

технологии нанесения покрытий, которая позволяет выполнить структурно-параметрический синтез процесса формирования покрытия с заданными эксплуатационными свойствами. Предложенная концепция системного подхода позволяет создавать высокоэффективные технологические системы, применяемые при реконструкции, модернизации и восстановлении работоспособности сложных машин.

Ключевые слова: сохранная разборка, формализация, направленный выбор, методы нанесения покрытий, поверхностный слой, упрочнение.

Konoplianchenko Ie.V., Kolodnenko V.N., Gerasimenko V.A., Yaremenko V.P. ASSURANCE QUALITY AT REPAIR AND MODERNIZATION OF COMPLEX MACHINES BY RESOURCE-SAVING AND ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES SEARCH FORMALIZED PROCEDURE

At a stage of complex machines maintenance and repair there is their necessity for disassembly for access to the failed detail or a units. It is known, that full disassembly of the equipment at repair – one of undesirable operations as even at the most qualified safe disassembly interface of the worn-in details and a normal tightness in slots with motionless landings are disturbed. The part of details at disassembly is damaged (inflow, paws, flanges break, edges of bolts, nuts get off, rivets and etc.). Aggregates and the details which are not demanding repair, at all it is not recommended to remove from the equipment because of possible lowering working capacity of machines as a whole. Therefore before disassembly of the equipment it is important to define objective necessity of execution of operations. In real conditions of equipment maintenance can vary not only joints parts type going into it, but also a degree of their effect on an environment (chemical, radiological danger, etc.), that by all means leads to change of a set of the methods involved at disassembly.

The article provides a formalized method of determining a rational variant coating technology that allows to make structural and parametric synthesis process for forming a coating with desired performance characteristics. The proposed concept of a systematic approach allows to create high-technology systems used in the reconstruction, modernization and reconstruction of health complex machines.

The basic idea of the concept resulted in operation consists in development of methodology of a system approach to projection of the highly effective technological systems applied at repair and modernizing of complex machines. Practical application of the offered approach will allow to increase quality and safety of special assignment, and introduction of the formalized technique in conditions of real manufacture will allow will increase a level and efficiency of use of available means of complex technological equipment.

Keywords: save disassembly, formalization, directed selection, methods of coating, surface layer, hardening.

Стаття надійшла в редакцію: 11.09.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Кундера Ч.

УДК 621.002.5.52

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДЕМОНТАЖА
КРУПНОГАБАРИТНЫХ СОСТАВНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ИХ РЕИНЖИНИРИНГЕ**

В. Т. Лебедь, д.т.н., доцент, Донбасская государственная машиностроительная академия, Украина

В статье рассмотрены вопросы совершенствования технологического процесса реинжиниринга крупногабаритных составных прокатных валков, в частности, улучшение процесса базовой операции нагрева бандажей демонтируемых составных прокатных валков. Анализ выполненных результатов теоретических исследований нагрева охватывающих изделий под демонтаж/сборку, а также учет конструктивных особенностей демонтируемого изделия и печи скоростного нагрева позволяют усовершенствовать процесс реинжиниринга крупногабаритных составных прокатных валков, относящихся к телам вращения, обеспечивая при этом существенное снижение показателей энергозатрат

Ключевые слова: реинжиниринг, составные крупногабаритные прокатные валки, процесс теплового демонтажа, нагревательные печи, охватывающие и охватываемые детали составных изделий

Анализ последних публикаций и постановка проблемы. Одним из актуальных вопросов совершенствования комплексного процесса реинжиниринга крупногабаритных составных прокатных валков (КГСПВ) (рис.1) [1] является

оптимизация процесса нагрева при демонтаже (разборке) такого изделия.

В 60-е годы XX столетия на ряде металлургических комбинатов (Магнитогорском, Новолипецком, Алчевском, «Запорожстали», Мари-

упольском им. Ильича и др.) был внедрен в производство процесс восстановления рабочих поверхностей моноблочных прокатных валков путем их наплавления [2]. Наплавление рабочих поверхностей валков использовалось и некоторыми зарубежными фирмами, такими как «Бритиш стил» (Великобритания), «Техас Эллоу продактс», Хьюстон (США) [3]. Осуществлены разработки НПП «Валок» по реализации процесса восстановления электродуговой наплавкой тяжело нагруженных опорных валков из стали 90ХФ клетей стана горячей прокатки 2000 Новолипецкого металлургического комбината [4, 5].

