

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ

Лебедь В.Т. (АО «НКМЗ», г. Краматорск, Украина)

There have been given basic regulations of integrated process flow sheet for resource-saving technology at repairing and reduction of large parts shaped as body of rotation. In case of appearance of partial damage during manufacturing and operation period and after resource working off by the stated items, there have been suggested solutions for various restoration patterns realization: from single block (or composite) design of the product up to the final composite design of similar type or single design of smaller standard size.

Профильная номенклатура ряда предприятий тяжелого машиностроения СНГ, в частности, НКМЗ, УЗТМ, Ижорские заводы, базируется на изготовлении горнорудного, металлургического, прокатного, кузнечно-прессового и подъемно-транспортного оборудования [1]. Значительную часть (до 30%) объема производства составляют крупногабаритные изделия, изготавливаемые в составном варианте. Типичным представителем таких изделий является опорный валок клетки прокатного стана (рис. 1), у которого ось с бандажом (втулкой) собрана с натягом.

После отработки номинального ресурса по рабочей поверхности валки, являющиеся по форме телами качения, имеют объемный износ активного рабочего слоя (с учетом перешлифования) 0,5-0,7% общей массы. Обзор источников технической информации [2] и производственный опыт показывает, что перевод во вторичное сырье валков, выработавших номинальный ресурс, не целесообразен, поскольку их состояние таково, что позволяет рассмотреть вопрос их дальнейшего использования. Для этого следует иметь эффективную технологию восстановления. Такой технологией может явиться технология, как ремонта,¹ так и восстановления², базирующаяся на следующем конструктивно-технологическом решении: валок создается составным, включающим ось валка и бандаж.

Предлагаемый подход требует установления допустимых массово-габаритных характеристик валков, которые могут быть восстановлены по предлагаемой технологии, с учетом определения направлений и разработки способов ресурсосбережения в части материалов и энергоносителей. Это относится как к составным, так и моноблочным (цельнокованым или литым) прокатным валкам, разрушившимся в процессе эксплуатации или выведенным из эксплуатации после отработки ими ресурса по рабочей поверхности. Систематизация разработанных схем ремонта и восстановления сведена в общий комплекс мероприятий и приведена на рис. 2. Задача восстановления крупногабаритных изделий в указанном исполнении решается путем реализации различных комбинаций используемых деталей, составляющих изделие: с повторным их применением, так и с вновь изготовленными деталями. При этом решается вопрос обеспечения работоспособности на уровне близком к базовому ресурсу.

Известны работы [3, 4 и др.] по вторичному использованию прокатных валков в различных областях металлургического производства. Однако, вопросы

¹ - Под термином «ремонт» крупногабаритных прокатных валков подразумевается комплекс мероприятий над указанным изделием при его разрушении с момента изготовления до окончания ресурса эксплуатации по рабочему слою.

² - Под термином «восстановление» подразумевается комплекс мероприятий над указанным изделием после отработки ресурса эксплуатации по рабочему слою.

систематизации восстановления крупногабаритных составных валков, начиная, от их типоразмеров, технологических циклов восстановления и повторного использования в полном объеме рассмотрены недостаточно.

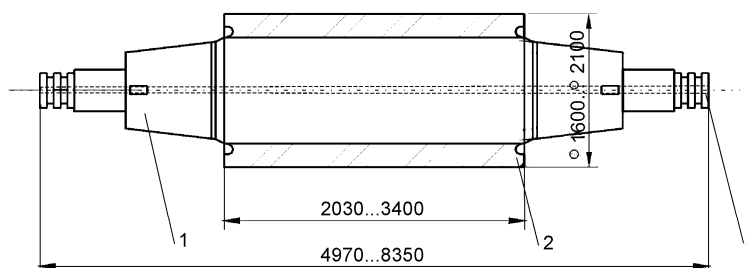


Рис. 1. Общая схема составного крупногабаритного прокатного валка:

1- ось валка; 2 - бандаж (втулка); 3 - пробка оси

Известно [5], что в качестве классификационных признаков соединений составных деталей используются характеристики, определяющие их функциональные назначения, применение и конструктивно-технологические свойства. Соединения следует группировать по общим (постоянным) признакам, характерным для всех видов соединений, и переменным (дополнительным) характеристикам только для соединений крупногабаритных изделий.

