

Особенности прогнозирования и обеспечения параметров качества изделий при восстановлении

05, май 2013

DOI: 10.7463/0513.0567501

Ярославцева Н. А.

УДК 621.002: 658.562

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

mt13@bmstu.ru

Суть технологии восстановления – формирование новых потребительских свойств предмета производства, которые в процессе эксплуатации полностью или частично были утрачены. Если свойства утрачены лишь частично, то они могут быть сформированы применением специальных технологий восстановления или сам объект переведен в качественно иной продукт с новыми потребительскими свойствами, что осуществляется технологиями утилизации.

Восстановление представляет собой многовариантный и многокомпонентный технологический процесс, где показатели качества обеспечиваются в результате сложного суммарного воздействия разных видов технологий на поврежденный объект [1, 2], который своим энергетическим состоянием регламентирует возможности последующих воздействий на него. Прогнозирование вероятного конечного результата и обеспечение требуемого ресурса работы восстанавливаемого изделия связано с принятием рационального технологического решения на основе анализа свойств и характеристик объекта восстановления, знаний производственной системы и средств технологического оснащения, а также на базе существующих научных, научно-методических разработок, справочных данных и руководящих материалов. Алгоритм и общая структурно-логическая модель принятия технологического решения о целесообразности процесса восстановления в целом приведены на рис. 1: есть материальный объект и информационно-техничко-экономический банк данных, на базе которых проводится расчет и принимается соответствующее решение.

На схеме (см. рис. 1) содержанием блока «Объект восстановления» являются поврежденные материальные объекты. Ими могут быть: машины, узлы, детали, поверхности, часть поверхности, часть части поверхности и др., а также продукция заготовительного и металлургического производств (отливки, поковки, слитки и т.п.).

Следующий блок "Информатика принятого решения" состоит из подблоков: "Информатика принятия решения" и "Принятое технико-экономическое решение". Подблок "Информатика принятия решения" включает два структурных элемента, которые объединяют знания об объекте восстановления и о состоянии технологических знаний. Структурный элемент "Информационная база знаний" объединяет все данные, относящиеся к объекту восстановления и его индивидуальной информационной базе. Структурный же элемент "Информационная база данных" – это существующие на данный момент знания, помогающие рационально выбрать технологический процесс, обеспечивающий восстановление всех потребительских свойств, необходимых для последующей эксплуатации обновленного технического объекта с заданным ресурсом работы.

Затем следует блок "Прогнозируемый результат принятого решения", который имеет две связи: одна идет на блок "Восстановленный объект" в случае, если просчитанный результат удовлетворителен, другая – возвращает нас к блоку "Объект восстановления" за неучтенными данными и процесс выбора решения возобновляется до получения желаемого конечного результата.

