

## **ПРОБЛЕМА СОЗДАНИЯ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕМОНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

### **1. Введение**

Для эффективного функционирования ремонтного производства необходимо иметь нормативно-технические документы (НТД), которые отражают требования к технологии и оборудованию связанные с конструкцией изделия. Их можно создать на основе типизации изделий и процессов. Инструментами типизации в широком понимании являются классификация и унификация объектов или процессов по признакам, необходимым для решения поставленной задачи. Основным инструментарием в технологиях является классификация изделий, а унификация и типизация – ее следствием.

Ремонтное производство в машиностроении характеризуется жесткой взаимосвязью конструкции, технологии и оборудования для реализации технологии. Так, например, одни и те же соединения с натягом можно разбирать как прессовым методом так и с использованием термовоздействия. Эти два метода кардинально меняют технологический процесс (ТП): разборка при первом методе – выполняется с помощью прессового усилия, а при втором – с усилием равном весу одной из деталей соединения или усилием преодолевающим трение, поскольку разъединение деталей происходит с образованием зазора.

Соответственно, при первом методе используется прессовое оборудование, а при втором – нагревательное или охлаждающее (или и то и другое одновременно). Изменение, даже незначительное, габаритов соединения часто требует другого по размерам оборудования, а изменение конструкции – оборудования другого типа.

Эта взаимосвязь определяет эффективность ТП по производительности и экономичности, то есть по качественным показателям процесса. Степень соответствия операций, производимых над деталями при разборке, определяет качество получаемого соединения и (или) детали. Поэтому НТД на технологии разборки соединений, а так же на оборудование, используемое в этих процессах, должны быть тесно взаимосвязаны.

## **2. Разработка структурно-параметрического принципа для создания НТД ремонтных технологий**

Все выше сказанное позволяет предложить принцип построения НТД для ремонтных технологий, на основе анализа структурно-параметрических связей в технологических системах разборки изделий. Для краткости будем называть его структурно-параметрическим принципом.

Рассмотрим сущность структурно – параметрического принципа на примере технологий разборки соединений с натягом, использующей индукционный нагрев. Соединение с натягом – это соединение деталей с упругим контактом. Упругий контакт может осуществляться через промежуточный материал – гальваническое покрытие, полимерную пленку или иную прослойку. Соединения могут быть двух типов: вал с втулкой и втулка с корпусом. Натяг может быть конструкторским или образовываться в процессе эксплуатации изделия.

Разъединение деталей соединения при использовании термического воздействия происходит после образования технологического теплового зазора между поверхностями контакта деталей - их посадочным поверхностям. Тепловой зазор обеспечивается необходимым для данного соединения уровнем и распределением тепловой энергии по нагреваемой детали. Уровень определяет температура нагрева. Ее величина для данной детали должна быть не меньше некоторой минимальной –  $T_{min}$  и не превышать некоторого допустимого значения –  $[T]$ .

$T_{min}$  – это температура, при которой происходит такое расширение посадочной поверхности охватывающей детали, что оно компенсирует натяг соединения и тепловое расширение охватываемой вследствие теплопередачи от охватывающей, а так же образует минимально необходимый монтажный зазор. Большая величина монтажного зазора увеличит расход тепловой энергии, которая будет идти на перегрев деталей а, значит и на потери в окружающую среду.

При разборке необходимо, чтобы произошло разъединение деталей в соединении, для этого целесообразно совмещать тепловое и механическое воздействие, чтобы сразу, при образовании минимального зазора между деталями, их разъединить. Однако усилием механического воздействия не должны повреждаться посадочные поверхности детали. Естественным образом это может выполняться, когда в качестве механического воздействия, используют силы гравитации. В этом случае сдвигаемая деталь практически с нулевым зазором будет извлечена из неподвижной.

Для минимизации теплопередачи между деталями температура на посадочной поверхности охватывающей детали (корпуса, втулки), то есть на поверхности ее контакта с охватываемой (осью, валом), должна быть незначительной. В идеальном случае оставаться начальной. Реализовать это требование для охватывающих деталей типа диск с отверстием при толщине стенки 20-40 мм практически невозможно из-за высокой теплопроводности металла.

Минимизация теплопередачи достигается высокой скоростью нагрева охватываемой детали. Быстрый нагрев уменьшает и тепловые потери нагреваемой детали в окружающую среду. Если нагрев охватывающей детали медленный, то есть с большими тепловыми потерями на теплоотвод в охватываемую деталь и среду, то разборка соединения или совсем не осуществится, или произойдет при температуре  $T$  охватывающей детали значительно выше  $T_{min}$ . Таким образом,  $T_{min}$  гарантирует осуществление разборки соединения при минимальных энергозатратах.