Общими признаками для рассматриваемых составных деталей являются: габаритные размеры, характеристика массы и вид соединения по методу образования. Согласно техническим условиям погрузки и крепления грузов при транспортировке железнодорожным транспортом [6] нижний весовой диапазон тяжеловесных деталей (в том числе и составных) определяется массой грузового места (с учетом упаковки) не менее 20 т. Указанные изделия - гладкие соединения с натягом, сборка которых выполняется с использованием термовоздействия – нагрев охватываемой детали (бандажа); числом деталей в соединении - два или три и их относительным расположением; размерной характеристикой, включая сопрягаемые поверхности (диаметр и длина); величиной расчетного натяга (max, min). Традиционно валок состоит из двух основных деталей, но имеются конструкции, когда между бандажом и осью установлена промежуточная втулка (гильза).

Сборка валков определяется характером нагрева охватывающих деталей: электро- или газовый нагревы; индукционный, токами промышленной частоты (ТПЧ). Одним из основных показателей сложности сборки соединений с натягом является точность взаимного расположения деталей. Наиболее сложна сборка деталей без упора. Для достижения симметрии в расположении оси и бандажа используется технологический бурт на оси валка, удаляемый при механической обработке собранного изделия.

По схеме технологического цикла предлагается совокупность мероприятий, построенная с использованием: 1. классификации по проводимым комплексно-технологическим мероприятиям: •ремонт – комплекс мероприятий по восстановлению изделий вследствие его разрушения в процессе изготовления и эксплуатации; •восстановление - комплекс мероприятий по восстановлению изделий после отработки изделием ресурса по рабочей поверхности; 2. классификации восстанавливаемых изделий: •по геометрическим размерам с учетом формы тела вращения: -по соотношению L/D (где L - длина детали; D – наибольший наружный диаметр детали).

Устанавливается три диапазона: L до 1,0D включ., с L св. 1,0D до 5,0 D включ., и с L свыше 5,0D; •по функционально-технологическим требованиям: - режимам работы (горячая, теплая, холодная прокатки); - марок сталей бандажа и оси вала, соответственно; - по твердости рабочей поверхности и шеек вала; - по химическому составу; 3. классификации по состоянию изделия: •изделие, отработавшее свой ресурс по рабочей поверхности; •показатели отработки ресурса составного изделия согласно паспортным данным; •форма и характер дефектов или отступлений (износ, коррозия, сколы на торцах, выкрошка металла по рабочей поверхности, деформация); •форма и характер разрушения изделий, вызванное нерегламентируемыми условиями эксплуатации (усталостное и хрупкое разрушения). Установлены следующие основные виды разрушений составного вала: бандажа – образование трещины по образующей детали; оси вала – поломка детали на расстоянии 1/3 длины посадочной поверхности от торца бандажа; 4. классификации по видам технологии демонтажа: •тепловой: - нагрев охватываемой детали в газовых, электрических печах; - нагрев на индукционных установках; •механический: - распрессовкой; - разрезкой; •взрывом; 5. классификации по видам технологии сборки и с учетом особенностей конструкции: •тепловой; •индукционный; •с применением холода; •по профилю продольного сечения посадочной поверхности сопрягаемых деталей; •при нанесении/без нанесения покрытия на посадочную поверхность оси вала; •при наличии /без наличия в конструкции оси вала дополнительных фиксирующих устройств (бурты, конусы, шпонки).

Для оценки величины трудоемкости изготовления деталей составного вала были проанализированы поэлементные затраты при производстве этих деталей для вновь изготавливаемого изделия. Установлена целесообразность повторного использования оси вала. Это связано с тем, что ресурс оси относительно бандажа оценивается как (1,8-2,15):1 [2]. Бандаж после выработки активного рабочего слоя, рекомендуется перековывать на меньший типоразмер аналогичного изделия.