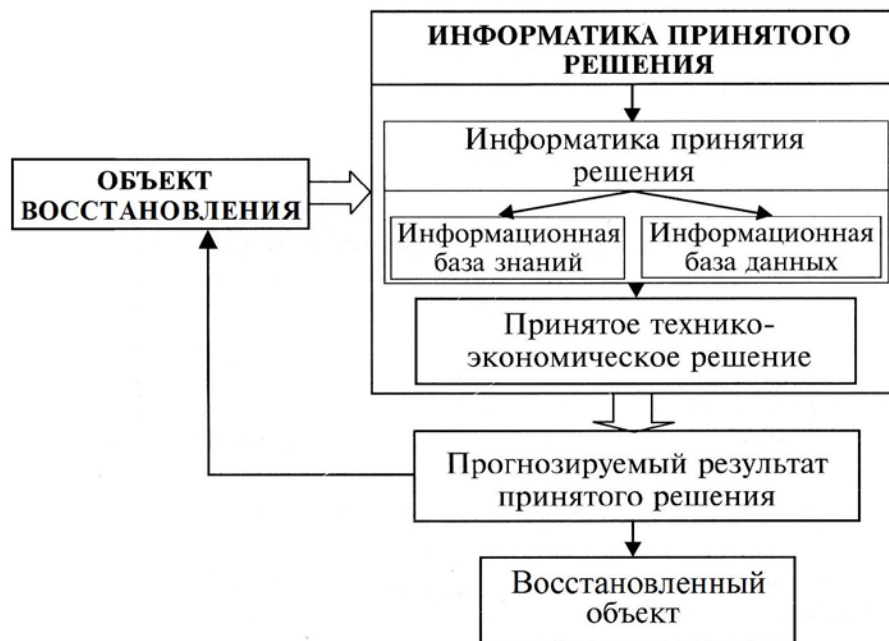


Рис. 1. Общая структурно-логическая модель принятия решения

Прогнозирование параметров качества изделия при восстановлении по сравнению с вновь изготавливаемым изделием [3, 4, 5] имеет свои особенности. Это объясняется тем, что каждый поврежденный объект индивидуален и при поступлении на восстановление имеет свою историю наработки на отказ. Для каждого объекта или каждой детали существует своя индивидуальная информационная база знаний, приобретенная ими за всю их историю от момента начала изготовления, как нового изделия, до поступления на восстановление. Поэтому данные на объекты восстановления мы не можем получить ни из одного справочника. В связи с этим еще на этапе принятия технико-экономического решения о целесообразности восстановления учитывают ряд факторов, относящихся к контролируемым знаниям о поврежденном изделии.

Так, остаточный ресурс долговечности является одной из важнейших характеристик, на базе которых решается вопрос о возможности и целесообразности восстановления. Расчет остаточного ресурса долговечности детали, узла, машины строится на количественном определении их показателей надежности эксплуатации на данный момент времени или на оценке израсходованного ресурса. Расчет осуществляется по специальным методикам, учитывающим требования к исходному состоянию объекта, поступившего на восстановление, гарантирующему возобновление ресурса по отношению к первоначальному, вновь изготовленному изделию, на 90...70%. Меньший процент возврата ресурса долговечности считают нецелесообразным. Рассмотрение такого варианта возможно лишь в исключительных случаях.

К необходимым знаниям о поврежденном объекте относятся, прежде всего, данные входного контроля, от полноты и качества которого зависят достоверность и надежность прогнозируемого результата восстановительных работ. Данные входного контроля выявляют все поврежденные или утратившие свою способность выполнять служебные функции узлы изделия или поверхности, части поверхностей отдельных деталей машин. По их результатам выбираются методы диагностики, контроля и измерений, составляется полное описание состояния объекта на момент восстановления, а также для рабочих поверхностей приводятся результаты измерений твердости. Твердость – самая универсальная и контролируемая характеристика материала, которая может быть измерена в лаборатории и непосредственно в цехе. Она служит объективным показателем состояния поверхностного слоя и качества обработки.

Входные данные, дополненные анализом причин выхода из строя детали или объекта в целом, являются основой для принятия рационального технологического решения, они объективно отражают индивидуальные свойства поврежденного изделия. В

зависимости от вида или видов дефектов, а ими могут быть трещины, изломы, межкристаллитная коррозия, искривления, износ, выкрашивание, потеря таких эксплуатационных свойств как износостойкость и т.д. назначаются технология или технологические методы восстановления, например, метод или способы нанесения на поврежденную поверхность ремонтного материала. Толщина последнего должна быть достаточной для достижения требуемых показателей качества при дальнейшей обработке и гарантировать качество при переходе на ремонтный размер в процессе последующей эксплуатации. От величины толщины покрытия зависит выбор метода нанесения ремонтного материала, что в свою очередь оказывает влияние на построение и содержание маршрутной технологии.

На состояние объекта восстановления большое влияние оказывают наследуемые параметры и свойства. Наследственностью называют сохранение и передачу приобретенных или полученных с материалом заготовки свойств разного рода на последующий отрезок времени [6, 7]. Технологическое обеспечение качества и служебных свойств деталей машин напрямую связано со знаниями тех свойств заготовки, которые будут переданы с одной технологической операции на другую. При восстановлении это приобретает особое значение, поскольку свойства, отвечающие за возобновление ресурса долговечности, формируются поэтапно на всех операциях маршрутной технологии изготовления, последующего этапа эксплуатации, а затем во время восстановления. Наследуемые свойства могут быть полезными, как, например, прочность, герметичность, коррозионная стойкость, а могут быть нежелательными, приводящими к браку или снижающими качество. Важно уметь управлять в процессе изготовления или восстановления свойствами, которые регламентируют показатели качества обработки и изделия в целом. Если рассмотреть кинетику процесса формирования свойств объекта восстановления, то можно отметить, что при изготовлении изделия в процессе обработки и сборки им наследуются регламентируемые технологическим процессом дефекты и погрешности в пределах соответствующих допусков. На стадиях транспортировки, хранения и эксплуатации исходные повреждения под влиянием внешних воздействий развиваются во времени; одновременно происходит процесс накопления новых повреждений, представляющий собой статистический характер. Параметры состояния изделия изменяются после выполнения технического обслуживания и плановых ремонтных операций, в результате действия реологических процессов, структурных изменений материала и др., т.е. изменение его свойств во времени происходит под воздействием всех видов нагрузок (технологических и эксплуатационных). Поэтому для

характеристики состояния восстанавливаемого изделия важно располагать наследственной количественной информацией.