Известны [6,7] технологии перебандажирования, которые были разработаны на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» и ООО «Южно-Уральский машиностроительный завод». Имеются проработки по многократному использованию равнозначных типоразмеров составных валков, а также по использованию составных валков с комплектом сменных бандажей на некоторых зарубежных предприятиях, таких как «Юнион электрик стил» (США), «Кобе стил»

(Япония).

Учитывая современные условия, при которых стоимость энергоносителей имеет тенденцию к постоянному росту, применение энергосберегающих технологий становится актуальным вопросом. Обзор источников технической информации, анализ рынка сырья и возможностей потенциальных заказчиков на исследуемый вид продукции показывают, что имеется большой потенциал снижения затрат в процессе производства КГСРВ [3].

Известно [8], что для процесса демонтажа используются нагревательные печи горизонтального типа (рис. 1), где составное изделие загружается на поддон и, в соответствии с графиком ведения процесса (рис. 2) [8], производится его нагрев. Для исключения нагрева охватываемой детали выполняется частичная защита: термоизоляция конусных шеек охватываемой детали (оси). Это составляет определенную проблему, связанную с прогревом охватываемой детали, которая исключается при нагреве в печи скоростного нагрева (ПСН) (рис. 3.б).

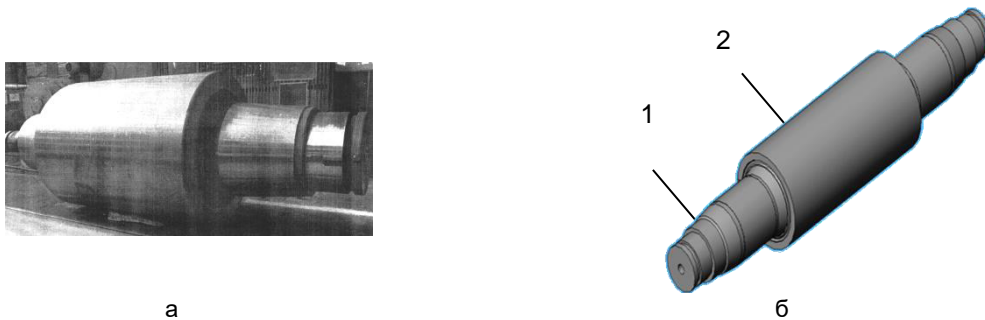


Рис. 1. Общий вид (а) и схема (б) конструкции составного прокатного валка: 1 – ось валка; 2 – бандаж;

Методика исследований. При отработке экспериментального технологического процесса (ТП) разборки моделей валка по одному из вариантов конструктивного исполнения, установлено отсутствие свободного смещения бандажа с оси валка. Протекание процесса разъединения осуществлялось при условии внешнего динамического воздействия. При изучении состояния сопрягаемых поверхностей демонтированных деталей отмечено частичное смятие выступа на оси валка.

По результатам исследования процессов разъединения на серии моделей прокатных валков, отработавших ресурс по рабочей поверхности, а также вышедших из эксплуатации вследствие аварийной ситуации КГСРВ, была отработана технология тепловой разборки натуральных крупногабаритных составных изделий (КГСРВ) массой 89 т. (рис. 2) с использованием нагревательной печи (рис. 3.а, 4).

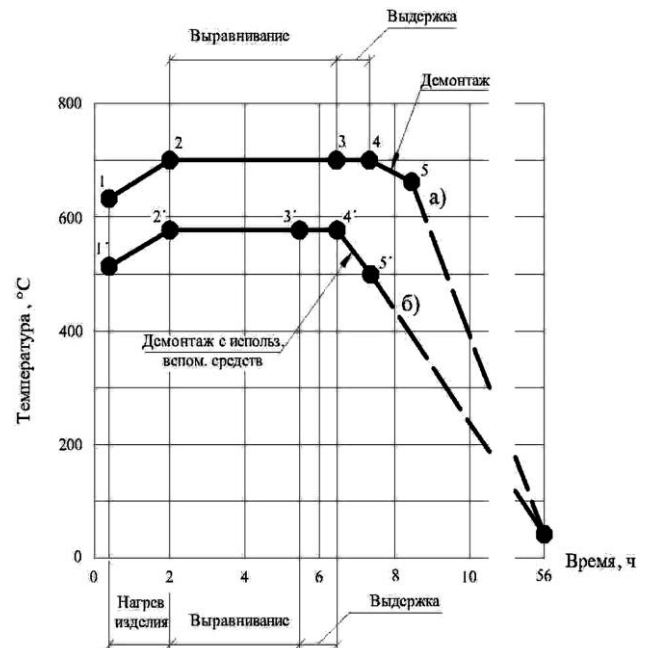


Рис. 2. Технологические параметры прогрева бандажа составного прокатного валка (СРВ) под демонтаж: а – при целостной охватывающей детали;

