,i} = 1$, если способ j является лучшим для обеспечения i – го ключевого свойства детали.

$R_{j,cb,i} = 0$, если способ j не является лучшим для обеспечения i – го свойства детали, где $j = 1 \dots C$.

J – номер способа из множества SP7; C – количество подходящих способов обработки детали (т.е. количество элементов множества SP7);

Рассчитываем значение переменной R_j – суммарный результат j – го способа при расчете всех ключевых свойств детали, с учетом их весовых коэффициентов.

Итоговый результат для j – го способа:

$$R_j = \sum_{i=1}^N K_i \cdot R_{j,cb,i} \quad (2)$$

Выбираем максимальный из полученных итоговых результатов рассматриваемых способов:

$$R = \max (R_j) \quad (3)$$

где $J = 1 \dots C$

Тот способ ППД, которому соответствует максимальный итоговый результат, и будет являться оптимальным способом ППД.

На основании проведенного анализа для управления качеством поверхностного слоя и точностью формы нежестких деталей асимметричным ППД,

с использованием СППР, выбирается оптимальный способ обработки и комплексные технологические условия асимметричного упрочнения.

После выбора оптимального способа и условий ППД, осуществляется обработка детали в соответствии с выбранным методом. В результате получают детали с заданными точностью и качеством поверхности, обеспечивающими требуемые эксплуатационные свойства готового изделия.

Представленная комплексная модель может использоваться для различных способов ППД [4–6]. Для этого в разработанной модели при проектировании технологического процесса учитываются факторы, влияющие на выбор способа ППД, в частности, способ и кратность приложения силы, формирование очага деформации и т.п. В целях управления качеством поверхностного слоя и точностью формы нежестких деталей, на основании применения СППР ППД, выбирается оптимальный способ и комплексные технологические условия асимметричного упрочнения.

Выводы

1. На основании формализации методов ППД разработана методика выбора оптимального способа обработки и комплексных технологических условий упрочнения с использованием автоматизированной системы поддержки принятия решений (СППР ППД).

2. Методика учитывает исходные характеристики и эксплуатационные требования к готовой детали, влияние технологической наследственности на качество и точность от заготовки до готовой детали, а также возможности метода ППД.

Список литературы

1. Кропоткина Е.Ю. Исследование влияния технологической наследственности на качество и точность асимметрично упрочненных деталей / Е.Ю. Кропоткина // Технологические методы повышения качества продукции в машиностроении: сб. тр. междунар. научн-техн. конф. – Воронеж: ВГТУ, 2010. – С. 83 – 87.

2. Зайдес С.А. Моделирование процессов поверхностного пластического деформирования / С.А. Зайдес, Е.Ю. Кропоткина. – Иркутск: ИрГТУ, 2004. – С. 309. – EDN UVLMMD

3. Володин А.М. Разработка инновационных технологий горячей объемной штамповки / А.М. Володин, В.А. Сорокин // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 7. – С. 11–15. – EDN MSYEND

4. Сосенушкин Е.Ю. Ресурсосберегающие технологии изготовления деталей трубопроводной арматуры / Е.Ю. Сосенушкин // Технология машиностроения. – 2010. – № 3. – С. 14–16. – EDN MNKQQR

5. Непершин Р.И Поверхностное пластическое деформирование скользящим инструментом / Р.И. Непершин // Упрочняющие технологии и покрытия, 2010. – № 6. – С. 19–22. – EDN MQRACJ

6. Артес А.Э. Новые технологии производства штампованных поковок / А.Э. Артес // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2010. – № 6. – С. 6–9. – EDN MSYENT

Дин Кай Цзянь – канд. техн. наук, профессор; Технологический университет Китая, Китайская Народная Республика.

Ding Kai Jian – Candidate of Technical Sciences, Professor, Technological University of China. People's Republic of China.
