

УДК 621.81:658.512

С.Ф. Магницкая, О.С. Кошелев

ЭВОЛЮЦИЯ И РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КЛАССИФИКАЦИИ И ГРУППИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ ОБРАБОТКИ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

Рассматривается последовательность развития методов классификации и группирования деталей перед их обработкой с целью увеличения серийности производства. Проводится анализ методов и предлагается усовершенствование способов группирования с целью формирования технологических маршрутов изготовления деталей с применением «универсальной» заготовки, позволяющее увеличить прочность деталей и коэффициент использования материала.

Ключевые слова: метод, классификация, группирование, деталь, совершенствование, технологический процесс, структура материала, прочность, коэффициент использования материала.

В современном машиностроении в зависимости от назначения и условий производства применяются в основном три вида организации технологических процессов (ТП): единичный, типовой и групповой. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки. Разработка того или иного ТП имеет определённые причины.

Разработка единичного ТП характерна для оригинальных деталей в любом типе производства. Такой процесс позволяет, если в нём сформировать ещё и целевую для данной детали заготовку, получить достаточно высокое качество детали с учётом всех её особенностей. Вместе с тем, единичный ТП требует больших временных затрат на его разработку, достигающих порой нескольких рабочих дней и превышающих во много раз технологическое время обработки детали. Кроме того, единичные технологии приводят к появлению большого разнообразия ТП, а также оборудования, приспособлений и инструмента [1].

В конце 30-х годов прошлого века проф. А.П. Соколовским были заложены основы типизации ТП. Основная задача в этом случае состояла в том, чтобы уменьшить время на разработку ТП (основные затраты при создании процесса). По А.П. Соколовскому главным этапом в типизации технологических процессов является классификация деталей машин, а её главными признаками – конфигурация детали, её назначение и технологические задачи при изготовлении. Детали, подвергающиеся механической обработке, классифицируются по конфигурации по трём основным видам: детали вращения, многоосные детали, плоские детали. Эти три вида подразделяются на 15 классов, внутри каждого класса они делятся на группы, подгруппы и типы. На каждом этапе классификации детали приобретают большее сходство по конструкции, размерам, массе. Это позволяет привести всё многообразие поверхностей и их сочетаний к минимальному количеству типов, для которых можно разработать типовые ТП обработки и тем самым сократить время и упростить процесс проектирования ТП.

Дальнейшее развитие идеи типизации – групповая обработка деталей, общенаучные положения которой в 50-е годы XX века разработал проф. С.П. Митрофанов. Если при построении типовых ТП к одному типу относят детали по общности конфигурации, технологического маршрута и содержанию операций, то при групповой обработке детали группируются по общности операций обработки и оборудования, на котором эти операции выполняются, и использованию единой технологической оснастки. В состав группы могут быть включены детали из разных классов. Групповая обработка может ограничиваться отдельными групповыми операциями и может применяться для построения группового технологического процесса обработки детали в целом.

Группа деталей создаётся таким образом, чтобы их конфигурация позволяла сохранить при переходе обработки с одной детали на другую в пределах группы планы обработки элементарных поверхностей и осуществить обработку при неизменной наладке или с минимальными переналадками станка (замена свёрл, перестановка упоров, замена установочных или зажимных устройств группового приспособления и т.п.) и затратами времени.

Схема групповой наладки станка должна удовлетворять комплексной детали, включающей в себя все поверхности деталей группы. Таким требованиям может удовлетворять наиболее сложная деталь группы или специально созданная деталь.

Цель применения групповых технологий – перенести высокопроизводительные методы и принципы поточно-массового производства в мелко- и среднесерийное производство за счёт суммирования размеров партий заготовок нескольких наименований, близких по конфигурации и размерам, закрепляемых за оборудованием, располагаемым по технологическому маршруту в линию. Оборудование комплектуют по обработке комплексной детали или самой трудоёмкой детали в группе. Остальные детали обрабатывают с пропуском отдельных операций (рабочих мест) или инструментальных позиций.

Эффективность групповых технологических процессов и их внедрение очевидно, но сопряжено со сложностью организации оперативного планирования, внедрения расчёта необходимых межоперационных заделов. Это требует совместной работы технологов, конструкторов, экономистов и работников планово-производственных служб предприятия. Таким образом, проблема продолжает существовать.