Таким образом, на восстановление каждый объект, в том числе деталь-заготовка, поступают, имея свою наследственную информационную базу знаний, сформированную в процессе их жизненного цикла. В понятие жизненного цикла входит суммарное время изготовления, эксплуатации, включая хранение и транспортировку. Если деталь или изделие в результате восстановления возобновляют круговорот, то восстановление и последующая эксплуатация составляют продолжение жизненного цикла. За время изготовления, эксплуатации каждый материальный объект подвергается различным энергетическим воздействиям: от технологических процессов, эксплуатационных нагрузок, внутренних и внешних процессов изменения свойств, состояния и поверхностной твердости, говорят, что каждый объект формирует свою историю нагружения и повреждений.

Еще одним из факторов, относящихся к необходимым знаниям о поврежденной детали-заготовке, является технологичность. Технологичность изделий, поступающих на восстановление, имеет свои принципиальные отличия, которые рассмотрены в [8]. Остальные элементы базы знаний об объекте восстановления аналогичны данным для вновь изготавливаемого изделия.

В случае принятия решения о целесообразности восстановления поврежденного объекта приступают к анализу и выбору возможных вариантов маршрутных технологий, учитывая при этом, что эффект наследования продолжает проявляться от метода к методу, от операции к операции, испытывая интенсивное влияние значительных неблагоприятных термомеханических и химических процессов и явлений технологии восстановления. Это вызывает необходимость не только сохранять и формировать свойства, положительно влияющие на качество изделия, но и одновременно обеспечивать нейтрализацию зачастую значительных повреждений и дефектов восстанавливаемой детали-заготовки, оказывающих отрицательное влияние на выходные характеристики объекта восстановления. Поскольку восстановление является одним из видов технологий реновации, то для разработки маршрутной технологии может быть использована структурная модель процесса реновации, представленная в [1], которая составной частью входит в информационную базу данных (см. рис. 1) подблока "Информатика принятия решения".

Вслед за решением вопроса о маршрутной технологии последовательно приступают к разработке всех операционных технологий. Выбор составляющих элементов

маршрутной и операционной технологий осуществляется на основе детализированных для каждого конкретного метода, способа и вида обработки физико-технологических структурных моделей [9] следующего частного, более низкого уровня рассмотрения технологического процесса.

На рис. 2 приведена структурно-логическая модель обеспечения качества восстанавливаемого объекта.



Рис. 2. Структурно-логическая модель обеспечения качества восстанавливаемого объекта

Здесь наиболее полно раскрывается содержание структуры информационной базы знаний с учетом указанных выше особенностей исходных данных для прогнозирования и технологического обеспечения качества поврежденного объекта, служащей конкретной основой для принятия технико-экономического решения в заданных условиях проведения восстановительных работ.

Данная детализированная структурно-логическая модель может быть использована для любого метода, способа, вида обработки с поправками на специфические особенности каждого применяемого при восстановлении технологического процесса. Она позволяет рассмотреть наполнение каждого блока и элемента схемы «Информатика принятого решения» (см. рис. 1) в соответствии с существующими на сегодняшний день представлениями об информационном и технологическом обеспечении процедуры принятия решения для вновь изготавливаемого или восстанавливаемого изделия.

Принятое технологическое решение — это результат анализа знаний об объекте восстановления на момент принятия решения с привлечением фундаментальных и прикладных наук, на которых базируются современные технологические процессы и информатика базы данных. На основе проведенного анализа информационной базы знаний о детали или изделии осуществляют изучение информационной базы данных, которая представляет собой сумму знаний, накопленных наукой и практикой, обобщенных в справочниках, технической и специальной литературе, директивных и руководящих материалах разного уровня. Информационная база данных включает в себя научные отчеты, отраслевые и межотраслевые нормативы, стандарты ЕСТП, руководящие материалы по технологическому оснащению производства, методические материалы по оценке и обеспечению нормативных показателей, методики расчета эффективности выбранного способа, средства обработки, методики определения режима обработки, методики технологических испытаний и другие документы.

На основе результатов совместного анализа баз знаний и данных, выполнения необходимых расчетов с учетом всех требований и установленных ограничений принимают решение для конкретного вида обработки, конкретной поверхности.