Определена доля трудоемкости вновь изготовленных деталей в общем объеме производства рассматриваемых составных изделий в диапазоне весовых характеристик от 20 до 116 тонн, которая составляет: 37-54% - для бандажа; 17-34% - для оси вала и в процессе окончательной механической обработки изделия. При возрастании общей массы изделия трудоемкость изменяется следующим образом: при производстве оси вала - возрастает на 14%; бандажа - уменьшается на 12%; окончательной механической обработке составного изделия снижается на 3%. Это позволило откорректировать разработанные схемы при их реализации в производстве.

Руководствуясь зависимостями (1), определяющими изменение трудоемкости изготовления изделия (Y_1 – оси вала; Y_2 – бандажа вала; Y_3 – при окончательной механической обработке составного изделия; Y_4 -пробки оси; Y_5 , Y_6 – слесарных и сборочных работ, соответственно) в вышеуказанном весовом диапазоне, уточняются схемы выбора восстановления изделия.

$$\begin{aligned} Y_1 &= - 0,1323x + 53,981; R^2_1 = 0,6183; & Y_4 &= - 0,0339x + 5,0506; R^2_4 = 0,68; \\ Y_2 &= - 0,0106x + 25,302; R^2_2 = 0,0058; & Y_5 &= 0,0127x - 0,2406; R^2_5 = 0,8537; \\ Y_3 &= 0,1443x + 14,82; R^2_3 = 0,6888; & Y_6 &= - 0,0035x + 2,0352; R^2_6 = 0,1002. \end{aligned} \quad (1)$$

где x - общая масса составного изделия, т;

R^2_n – величина достоверности аппроксимации приведенных уравнений.

