

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
И ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ САМОЛЕТНОГО ШАССИ**

**Ю. П. Гуль\***, к. т. н., проф., **С. И. Буштрук\***, асп., **И. Ю. Крепак\*\***

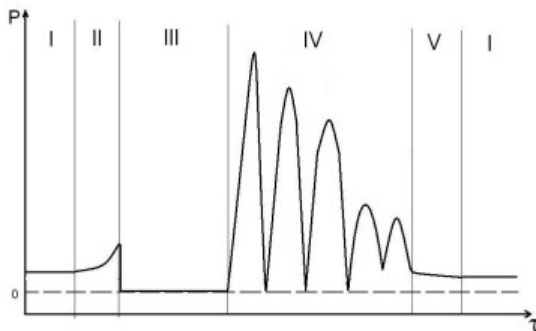
*\*Национальная металлургическая академия Украины,*

*\*\*Производственное объединение "Южный машиностроительный завод"*

**1 Постановка задачи**

В условиях развивающейся и совершенствующейся системы кооперации по производству самолетов АН-148, участниками которой выступают предприятия Украины, актуально совершенствование соответствующих технологических процессов производства и термической обработки особо ответственных узлов самолета с целью повышения производительности и стабильности этих процессов, увеличения надежности и долговечности указанных узлов.

Одним из таких узлов самолета является самолетное шасси, сложные условия эксплуатации которого иллюстрирует рис. 1.



**Рис. 1.** Схема изменения нагрузок при эксплуатации самолетного шасси: I – стоянка на аэродроме; II – движение по аэродрому с последующим разгоном по взлетной полосе; III – полет; IV – посадка и торможение; V – движение по аэродрому с последующей остановкой.

При эксплуатации шасси поглощает и рассеивает энергию ударов во время посадки и движении по неровному грунту, в особенности, на неподготовленных аэродромах, а также значительную часть энергии поступательного движения при пробеге [1]. Особо высокие нагрузки шасси испытывает при посадочном ударе, когда кроме статического и динамического нагружения, детали шасси подвергаются воздействию относительно редких, но значительных по величине циклических нагрузок. Описанные нагрузки самолетное шасси испытывает и при отрицательных температурах при эксплуатации в условиях крайнего севера (до  $-55^{\circ}\text{C}$ ) [2].

Исходя из этого, комплекс механических свойств этих деталей должен обеспечивать: необходимое значение прочностных характеристик; необходи-

мый запас вязкости и пластичности, обеспечивающий сопротивление разрушению вплоть до температур  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; необходимый уровень сопротивления малоцикловой усталости.

Для тяжело нагруженных ответственных деталей шасси в практике используются высокопрочные мартенситно-старееющие стали, которые в отличие от традиционно используемых среднелегированных конструкционных сталей, обладают рядом преимуществ. Марка 03Н18К8М5Т-ВД не чувствительна к концентратору напряжений при статическом растяжении вплоть до низких температур, обладает высоким сопротивлением малоцикловой усталости, высоким сопротивлением хрупкому разрушению, высоким сопротивлением развитию трещины и низким порогом хладноломкости, хорошей тепло- и хладостойкостью при повышенном значении удельной прочности [3, 4]. Именно поддержание на достаточном уровне этих критически важных свойств металла дает возможность гарантировать надежность изделия.

Известно, что потенциально заложенные легированием возможности получения необходимого комплекса свойств реализуются только при обеспечении рациональной технологии термической обработки соответствующих изделий из данной марки стали. При этом степень реализации потенциальных возможностей легирования прямо зависит от механизма реализации их в технологическом процессе.

### **2 Методика исследования**

Технологический процесс традиционно описывается как совокупность технологических операций, связанных между собою временными связями. С современных позиций для получения максимально возможного конечного эффекта технологический процесс должен представлять систему, структурные элементы которой связаны не только временными, но и различного типа информационными связями. Для определения, является ли базовый процесс системой, методы аналитического исследования предполагают его декомпозицию на структурные элементы с установлением типов связей между этими элементами. Если выявленные типы связи обеспечивают, в конечном счете, получение системного эффекта, то данный процесс является системой, а в противном случае, только совокупностью технологических операций [5].

### **3 Результаты исследования и их анализ**

На рисунке 2 представлена схема технологии производства и обработки деталей самолетного шасси с декомпозицией на первом уровне – уровне технологических операций. Анализ показал, что технологические операции связаны, в основном, временными связями, почему существующий технологический процесс нельзя признать системой. К такому же выводу приводит анализ существующих связей между структурными элементами на втором уровне декомпозиции.