б – при наличии трещины в ней

Были опробованы и отработаны основные технологии разъединения КГСИ массой 89 тонн, одна из которых является базовой – тепловой нагрев без разрушения целостности охватывающей и охватываемой деталей (ООД) [8].

Процессу разборки (рис. 5) предшествовал комплекс подготовительных работ, связанных с монтажом на хвостовой части валка технологи-

ческой грузоподъемной оснастки и фиксации теплоизоляционного материала на конусных частях оси валка.

При доведении угла свыше 45° от линии горизонта подъема изделия с установленной грузоподъемной оснасткой, осуществляется процесс смещения (разъединения) бандажа с оси (осью) валка (рис. 5, б).



а



б

Рис.3. Нагревательные печи: а - нагревательная печь с выкатным подом, используемая для нагрева КГСПВ; б - печь скоростного нагрева валков [9]



Рис. 4. Нагретый валок под демонтаж на выкатном поде, перед съемом



Рис. 5. Операция разъединения бандажа с осью СПВ массой 89 т.



Рис. 6. Укладка демонтированной оси валка на прокладки в пролете цеха

Первоначально представленный процесс разборки изделия был реализован на одном из опорных прокатных валков толстолистного стана 3600 металлургического комбината «Азов-сталь». На рис. 7 показаны бандаж 1 и ось валка 2 после разъединения СПВ массой 89 т.



Рис. 7. Детали бандажа (1) и оси валка (2) после завершения процесса разборки КГСПВ

В основу исследования была заложена методика проведения разборки моделей прокатных

валков тепловым способом. Частично результаты исследования этого процесса приведены на рис. хх. При разработке и исследовании процесса разъединения КГСПВ были также учтены результаты изучения демонтажа среднегабаритных прокатных валков [10].

Тепловой способ демонтажа предусматривал нагрев аналогичного СПВ в вышеуказанной печи (рис. 3.а), прогретой до температуры 800°C по режиму, приведенному на рис. 2, с последующей выдачей его из печи (рис. 4) и соответствующим подъемом за оснастку изделия (рис. 5). Процесс разборки по указанной технологии был произведен на партии КГСПВ и доведен до промышленного использования.

Программа обследования демонтированных деталей отработавших ресурс прокатных валков состояла из следующих этапов: дискретное измерение диаметров посадочных поверхностей по образующим оси валка и бандажа; обмер областей зон фреттинг-процессов на посадочных

поверхностях ООД; ультразвуковой контроль качества металла на содержание дефектов на участках посадочных и конусных поверхностей конструктивных элементов демонтированных деталей СПВ; замер уровней остаточных напряжений в теле бандажа до и после проведения процесса разборки.

Проведенные результаты замеров демонтированных деталей (охватываемых и охватывающих) после обработки ресурса СПВ и их сопоставления с размерами согласно технической документации позволили обобщить такие измерения и скорректировать теоретические расчеты.

Традиционно процесс нагрева выполнялся в горизонтальной нагревательной печи (рис. 3,а). Целесообразно рассмотреть и реализовать нагревательный процесс с использованием ПСН (рис. 3,б), что позволит оптимизировать процесс нагрева изделия под демонтаж, повысить культуру производства при ведении технологического процесса реинжиниринга.

В условиях ПАО «НКМЗ» установлена и находится в эксплуатации печь скоростного нагрева (рис. 3.б) [9], предназначенная для форсированного газопламенного нагрева поверхности бочки валка. Комплекс печи оснащен двумя сменными модулями (камерами).

В зависимости от типоразмера изделия возможно установление одной из 2-х камер при максимальной массе валка до 100 т.

Для обработки технологических параметров нагрева охватываемой детали (бандажа) была рассмотрена и решена термомеханическая задача [11], которая позволила обеспечить более качественные показатели прогрева изделия.

Поскольку важной составляющей технологического процесса является нагрев, то исследование и анализ результатов расчета (рис. 8) этого процесса позволяет оптимизировать температуры и время нагрева, что обеспечивает экономию энергоресурсов.