Анализ машиностроительного производства показал [2], что товары серийного производства составляют примерно 75-80% от всей выпускаемой продукции, и сопровождается это очень низким уровнем интенсивности обрабатывающего производства. А именно, станок может работать непрерывно 24 ч в сутки и 365 дней в году, возможный фонд времени работы его составит 8760 ч. Однако станки простаивают в выходные и праздничные дни, в 3-ю смену. Это составляет 53% теоретически возможного фонда времени работы станка. Если же не организована и 2-я смена, то с учетом потерь организационно-технического характера (необходимость запуска деталей на обработку партиями, несогласованность по времени работы отдельных станков) деталь непосредственно в обработке на станке находится 5-10% времени производственного цикла.

Оператор станка основную часть своего рабочего времени расходует на взаимодействие со станком. Для обеспечения работы станка в течение указанного ранее времени оператору требуется весь рабочий день. Даже, если исключить сменные потери времени работы одного станка (для чего необходимо минимум три станочника), время полезной работы станка составило бы 30-40% от общего фонда времени.

После изложенного становится очевидным, что оператор не может обеспечить работу оборудования с требуемой интенсивностью.

Это привело к дальнейшим попыткам совершенствования концепций развития в проектировании технологических процессов. На уровне собственно обработки - появлению станков с ЧПУ, на уровне дальнейшего развития теории – появлению методов модульного технологического проектирования. Последнее является отражением современного развития производства и своеобразным продолжением развития идей типизации А.П. Соколовского. Оно объединяет в себе преимущества единичного, типового и группового процессов, придавая им дополнительную гибкость.

В современном машиностроении наметились две тенденции:

Первая – увеличение номенклатуры выпускаемой продукции при одновременном уменьшении объёма серий изделий внутри номенклатуры и ускорение смены выпускаемой продукции, изменяющее характер производства.

Вторая – стандартизация, унификация и типизация в единичном и мелкосерийном производстве, приводящая к росту серийности выпуска изделий.

В результате действия указанных тенденций доминирующим типом становится се-

рийное многономенклатурное производство при непрерывном росте общего объёма выпуска изделий и требований к их качеству.

Такой тип производства обладает признаками как единичного производства, характеризующегося широкой номенклатурой изготавливаемых деталей, так и массового производства, отличающегося выпуском однотипных деталей в больших количествах. Каждая из особенностей предъявляет свои требования к технологии, оборудованию, оснастке, методам организации производства и управления им. Требования эти противоречивы: в одном случае нужны универсальные станки, в другом – специальные. Возникает задача сочетания этих двух требований – высокой производительности массового производства и высокой гибкости единичного. Цель может быть достигнута, если производство будет построено по модульному принципу с применением типовых и унифицированных решений.

Модульный принцип был предложен проф. Б.М. Базровым в 80-х годах прошлого века в развитие методов, описанных ранее, и широко используется в различных областях техники. Эффект от его применения зависит от того содержания, которое вкладывается в понятие модуля. Авторы модульной технологии предлагают изменить объект классификации, использующийся в типовом и групповом процессах, заложив в основу классификации признаки, отражающие связи между служебным назначением детали и конструктивными формами её отдельных поверхностей [1].

Это связано со следующими причинами:

1. В тех случаях, когда за объект классификации принимают детали, их группирование усложняется, так как они описываются большим числом характеристик. В результате новые конструктивные формы деталей часто не укладываются в сформированные типы. В итоге наблюдается непрерывный рост классификатора деталей и, как следствие, это приводит к росту типовых процессов обработки.

2. Если же в качестве объекта классификации принимается тип поверхности и группирование идёт по геометрическому признаку, то деталь условно может состоять из элементарных поверхностей таких, как плоские, цилиндрические, конические, резьбовые и др.

Недостатком такого подхода является то, что при делении детали на отдельные поверхности теряются связи между ними, обусловленные совместным выполнением одних служебных функций и предъявленных требований к точности взаимного расположения поверхностей. Этот способ классификации не учитывает того, что элементарные поверхности детали попадают в разные группы. Указанный подход может приводить к «неправильному» ТП и нарушению связей (например, изменению структуры материала детали и ухудшению её служебных характеристик), определяющих качество изделия. Следствием того, что связи между отдельными поверхностями по совместному выполнению ими служебного назначения детали не учитываются, последовательность обработки поверхностей может быть многовариантной. Возникает большое количество вариантов процесса изготовления одной и той же детали: чем больше поверхностей у детали, тем больше вариантов маршрута, затрудняется разработка однозначных правил построения маршрута и поиск оптимального варианта.

Как следует из изложенного, задача сокращения разнообразия технологических маршрутов существующими методами проектирования не решается должным образом. Для решения этой проблемы необходимо, прежде всего, правильно выбрать признаки классификации. Из приведенного анализа признаков классификаций следует: признак надо искать между назначением детали и отдельной поверхностью. Другое требование к объекту классификации – неизменность объекта независимо от конструкции детали и технологии ее изготовления.