Второй уровень декомпозиции предполагает выделение структурных элементов и связей между ними в каждой технологической операции. При этом структурными элементами в данном случае являются: различные функции данной термической обработки; технологические параметры термической обработки и режимы воздействия технологических параметров на обрабатываемый объект; технические системы, предназначенные для осуществления

режимов обработки объекта (ТС изменения); технические системы контроля и управления технологическими параметрами, а также получения информации о состоянии, в том числе структурном, обрабатываемого объекта (ТС измерения).

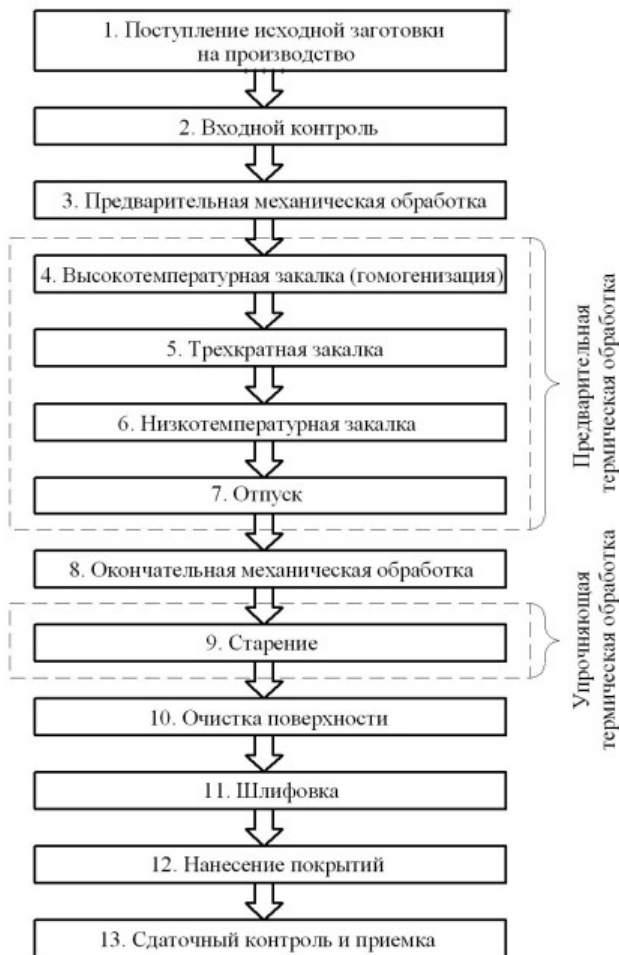


Рис. 2. Структурная схема существующего производства деталей шасси

Как указывалось выше, структурные элементы технологических операций на базовом предприятии не имеют всех необходимых информационных связей для признания их полноценными подсистемами технологического процесса. Пример декомпозиции одной из технологических операций приведен в таблице 1.

Структура технологической операции высокотемпературная закалка (операция нагрева)

Высокотемпературная закалка			
Функции и следствия операции	Структура операции		
	Технологические параметры воздействия:	Технические системы	
		Системы изменения	Системы измерения
<p>1. <u>Основная</u>: гомогенизация твердого раствора</p> <p>2. <u>Дополнительная (полезная)</u>: растворение карбонитридных выделений</p> <p>3. <u>Нежелательная (вредная)</u>: интенсивное окисление и обеднение поверхности легирующими элементами, рост аустенитного зерна</p>	<p>1. <u>Тип</u>: температурное воздействие</p> <p>2. <u>Интенсивность (величина)</u>: температура внутреннего пространства печи 1175±25°C</p> <p>3. <u>Режим</u>: нагрев до температуры среды и выдержка при заданной температуре 210 минут</p>	<p>1. <u>Устройство изменения</u>: печь П0006</p> <p>2. <u>Вещество изменения</u>: газовая окислительная атмосфера</p> <p>3. <u>Способ изменения</u>: нагрев металла при внешнем воздействии атмосферы печи</p>	<p>1. <u>Устройство измерения</u>: потенциометр КСП-3</p> <p>2. <u>Вещество измерения</u>: атмосфера печи</p> <p>3. <u>Способ измерения</u>: Измерение температуры среды печи</p>

Проведенное аналитическое исследование по указанной выше методике с использованием также сопоставительного анализа (сопоставления основных параметров технологического процесса на базовом предприятии с имеющейся информацией в различных информационных источниках – 213 источников информации за период с 1964 по 2011 год) позволило разработать мероприятия по совершенствованию технологического процесса, спрогнозировать получаемые эффекты и дать предварительную оценку возможности практического использования этих предложений на базовом предприятии. Все основные мероприятия обобщены в таблице 2.