Целью анализа теплового процесса была фиксация (с интервалом в каждый час) изменений температурных полей и напряжений при нагреве оси и бандажа, корректирование цикла нагрева и охлаждения для получения требуемого соединения. Нагрев деталей составных валков проводился по времени, согласно заданным технологическим схемам.

Расчет выполнен с помощью метода конечных элементов по программному комплексу ABAQUS/Standard [12].

Для решения тепловой задачи по ABAQUS рассматривалась осесимметричная задача, применение которой давало возможность значительно уменьшить число степеней свободы и, соответственно, позволяло упростить системы дифференциальных уравнений. Расчет теплового бандажирования валка проводился для различных форм сопрягаемых поверхностей.

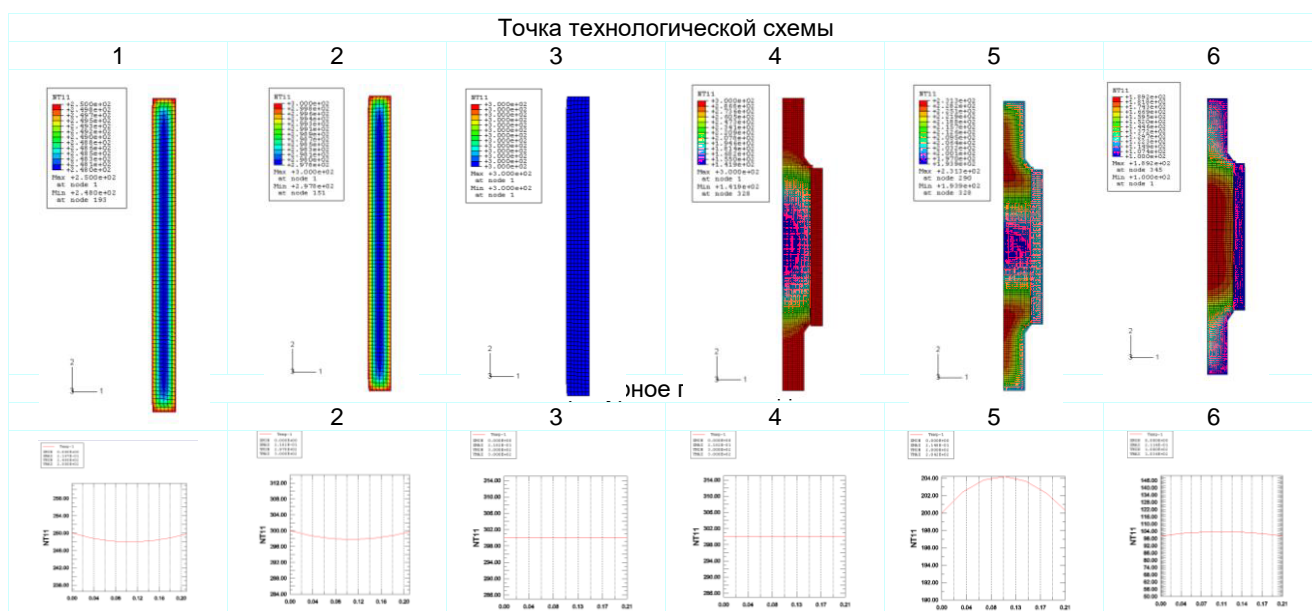


Рис. 8. Распределение температуры по толщине бандажа при его нагреве до 250°C (в точке 1*), при нагреве и после него, при выравнивании и выдержке детали при 300°C (в точках 2*, 3*, 4*), при охлаждении до 200°C и остывании до 100°C (в точках 5*, 6*).

Исходные данные: - номинальный диаметр посадочной поверхности оси валка $D_0 = 980$ мм; - наружный диаметр бандажа $D_6 = 1400$ мм; - длина посадочной поверхности валка $L = 2800$ мм; материал бандажа валка - сталь 90ХФ. Результаты расчетов приведены на рис.8

Известно [13], что нагрев деталей валка (в

частности, охватывающих деталей – бандажей) происходит в нагревательном устройстве печного типа. Бандаж, перед процессом тепловой сборки, вводится в предварительно нагретую до 200 °С печь и в течении восьми часов нагревается, затем выдерживается при этой температуре 10 часов. Далее производится сборка охватыва-

емой и охватывающей деталей.