В [9], как частный случай, приведена совмещенная физико-технологическая модель обработки резанием. Она подробно раскрывает содержание составляющих блока «Реализация принятого решения» структурно-логической модели обеспечения качества восстанавливаемого объекта (см. рис. 2), имеет самостоятельное значение, так как может служить базой для разработки аналогичных моделей для всех методов, способов и видов обработки, как при производстве новых изделий, так и при восстановлении. Совместное

рассмотрение частных моделей для операционной технологии (см. рис 2 и [9]) позволяет уже на этапе принятия решения прогнозировать результат обработки.

Прогнозируемый результат принятого решения складывается из учета возможных технологических воздействий по всей цепочке маршрутной технологии восстановления [1], оказывающих влияние на формирование конкретных показателей качества и их количественные значения. Таким образом, обеспечение качества изделия, детали, поверхности детали или части поверхности детали в процессе изготовления и восстановления предусматривает необходимость знаний об основных закономерностях поэтапного формирования результирующих показателей обработки и получения информации об их количественном изменении в результате каждого из технологических воздействий. Это дает возможность, суммируя математические ожидания расчетных, экспериментальных, а также интравертных данных по всем технологиям, задействованным в технологическом процессе восстановления, с достаточной для практики достоверностью прогнозируемого результата приступить к технической реализации принятого решения. Такая реализация связана, прежде всего, с техническим оснащением производства, профессионализмом персонала и зависит от выбранных технологий и их теоретических проработок.

Прогнозируемые результаты, как правило, отличаются от реальных, поскольку при принятии решения мы можем воспользоваться только доступной на сегодня информацией о том или ином технологическом процессе, сущности физико-химических процессов и явлений, сопутствующих конкретному методу и виду обработки и об их влиянии на формирование свойств обрабатываемых заготовок.

Составляющие структурных моделей являются параметрами переменными, и их конкретное наполнение находится в прямой зависимости от научных представлений о предмете, существующих на данный момент.

Таким образом, формирование свойств восстанавливаемого объекта и гарантии его долговечности осуществляется целой совокупностью последовательных воздействий преобразованных внешних энергий всех технологических методов и видов обработки, составляющих технологический процесс восстановления. Наука о технологиях сварки, литья, обработки давлением, резании и других технологических методах изучает процессы и явления, которыми сопровождается тот или иной метод обработки и устанавливает эмпирические, математические связи между начальными условиями обработки или их отдельными

элементами и характеристиками процессов, вызванных взаимодействием инструмента и заготовки. В настоящее время разработаны расчетные методы и различного рода методики, которые позволяют в целом ряде случаев решать задачу выбора начальных условий обработки в зависимости от требуемых показателей качества, а также использовать установленные количественные или хотя бы качественные зависимости между интенсивностью протекания процессов и результирующими показателями обработки как механизм управления показателями качества обрабатываемого объекта или технологического процесса.

Список литературы

1. Ярославцев В.М., Ярославцева Н.А. Прогнозирование надежности реновируемых деталей машин на основе анализа структуры технологии восстановления // Методы менеджмента качества. 1999. № 8. С. 52-58.
2. Ярославцев В.М., Ярославцева Н.А. Общий подход к оценке параметров качества изделия при восстановлении // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 5.
DOI: [10.7463/0512.0361862](https://doi.org/10.7463/0512.0361862)
3. МР 193-84. Надежность в технике. Обеспечение надежности в процессе изготовления изделий. Общие требования. Методические рекомендации / ГОССТАНДАРТ ВНИИНМАШ; разработ. Дальский А.М., Бухаркин А.Н., Ярославцева Н.А. и др. 1985. 54 с.
4. МР 118-84. САПР. Проектирование технологических процессов изготовления чугунных кокильных отливок. Методические рекомендации / ГОССТАНДАРТ ВНИИНМАШ; разработ. Дальский А.М., Ярославцева Н.А. и др. 1984. 49 с.
5. Дальский А.М., Бухаркин Л.Н., Ярославцева Н.А. Использование структурных схем технологических процессов для обеспечения надежности изделий // Докл. научно-техн. конф. Одесса: Изд-во ПНТО, 1986. С. 19-24.
6. Ящерицын П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. Минск: Наука и техника, 1977. 255 с.
7. Дальский А.М. Технологическая наследственность в сборочном производстве. М.: Машиностроение, 1978. 44 с.
8. Ярославцев В.М. Технологичность объектов реновации при восстановлении // Технология металлов. 2000. № 12. С. 31-36.