Величина  $[T]$  является параметром, определяющим неразрушаемость качества нагреваемой детали по физико-механическим свойствам металла или, если это необходимо, прослойки. Температура нагрева детали под разборку соединения не должна ее превышать.

Неразрушаемость качества разъединяемых элементов изделия и энергоэкономичность, таким образом, обусловлены выполнением температурного условия  $[T] \geq T_{min}$ .

Следует отметить, что физико-механические свойства конструкционных материалов необратимо начинают изменяться при нагреве до температур свыше  $(360 - 400)^\circ\text{C}$ .

Быстрый, даже импульсный нагрев легко создать с помощью индукционного способа, при котором происходит выделение тепловой энергии в соответствии с законом Джоуля - Ленца. Это значит, что распределение тепловой энергии будет неравномерно и, соответственно, у охватываемой детали температура по наружной поверхности всегда будет выше, чем в срединных слоях металла. Экономии энергии при нагреве деталей типа втулка эта неравномерность не даст. Для деталей ступенчатого профиля с помощью неравномерного нагрева можно существенно сэкономить энергию. Для этого следует нагревать часть детали, например, ступицу. Но здесь, кроме высокого значения температуры наружной нагреваемой поверхности части детали для неразрушения качества детали представляет опасность возникновение недопустимых по величине температурных напряжений.

Поэтому следующим условием неразрушения получаемых деталей является условие сохранения прочности нагреваемой детали при неравномерном нагреве, создающем градиент температур и, следовательно, напряженность в материале.

Это условие представляет собой соотношения:

$$[\sigma_r] < \sigma_{r \max} ; [\sigma_\theta] < \sigma_{\theta \max}$$

Таким образом энергосбережение и качество операции разборки зависит от режима нагрева, который обеспечивает  $T_{\min}$  в охватываемой детали при экономичном распределении тепловой энергии по нагреваемой поверхности и всему материалу деталей. То есть лимитирующим качеством деталей разбираемых соединений является температура: минимальное и максимальное ее значения, а так же ее распределение по детали, при котором сохраняется прочность материала.

Необходимый уровень температуры определяет диаметр посадки, натяг и материал детали, в соответствии с известной зависимостью

$$T = \frac{N + i}{\alpha d} + T_o.$$

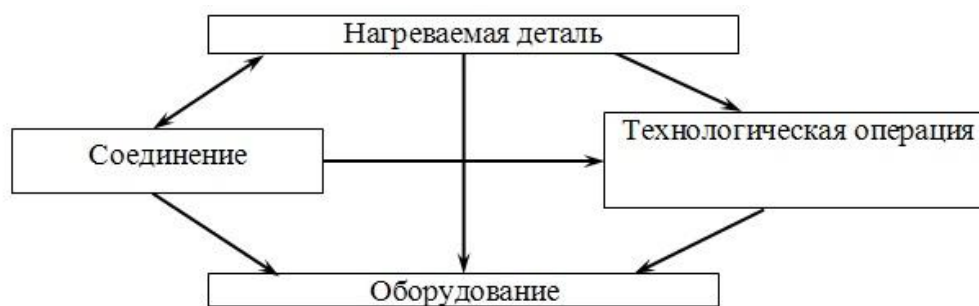
Распределение температур – температурное поле может создаваться постоянным и периодическим действием индуктора, и при этом нагрев может быть полным (вся деталь) или локальным (часть детали – ступица или та часть, под которой находится посадочная поверхность). Длительность нагрева может быть ограничена или неограниченна. Определение формы температурного поля, которое обеспечит разборку соединения при допустимых напряжениях, зависит от формы нагреваемой детали – тело вращения типа втулка или несимметричная типа корпус (пластина со смещенным отверстием, эллиптической формы с центральным отверстием втулка, рычаг со ступицей и т.д.).

Таким образом, имеется связь лимитирующих параметров качества с параметрами нагреваемой детали и соединения в целом. При этом, естественно, имеется функциональная связь деталей с самим соединением.