Результаты исследований. Анализ результатов моделирования процесса демонтажа составных моделей изделия показывает, что при разъединении экспериментальной модели изделия целесообразно обеспечить самоцентрирование внутренней поверхности бандажа, которое достигается корректированием конструктивных элементов «замковых» соединений путем ввода соответствующих конусных скосов.

Разработка методики демонтажа с учетом решения термомеханических задач и отработка процессов разборки были выполнены на ряде КГСРВ, отработавших ресурс по рабочей поверхности.

При реализации процесса нагрева рабочей поверхности бандажа КГСРВ под демонтаж в ПСН необходимо будет выполнить нижеприведенный вспомогательный комплекс операций. Перед пуском печи произвести визуальный осмотр печи и футеровки ее модуля; проверку механического крепежа вставок к корпусу, подклейки вставок до требуемых размеров; выставление люнетов с опорными роликами и упоров торцевого ориентирования, а также выполнить контроль системы газоснабжения (равномерность распределения газа по горелочным устройствам, автоматизированный розжиг и работа в импульсном режиме горелок); проверку исправности пирометрических приборов; регулировку механизма перемещения платформ с форсунками. Провести дополнительные тестовые испытания печи перед началом режима нагрева изделия. В зависимости от типоразмера составного валка, подлежащего разборке, устанавливается соответствующая камера с необходимым размером кольцевых вставок, обеспечивающих уплотнение рабочей камеры и тепловую изоляцию расположенных в камере участков шеек валка.

При работе ПСН необходимо обеспечение равномерного нагрева поверхности бандажа валка, размещенного в рабочем модуле, что требует тестирования работы горелок.

С помощью компьютера выполняется ввод технологических параметров ведения процесса

нагрева.

После установки составного валка на люнет ПСН предусмотрен следующий перечень операций: - согласно разработанной технологии в компьютер вводятся исходные параметры технологического процесса теплового нагрева охватываемой детали изделия под демонтаж; - обеспечивается (согласно нормативам) расход газа для нагревательной печи; - нижние части вставок переводятся в рабочее положение; - выставляются упоры торцевого ориентирования; - включается вращение и проверяется реверс; - закрывается крышка печи; - на вставки подается воздух и включается вентиляция; - нагрев производится по заданной технологии. Процесс нагрева бандажа составного валка под демонтаж целесообразно проводить в автоматическом режиме.

После окончания процесса «выдержки» в ПСН производится подъем механизма торцевого ориентирования; прекращение вращения; вывод нижних частей вставок из рабочего положения; отключение горелок при открытии крышки печи; передача валка на демонтаж.

Валок укладывается на проложки с предварительно подложенной(ым) керамоволокнистой футеровкой (асбестовым полотном) и производится замер величин температуры в ряде точек по образующей бандажа. Далее выполняется процесс демонтажа изделия (рис. 5, 6).

Выводы. В результате проведенных комплексных исследований, экспериментов на моделях изделий и на ряде типоразмеров натуральных КГСРВ, установлено:

1 С учетом моделирования процесса тепловой сборки и демонтажа СПВ и решением температурно-контактной задачи при помощи программного комплекса ABAQUS/Standard уточнены технологические параметры нагрева охватываемой детали под сборку и демонтаж.

2. Скорректированные технологические параметры процесса демонтажа применительно к КГСРВ позволяют рассмотреть при выполнении разборки этих изделий использование нагревательной печи скоростного нагрева.

Список использованной литературы:

1. Планета НКМЗ. Часть II. Энциклопедия / рук. проекта В. Жулий, авт.-сост. В. Зорина. – Краматорск, 2009. – 399 с.
2. Повышение работоспособности наплавленных опорных валков НРС горячей прокатки / Ветер В. В. [и др.] // Сталь. – 1986. – № 7. – С. 54–56.
3. Маслов А. А. Повышение стойкости и методы восстановления прокатных валков за рубежом / А. А. Маслов; Центральный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований черной металлургии. – М.: Экспресс-информация, 1975. – 24 с.
4. Научно-производственное предприятие «Валок» / [Группа подготовки рекламного проспекта: В. В. Ветер и др.]. – Липецк: АО «НЛМК», 1996. – 23 с.
5. Повышение срока службы опорных валков стана 2000 горячей прокатки / Ветер В. В. [и др.] // Сталь. – 1985. – № 8. – С. 53–55.
6. Пат. РФ 2147947 В21В28/02. Способ подготовки к эксплуатации комплекса составного валка /

А. Ю. Фиркович [и др.]. – опубл. 27.04.2000

7. Повышение стойкости опорных валков станов горячей прокатки / И. В. Боровников [и др.] // Сталь. – 2001. – № 1. – С. 55–57.