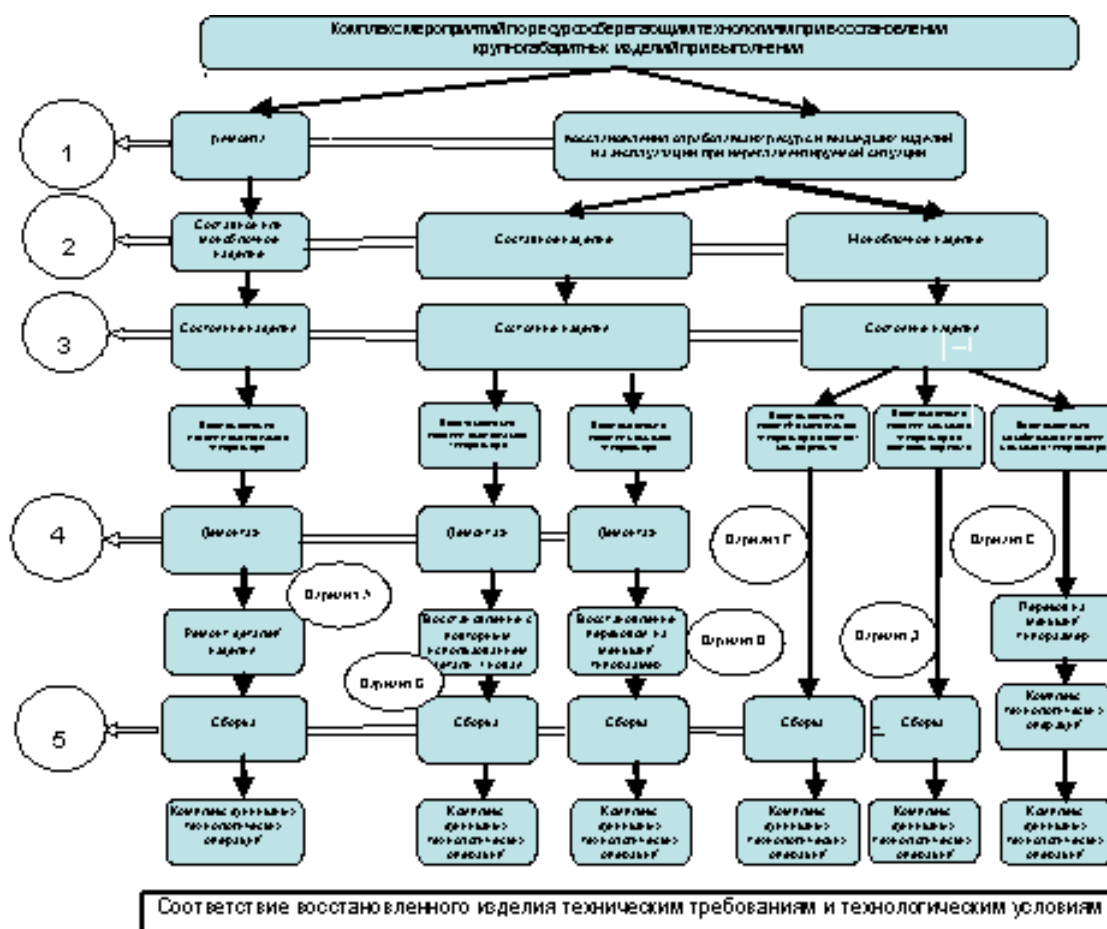


Рис. 2. Общая схема технологического цикла ремонта и восстановления крупногабаритных составных изделий

С учетом рекомендаций [7] по созданию прогрессивных технологий и на основании разработанной общей схемы технологического цикла (рис. 2) приведены базовые положения ремонта и восстановления, заложенные в указанные мероприятия.

После оценки характера разрушения детали составного изделия определяется степень ее использования, т. е., одна (разрушившаяся) передается на переплав, вторая, после изучения ее состояния отправляется на повторное использование. Моноблочное изделие³ в зависимости от дефекта (в основном на шейке или бочке вала) может быть использовано повторно при его устранении на изделии. Такой валок подлежит обработке под ось аналогичного изделия. В последующем выполняются операции по восстановлению изделия аналогичной конструкции в составном варианте с вновь изготовленным бандажом. В состав основных операций технологического процесса восстановления составных прокатных валков [8] входят: демонтаж составных изделий, отработавших ресурс или вышедших из эксплуатации вследствие нерегламентируемой ситуации; изготовление заготовок из демонтированных осей валков и бандажей составных валков (в частности, при перековке их на меньший типоразмер); комплекс термических, механических, вспомогательных операций при изготовлении деталей составных валков, монтаж и окончательная механическая обработка восстанавливаемых изделий.

³ При 100% разрушении не рассматривается

Исходя из качества поверхностного слоя, процесс повторного перекова заготовок (деталей) происходит без образования трещин на их поверхностях. Указанная операция обеспечивает при производстве восстанавливаемых в составном варианте валков снижение затрат до 30-35 %.

В качестве базовой схемы ремонта указанного типа изделий рассмотрена схема А (рис. 3. а, б, в), которая с учетом вида разрушения может быть реализована в трех вариантах.

При сколах на бандажах составных валков (не совместимых с работой изделия) вариант 3 схемы А (рис. 3, в) корректируется: после демонтажа составного валка, изготавливается новый бандаж с внутренним диаметром под сборку с учетом обработки посадочной поверхности оси демонтированного валка, последующей их сборкой и окончательной механической обработкой.