Рассмотрим реализующий технологическую операцию индукционный нагреватель с позиций связи его характеристик с лимитирующими качествами параметрами. От вида нагревателя – индуктор охватывает деталь или ее часть, и типа индукционной системы – одно - или многокатушечная, зависит распределение мощности по нагреваемой детали, а значит и форма температурного поля. Как указывалось, на температурное поле влияет так же и

временной фактор – когда и как долго производится нагрев. В ИНУ цикл нагрева обеспечивает система управления. То есть имеется прямая связь лимитирующих качество параметров с конструктивными параметрами ИНУ и характером управления нагревом. В то же время длительность нагрева – это фактор, определяющий величину температуры, а ее нужное значение, как было сказано, определяют параметры соединения  $N$ ,  $i$  и  $D$ , и параметры детали – ее материал (через коэффициент линейного расширения) Кроме того, от длительности нагрева зависит и производительность ТП.

Все сказанное показывает структурную взаимосвязь параметров лимитирующих качество детали соединения с качеством и производительностью технологической операции разборки, характеристикой нагревательного оборудования, и между собой. Эту взаимосвязь можно представить в виде схемы рис. 1.



**Рис.1** – Схема взаимосвязи нагреваемой детали, соединения, технологической операции и оборудования

Как видно из схемы, имеются прямые и обратные связи между ее компонентами. Такая схема «квадрат» показывает структурно-параметрические связи в технологической системе любого ремонтного производства. Она так же может использоваться для выпускающего (сборочного) производства.

Кроме такой важной характеристики технологии как обеспечение качества получаемых изделий, эта схема позволяет установить связи между параметрами, определяющими производительность и экономичность ТП, то есть двумя важными качественными показателями технологий. Для ТП

разборки соединения с использованием нагрева, производительность определяет время нагрева до получения  $\Delta D_6$ , компенсирующего  $N$  и образующего  $i$ . Оно зависит от величины  $N$  и нагреваемой массы охватываемой детали. Это время связано с мощностью нагревателя. Экономичность же связана с конструкцией нагревателя – соответствие его вида и типа конструкции соединения и детали. Детализация схемы «квадрат», позволит находить наиболее эффективный вариант нагревателя. Она будет выполнена после классификации деталей и соединений, унификации операций разборки и типизации нагревательного оборудования.

### **Выводы**

Таким образом, выявление лимитирующих качество параметров ТП, определяющих расход энергии и производительность процесса, а так же определение взаимосвязи между ними, является технической основой для построения совокупности взаимосвязанных документов по изделию, технологии и оборудованию. То есть разработке комплекта нормативной документации должна предшествовать подготовительная работа, состоящая в структурно – параметрическом анализе технологической системы. Она включает: 1) выделение параметров технологических операций, от которых зависят основные технологические показатели – производительность, экономичность и качество изделия или его элементов; 2) установление взаимосвязи операций с параметрами деталей, соединений и оборудованием.

### **Список использованных источников**

1. Зенкин А. С. Сборка неподвижных соединений термическими методами / А. С. Зенкин, Б. М. Арпентьев. – М. : Машиностроение, 1987. – 128 с.
2. Лагода А. Н. Классификация соединений, технологических операций и оборудования для построения технологических процессов / А. Н. Лагода, Б. М. Арпентьев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 3/2(21). – С. 74–77.

*Лагода А.Н., Павлова А.А.* «Проблема создания нормативного обеспечения ремонтных технологий».

Рассмотрены проблемы эффективного функционирования ремонтного производства. Разработан структурно-параметрический принцип для создания НТД ремонтных технологий на примере разборки соединений с натягом.

**Ключевые слова:** типизация, унификация, классификация, ремонтные технологии, структурно-параметрические связи, технологические системы разборки изделий, параметры качества.

*Лагода А.М., Павлова Г.О.* «Проблема створення нормативного забезпечення ремонтних технологій».

Розглянули проблеми ефективного функціонування ремонтного виробництва. Розроблений структурно-параметричний принцип для створення НТД ремонтних технологій на прикладі розбирання з'єднань з натягом.

**Ключові слова:** типізація, уніфікація, класифікація, ремонтні технології, структурно-параметричні зв'язки, технологічні системи розбирання виробів, параметри якості.

*Lagoda A.N., Pavlova A.A.* «Problem of creation of the normative providing of repair technologies».

The problems of the effective functioning of repair production are considered. Structural-parametric principle is developed for creation of NTD of repair technologies on the example of sorting out of connections with strength.

**Key words:** typization, standardization, classification, repair technologies, structural parametric connections, technological systems of sorting out of wares, parameters of quality.

Стаття надійшла до редакції 14 травня 2010 р.