С учетом изложенного, в качестве такого признака классификации предложен модуль поверхностей (МП), представляющий собой сочетание поверхностей, объединенных выполнением той или иной служебной функции детали.

В действительности деталь выполняет ограниченное число служебных функций: служит базой для других деталей; осуществляет собственно рабочие процессы – резцы, штампы,

литейные формы и др.; передаёт потоки энергии от одной части технического устройства к другой - крутящие моменты, усилия и др. Для осуществления этих функций детали требуются исполнительные поверхности, которые в зависимости от рода выполняемых служебных функций можно разделить на базирующие и рабочие. Чтобы связать исполнительные поверхности в единое пространственное тело, необходимы еще и связующие поверхности. Отсюда все МП разделены на три класса по служебному признаку - базирующие (МПБ), рабочие (МНР) и связующие (МПС). Их полная классификация содержит 26 наименований [1].

Признаки, заложенные в основу классификации МП, отражают связи между служебным назначением детали и её конструктивными формами; исключают зависимости между МП и принадлежностью детали к определённому изделию или отраслевой принадлежностью. В итоге предложенная классификация приобретает обобщённый характер, а МП в силу конструктивного постоянства и независимости принадлежности детали рассматриваются как элементы, из которых путём их набора можно построить любую деталь без учёта при классификации технологических признаков.

Для удобства изготовления, использования эффективных методов обработки целесообразно разные МП, изготавливаемые по одному ТП, объединять в одну группу - создавать интегральные модули поверхности (МПИ). Для каждого МПИ использовать свой набор эффективных методов обработки. Таким образом создавать одинаковый технологический процесс их изготовления.

Для конкретного МПИ разрабатывается соответствующий технологический модуль (технологический блок – ТБ), представляющий собой часть технологического процесса. ТБ содержит последовательность переходов в соответствии с МПИ обработки детали, её размерами, требованиями к качеству, а также заготовительным интегральным модулем МПИ_{заг.}, который определяет материал и величину припусков, подлежащих съёму с каждой поверхности МПИ.

В свете изложенного обратим особое внимание на выбор заготовки и ТП последующей её обработки.

Современное развитие машиностроения характерно усилением по разным причинам тенденции перехода от массового производства к единичному и мелкосерийному. Это приводит к тому, что приходится отказываться от специальной заготовки (поковки или отливки) для конкретной детали и переходить к «универсальной» заготовке, используемой для различных деталей. Причина такого перехода в стоимости специальной заготовки, так как специальная заготовка дорого обходится для единичного производства (стоимость штампов, форм для литья и т.п. включаются в себестоимость одной детали), в то время как в массовом производстве стоимость затрат на получение заготовки распределяется на группу деталей.

В качестве «универсальной» заготовки в настоящее время чаще всего используют прутки или сляб. Финишные методы обработки переходят к такой «универсальной» заготовке. Это приводит к ухудшению прочностных характеристик изделия, так как в процессе обработки перерезаются волокна в материале. Это уменьшает прочностные характеристики детали и для ответственных деталей приходится идти на увеличение их размеров, а следовательно, и массы детали. Такое изменение конструкции особенно плохо для изделий транспорта (автомобилей, летательных аппаратов, судов и пр.) - машина в этом случае помимо полезного груза должна «возить» и себя, а это влияет на расход топлива и КПД процесса. Кроме того, увеличение размеров детали ведёт к увеличению расхода материала при изготовлении. Для того чтобы избежать таких последствий при создании ТБ конкретного МПИ_{заг.}, необходимо учитывать ещё и структуру материала заготовки и последствия её изменения при финишной обработке. Другими словами, структуру материала заготовки следует учитывать в зависимости от формы и назначения детали. Возможностями «управлять» структурой материала в наибольшей степени обладают процессы обработки материалов давлением (ОМД) с последующей правильно выбранной термообработкой. Отсюда следует, что для ответственных деталей наиболее целесообразно использовать в качестве заготовки поковку. Поэтому

учёт структуры материала и её изменений в процессе финишной обработки должен дополнить рассмотренные ранее процессы группирования.