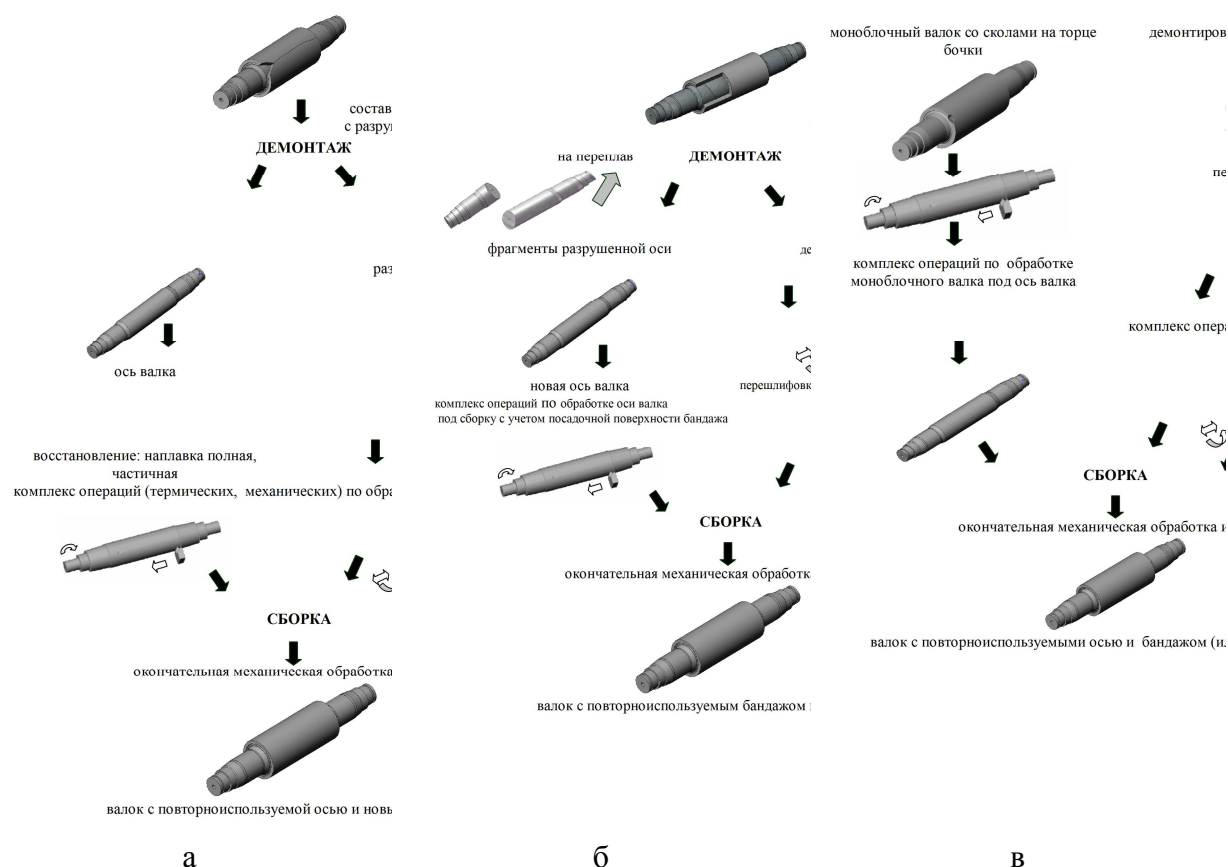


Рис. 3. Технологическая схема А ремонта составного (или моноблочного (в)) прокатного валка в составном варианте при нерегламентируемом выходе изделия из эксплуатации: разрушение бандажа (а); разрушение оси (б) и наличие сколов (или других дефектов) на рабочей поверхности бочки валка (в)

При изучении вопроса восстановления выведенных из эксплуатации после отработки ресурса крупногабаритных составных (в ряде случаев и моноблочных) изделий, одним из определяющих факторов выбора направления восстановления является определение числа циклов нагружения (согласно прокатанному сортаменту из паспортных данных изделия).

Восстановление отработавшего ресурс по рабочей поверхности изделия аналогичного типоразмера в составном варианте реализуется по схеме Б (рис. 4,а).

Вторым направлением является изготовление изделия меньшего типоразмера в составном варианте по схеме В (рис. 4,б).

Повторно крупногабаритные моноблочные изделия могут быть использованы следующим образом: •восстановление аналогичного изделия в составном варианте по схеме Г. Изделие вторично используется в качестве оси вала после его механической обработки, а бандаж, изготавливается из слитка или перекова демонтированного бандажа большего типоразмера; •восстановление изделия в составном варианте меньшего типоразмера при использовании под ось в качестве заготовки моноблочного вала, который после механической обработки (или перекова) и изготовления под выбранный типоразмер изделия нового бандажа или использования в качестве заготовки перекованного демонтированного бандажа большего типоразмера по схеме Д; •восстановление моноблочного вала в изделие меньшего типоразмера путем перекова вала при выполнении предварительной механической обработки торцов бочки вала по схеме Е⁴.