9. Ярославцев В.М. Методология совершенствования технологий промышленного производства и разработки новых методов обработки // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 3. Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/347459.html> (дата обращения 02.04.2013).

Special features of forecasting and providing quality parameters of products during reconstruction

05, May 2013

DOI: 10.7463/0513.0567501

Yaroslavceva N.A.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

mt13@bmstu.ru

This article presents an algorithm and a general structural logical model of a technological decision making process on reasonability of reconstruction along with a detailed structural logical model of providing quality of a product being reconstructed. Distinctive features of initial data of a reconstructed product from the data of a product made from scratch are listed. It is emphasized that the main distinctions are: knowledge of remaining life expectancy, data on the input control of the reconstructed product's condition, heritable parameters and properties, history of loading and damaging and manufacturability of the damaged component. It is shown that formation of consumer properties of a reconstructed product is provided by a complex summing action of transformed external energies of each technological method and processing techniques which are component parts of the reconstruction process.

Publications with keywords: [forecasting](#), [quality](#), [technological process](#), [repair](#), [life cycle](#), [block diagram](#), [technological heredity](#)

Publications with words: [forecasting](#), [quality](#), [technological process](#), [repair](#), [life cycle](#), [block diagram](#), [technological heredity](#)

References

1. Iaroslavtsev V.M., Iaroslavtseva N.A. Prognozirovanie nadezhnosti renoviruemykh detalei mashin na osnove analiza struktury tekhnologii vosstanovleniia [Predicting the reliability of recovered parts of machines on the basis of the analysis of the structure of technology of restoration]. *Metody menedzhmenta kachestva*, 1999, no. 8, pp. 52-58.

2. Iaroslavtsev V.M., Iaroslavtseva N.A. Obshchii podkhod k otsenke parametrov kachestva izdeliia pri vosstanovlenii [General approach to the estimation of quality parameters of product when renovating]. *Nauka i Ibrzovanie MGTU im. N.E. Baumana* [Science and Education of the Bauman MSTU], 2012, no. 5. DOI: [10.7463/0512.0361862](https://doi.org/10.7463/0512.0361862)
3. MR 193-84. *Nadezhnost' v tekhnike. Obespechenie nadezhnosti v protsesse izgotovleniia izdelii. Obshchie trebovaniia. Metodicheskie rekomendatsii* [Methodical recommendations 193-84. Dependability in technics. Dependability during manufacture of products. General requirements]. GOSSTANDART VNIINMASH Publ., 1985. 54 p.
4. MR 118-84. *SAPR. Proektirovanie tekhnologicheskikh protsessov izgotovleniia chugunnykh kokil'nykh otlivok* [Methodical recommendations 118-84. CAD. Designing of technological processes of manufacture of iron chill casting castings]. GOSSTANDART VNIINMASH Publ., 1984. 49 p.
5. Dal'skii A.M., Bukharkin L.N., Iaroslavtseva N.A. Ispol'zovanie strukturnykh skhem tekhnologicheskikh protsessov dlia obespecheniia nadezhnosti izdelii [The use of structural schemes of technological processes for ensuring the reliability of products]. *Dokl. Nauchno-tekhn. konf.* [The reports of the Scientific-technical conference]. Odessa, PNTTO Publ., 1986, pp. 19-24.
6. Iashcheritsyn P.I., Ryzhov E.V., Averchenkov V.I. *Tekhnologicheskaia nasledstvennost' v mashinostroenii* [Technological heredity in mechanical engineering]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1977. 255 p.
7. Dal'skii A.M. *Tekhnologicheskaia nasledstvennost' v sborochnom proizvodstve* [Technological heredity at assembly production]. Moscow, Mashinostroenie, 1978. 44 p.
8. Iaroslavtsev V.M. Tekhnologichnost' ob"ektov renovatsii pri vosstanovlenii [Manufacturability of objects of renovation when recovering]. *Tekhnologiiia metallov*, 2000, no. 12, pp. 31-36.
9. Iaroslavtsev V.M. Metodologiiia sovershenstvovaniia tekhnologii promyshlennogo proizvodstva i razrabotki novykh metodov obrabotki [Methodology of improvement of industrial production's technologies and creation of new methods of treatment]. *Nauka i obrazovanie. MGTU im. N.E. Baumana*. [Science and Education of the Bauman MSTU], 2012, no. 3. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/347459.html> , accessed 02.04.2013.