Принципиально такой подход впервые описан в работе [3]. В дальнейшем он был доработан авторами настоящей статьи и далее предлагается следующий порядок разработки ТП детали:

1. Известными методами (например, [4]) провести группирование деталей, подлежащих обработке, по принципу идентичности поверхностей;

2. Провести анализ служебного назначения поверхностей. Это делается для того, чтобы из трёх классов поверхностей выявить МПБ, МПР и сочетные связующие, к которым предъявляются особые требования (прочностные характеристики) к структуре материала, из которого изготовлена деталь;

3. Провести анализ общности структур поверхностей при разных размерах деталей, входящих в ТБ МПИ и отвечающих за работоспособность деталей;

4. Провести анализ особенностей нарушения структур материала под МПР и сочетными связующими поверхностями деталей МПИ, получаемых из одинаковой по размерам МПИ_{заг.} При этом рассмотреть заготовки, полученные разными способами при одном методе обработки (например, методом ОМД), так как один и тот же метод обработки при разных технологических способах (свободной ковке, ковке в штампах, протяжке, осадке, высадке) позволяет широко изменять структуру материала, а значит и прочностные характеристики заготовки и детали [5]. В зависимости от способа получения заготовки один и тот же метод при механической обработке приведет к разному нарушению структуры заготовки;

5. Задать требования к способу получения заготовки и включить их в технические условия изготовления детали;

6. Провести выбор одинаковой заготовки МПИ_{заг.} с целью использования более прогрессивного способа её получения, позволяющего сформировать конфигурацию детали с использованием одинаковых МПИ;

7. Соответствующим образом с учетом общности заготовки окончательно сформировать перечень типовых интегральных модулей поверхностей и типовых технологических блоков их обработки для создания модульного технологического процесса изготовления детали. Использование МТП также позволит создать более обоснованный комплекс требований с эксплуатационной точки зрения к МПИ_{заг.}, получить более прочные детали и экономить материал за счёт рационального применения специальных заготовок, получаемых методами ОМД и литья.

Выводы

Авторами статьи предложен более точный подход к решению задачи выбора заготовки с учётом получения определённой структуры материала МПИ_{заг.} (увеличенной прочности) в сочетных поверхностях.

При этом в ТБ при создании МПИ_{заг.} закладываются принципы конструктивного постоянства и независимости от принадлежности детали к конкретному изделию. В конечном итоге, такой подход к созданию ТБ даёт возможность отойти от общей (в виде прутка) заготовки, используемой в современной практике технологии изготовления деталей, к выбору «специальной» заготовки, наиболее приближённой к форме готовой детали, получаемой методами ОМД или литья.

Уточнена методика группирования поверхностей деталей для выбора заготовки, повышающей прочность сочетных поверхностей.

Библиографический список

1. Солнышкин, Н.П. Технологические процессы в машиностроении: учеб. пособие / Н.П. Солнышкин, А.Б. Чижевский, С.И. Дмитриев. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. – 344 с.

2. **Аверьянов, О.И.** Основы инжиниринга в машиностроении / О.И. Аверьянов, И.О. Аверьянова. – М.: МГИУ, 2007. – 64 с.
3. **Кошелев, О.С.** К вопросу о группировании деталей с точки зрения общности заготовки для их получения // Заготовительные производства в машиностроении. – 2012. – № 9. – С. 45–46.
4. **Базров, Б.М.** Основы построения технологического процесса изготовления детали: справочник // Инженерный журнал. 2006. № 12; 2007. № 2, 11. Приложение.
5. **Воронцов, А.П.** Теоретическое обоснование технологической механики. Степень деформации и накопленная деформация // Вестник машиностроения. – 2014. – № 3. – С. 56–64.

*Дата поступления
в редакции 20.08.2017*

S.F. Magnizkaja, O.S. Koshelev

**THE EVOLUTION AND DEVELOPMENT OF METHODS
OF CLASSIFICATION AND GROUPING OF PARTS IN THE FORMATION
OF THE TECHNOLOGICAL PROCESSING ROUTES**

Nizhny Novgorod state technical university n.a. R.E. Alekseev

A sequence of methods of classification and grouping pieces before processing them in order to increase production. Methods of analysis carried out and proposed improvement grouping methods in order to form the process flow of manufacturing parts by using the “universal” preform, allowing to increase the strength of parts and material utilization.

Purpose: The history of development of classification methods details with the aim of further improvements and additions of classification methods.

Design/methodology/approach: Existing methods based on comparison of the treated surfaces is added, based on the structure of the component material.

Findings: The proposed method of forming a work piece in accordance with the structure of the material of the part.

Research limitations/implications: Increases the strength of the product/

Originality/value: The method allows to increase the durability of the product and the utilization the material.

Key words: method, classification, clustering, detail, improvement, process, structure, material, strength, material utilization.