Перед реализацией вышеуказанных схем ремонта и восстановления детали используемых валков подлежат обязательному контролю по уровню циклов нагружения и оценке усталостных напряжений. По результатам обследований и заключению о состоянии составного вала, определяется один из вариантов восстановления составного изделия. В ходе выполнения ряда работ, например, отработан цикл технологических операций по вторичному использованию двух деталей составного вала: производство бандажа путем перекова демонтированной втулки большего типоразмера, оси вала - механической обработкой бочки моноблочного вала аналогичной конструкции. После выполнения предварительного монтажа и основной (термоструктурной) сборки, выполняется комплекс окончательных технологических операций на восстанавливаемом изделии.

Ниже приведена маршрутная технология восстановления моноблочного вала массой 43т аналогичного типоразмера в составном варианте по схеме Г.

Ось. Базовый диаметр посадочной поверхности оси принят 1220 мм. Выбор указанного размера выполнен с учетом оптимальной несущей способности бандажа и оси вала указанного типоразмера вала. Максимальная величина диаметра сопрягаемой поверхности определена в 1219,60 мм, минимальная - 1217,78 мм. Профиль посадочной поверхности оси в осевом сечении имеет вогнутую (седловидную) форму.

Бандаж. Конструкция бандажа имеет традиционную форму и соответствует геометрическим параметрам чертежа. Внутренняя цилиндрическая посадочная поверхность выполнена в размер $O1220^{+0.2}$ мм согласно рекомендуемому [2] соотношению диаметров посадочной и рабочей поверхностей бандажа (t_{σ}/R_n) равному 0,24 (t_{σ} —толщина стенки бандажа; R_n – радиус наружной поверхности бандажа). Требуемая твердость рабочей поверхности бандажа составляет 60...70 HSD.