Все мероприятия по направлениям можно разделить на три группы. Первая – направлена на совершенствование контроля параметров обрабатываемого изделия (п. 2, 5, 9, табл. 2), вторая – на совершенствование управления процессами термической обработки (п. 7, 8, табл. 2), а третья группа – на совершенствование режимов термической обработки и уменьшение энергоемкости (п. 1, 3, 4, 6, 8, табл. 2).

Некоторые из предложенных мероприятий могут быть осуществлены непосредственно в ближайшее время. Для проведения мероприятий, касающихся совершенствования входного и межоперационного контроля, а также увеличения уровня управления до второго предприятия-изготовитель располагает необходимым оборудованием и персоналом. Другие мероприятия для внедрения нуждаются в дополнительном исследовании и более существенных материальных затратах.

Мероприятия по совершенствованию технологического процесса производства деталей шасси из стали 03H18K8M5T-BД

№ п/п	Содержание мероприятия	Получаемый эффект	Степень разработанности и возможной практической реализации
1	Переход к техническим условиям на поставку заготовок обработанных при ковке по режиму ВТМО	Повышение эксплуатационных свойств термически обработанных изделий	Определение поставщиков, которые могут выполнить соответствующий пункт технических условий
2	Уточнение объема входного контроля и его качества	Уменьшение вероятности запуска в производство некачественного металла, более точное назначение параметров режимов термической обработки, что отражается на увеличении выхода годного и повышении качества выпускаемой продукции	Реализуется при условии введения необходимых параметров контроля в технологические условия на поставку металла, а также закупке необходимого оборудования и разработке методики исследований
3	Использование ускоренного нагрева в закалочной печи	Увеличение степени измельчения зерна за одну операцию закалки при термоциклировании	Требует разработки специализированного оборудования
4	Применение охлаждения нестационарными охладителями при закалке	Увеличение степени измельчения зерна за одну операцию закалки при термоциклировании	Требует разработки специализированного оборудования
5	Проведение контроля размера зерна непосредственно после серии закалок	Уменьшение шанса брака в случае несоответствия и необходимости повторного проведения операций термообработки	Реализуется при введении соответствующих изменений в технологический процесс
6	Совершенствование режима старения	Сокращение длительности старения и повышение комплекса механических свойств, особенно ударной вязкости, путем проведения старения под напряжением	Требует разработки и изготовления соответствующей оснастки и оборудования
7	Повышение уровня управления в всех технологических операциях термической обработки	Повышение качества обработанных изделий	Возможен переход на 2 уровень управления без значительных материальных затрат. Переход на 3 уровень возможен при модернизации оборудования
8	Совершенствование оборудования для термической обработки	Уменьшение затрат энергии при проведении термообработки	Реализуется путем проведения реконструкции существующего оборудования с заменой футеровки печи современными теплоизоляционными материалами
9	Введение при сдаточных испытаниях контроля микроструктуры, которая должна отвечать требованиям эталона	Увеличение гарантированного срока эксплуатации термически обработанных изделий	На этапе идеи. Требует накопления статистики у потребителя и проведения дополнительных исследований

**4 Выводы:**

4.1. Проведена декомпозиция существующего технологического процесса на различных уровнях с установлением имеющихся связей между структурными компонентами.

4.2. Определены основные возможные направления совершенствования технологического процесса, включая оборудование для термической обработки, по всей технологической цепочке, начиная от поставляемой заготовки и входного контроля ее до сдаточных сертификационных испытаний готовых изделий.

4.3. Выявленные направления совершенствования технологического процесса объединены в несколько групп с определением их последовательности, эффективности и условий реализации.

4.4. Реализация разработанных мероприятий по проведенной их прогнозной оценке позволит уменьшить энергоемкость термической обработки, сократить длительность ее операций, повысить стабильность результатов технологического процесса, усовершенствовать методы входного, межоперационного и сдаточного контроля, а также увеличить гарантийный срок эксплуатации деталей шасси.

**Использованная литература**

1. Шульженко М.Н. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1971.- 416 С.
2. Лётно-технические характеристики АН-148 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL:[http://www.uacrussia.ru/ru/models/civil/an\\_148/data/](http://www.uacrussia.ru/ru/models/civil/an_148/data/). – Название с экрана.
3. ТУ 14-1-4479-88 / Прутки из стали 03Н18К8М5Т-ВД. Технические условия.- Действителен от 1988-12-01.-М.: ЦНИИЧМ, 1988. – 11 С.
4. Перкас М.Д., Кардонский В.М. Высокопрочные мартенситно-старяющие стали. – М.:Металлургия, 1970. – 224 с.
5. Гуль Ю.П., Конспект лекцій з дисципліни «Аналітичні дослідження за фахом» - Дніпропетровськ, НМетАУ, 2009 р.