8. Лебедь В.Т., Пермяков А.А., Шелковой А.Н. Ресурсосбережение в тяжелом машиностроении. Реинжиниринг крупногабаритных изделий: монография / В.Т. Лебедь, А.А. Пермяков, А.Н. Шелковой. - Краматорск: ДГМА. 2015. – 301с. ISBN 978-966-379-705-2

9. Планета НКМЗ. – Донецк: Типография ООО «Новый Мир», 2004. – С. 210 – ISBN 916-107-179

10. Демонтаж составных прокатных валков методом форсированного нагрева / Ю. А. Грушко, Н. А. Адамова, Ю. А. Карасюк, С. А. Новачук // Сталь. – 1989. – № 7. – С. 64–66.

11. Лебедь В. Т. Технология тепловой сборки составных крупногабаритных деталей / В. Т. Лебедь, А. А. Кулаченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : междунар. сб. науч. трудов. – Донецк : ДонНТУ, 2004. – Вып. 28. – С. 84–94.

12. Complex of certainly element general-purpose programs, designed by the company «Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc» (HKS, USA). License N 44 of JSC «NKMZ». – November 2003. – 742 p.

13. Полухин В. П. Составной рабочий инструмент прокатных станов / В. П. Полухин, П. И. Полухин, В. А. Николаев. – М.: Металлургия, 1977. – 88 с.

Лебедь В.Т. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСА ДЕМОНТАЖУ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СКЛАДЕНИХ ВИРОБІВ ПРИ ЇХ РЕІНЖІНІРИНГУ

У статті розглянуті питання вдосконалення технологічного процесу реінжиніринга великогабаритних складених вальцювальних валків, зокрема, поліпшення процесу базової операції – нагріву бандажів складених вальцювальних валків, що демонтуються. Аналіз виконаних результатів теоретичних досліджень нагріву охоплюючих виробів під демонтаж/складання, а також облік конструктивних особливостей демонтованого виробу та печі швидкісного нагріву, дозволяють удосконалити процес реінжиніринга великогабаритних складених вальцювальних валків, які відносяться до тіл обертання, забезпечуючи при цьому істотне зниження показників енерговитрат

Ключові слова: реінжиніринг, складені великогабаритні вальцювальні валки, процес теплового демонтажу, нагрівальні печі, охоплюючі та охоплювані деталі складених виробів.

Lebed' V.T. IMPROVEMENT OF DISMANTLING PROCESS OF LARGE-SIZE COMPONENT ITEMS IN THE PROCESS OF RE-ENGINEERING

The problems of improvement of technological process of re-engineering large-size component forming rolls, in particular, by improvement of process of basic operation - heating bracers of dismantled component of forming rollers are considered in the article. Analysis of the obtained results of theoretical researches of heating external items in the process of dismantling/assembling, and also taking into account structural features of the dismantled items and stove of speed heating, make it possible to improve large-size component forming rolls, related to the bodies of rotation, providing the substantial decrease of power inputs indexes.

The paper deals with theoretical and practical pressing issue of modern mechanical engineering that is developing of resource-saving technology in heavy engineering, which is based on re-engineering of large-sized (compound/sleeved) products. On the basis of products reconditioning activities analysis, parts reuse procedures and disassembling – assembling technologies in mechanical engineering, there have been scientifically grounded the principles of re-engineering technological processes development related to large-sized (compound/sleeved) rolls. Suggested fundamental functional process solutions are general for such products re-engineering, that allowed creating of high performance re-engineering batch technological operations on the basis of assembling-disassembling, and developing activities as for reapplication of reconditioned parts. New obtained theoretical and experimental data made possible to determine: optimum reengineering patterns for large-sized (compound/sleeved) products, disassembling – assembling procedures through thermal action, which create disassembled parts reuse conditions; reasonable procedures of assembling through thermal action; projected operation life of reconditioned products; fretting-processes at mounting surfaces of the sleeved rolls components; design-engineering solutions enabling to provide quality of the parts to be reconditioned.

Key words: re-engineering, large-size component forming rolls, process of thermal dismantling, heating stoves, external and internal details of component items.

Стаття надійшла в редакцію: 06.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Тарельник В.Б.