⁴ В рамках статьи упомянутые схемы Г, Д, Е не приведены

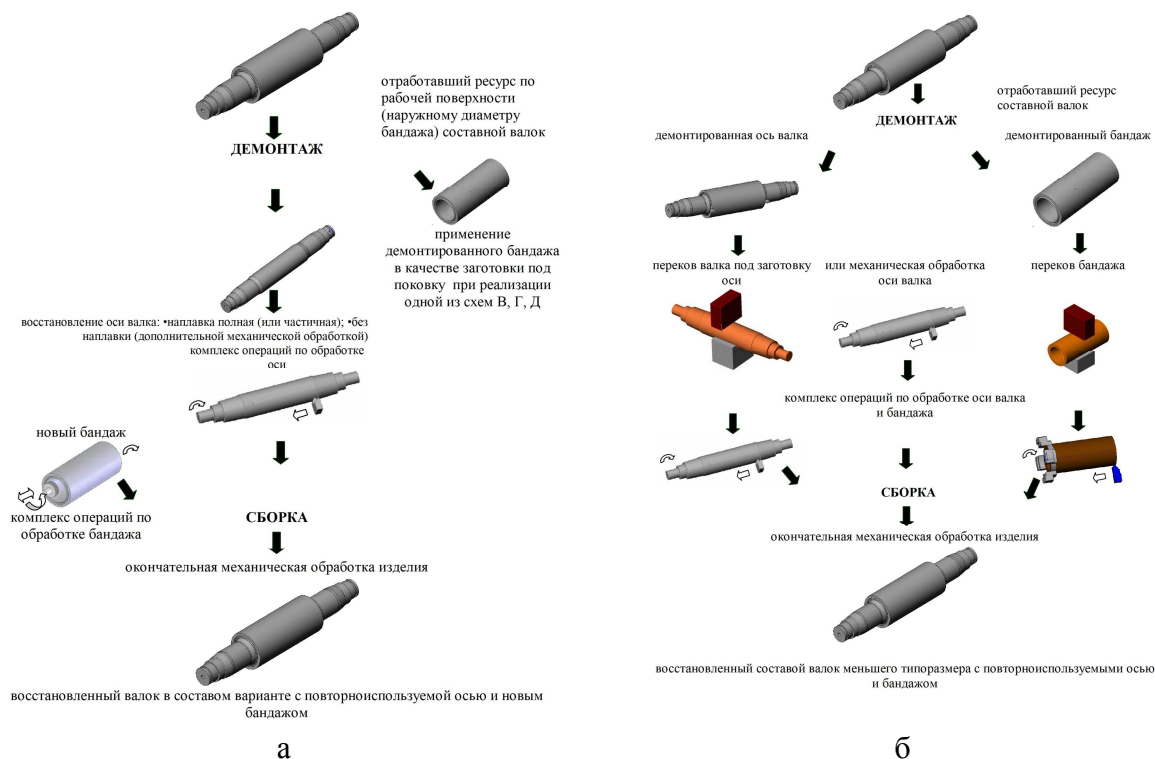


Рис. 4. Технологические схемы восстановления отработавшего ресурс по рабочей поверхности (наружному диаметру бандаж) прокатного валка в составном варианте по схеме Б (а) и повторного использования демонтированных оси и бандаж для составного прокатного валка меньшего типоразмера по схеме В (б)

Основные положения маршрутной технологии: 1) ковка бандаж⁵: •нагрев демонтированного бандаж; •ковка (установка вырезных бойков; захват манипулятором дорна; установка заготовки на дорн); •заковка на прессе заготовки по всей длине за один ход обжатиями (20 мм) к ковочным размерам в интервале температурковки 1000...830 °С; снятие с дорна; правка; маркировка; передача поковки в термическое отделение; 2) обработка бандаж начинается с проверки на соответствие техническим требованиям заготовки (поковки) и передача ее на механическую обработку; •разметка деталей под механическую обработку; •установка на призмах; •фрезерование торцов бандаж с переустановкой детали; •обработка наружного диаметра бандаж в размер $O\ 1614\text{ мм}$ и расточка отверстия в размер $O\ 1206\text{ мм}$; •обработка бочки бандаж в размер $O\ 1604^{+0,5}\text{ мм}$ и полирование поверхности бочки под УЗК; •механическая отрезка кольца от бандаж для испытаний; •обработка отверстия $O1220^{+0,2}\text{ мм}$ под шлифование; •шлифование отверстия в размер $O1220^{+0,2}\text{ мм}$; •передача бандаж на предварительную сборку изделия; 3) обработка моноблочного валка под ось восстанавливаемого валка: •расконсервирование детали; •выполняется комбинированный отпуск (печной подогрев, многократный ступенчатый электроподогрев и выравнивающее печное охлаждение) с целью снижения высокой твердости поверхности бочки моноблочного валка, используемого в качестве заготовки под ось валка, перед механической обработкой бочки; •очистка и промывка элементов валка; •обработка мест под люнет с переустановкой изделия; •исправление центровых отверстий детали; •обработка бочки валка в размер 1240 мм; •обработка бочки под

⁵ Производство бандаж из слитка выполняется по типовой технологии и в материалах статьи не излагается.

шлифование в размер $1220^{+0,5}$ мм; •исправление центровых отверстий; •шлифование посадочной поверхности оси вала, по заданному профилю; •ультразвуковой контроль бочки на наличие внутренних дефектов; •исправление центров оси; •консервирование элементов детали (шейки и бочки); •передача детали на предварительную сборку; 4) окончательная механическая обработка восстановленного составного вала: •полирование ряда элементов хвостовых частей вала в пределах допусков, а также скосов под бочкой и торцов бочки оси; •предварительное и окончательное шлифование бочки в размер 1600^{+2} мм; •шлифование конусных поверхностей в пределах допуска на биение; •обработка торцов бочки в размер 2030 мм; •исправление центров вала; •контроль размеров; •подготовка детали к отправке заказчику.

Рассмотрен вопрос восстановления изделий, в частности, прокатных валков с геометрическими параметрами L св. 1,0D до 5,0 D включительно. Целесообразно рассмотрение и изучение восстановления крупногабаритных и тяжеловесных изделий, входящих в диапазоны: с L до 1,0D включительно и с L - свыше 5,0D.

Выводы. С учетом разработанных схем и выполненной классификации крупногабаритных изделий, имеющих форму вращения, в частности, прокатных валков, составлен комплекс мероприятий по ремонту и восстановлению крупногабаритных и тяжеловесных изделий свыше 20т. Приведен ряд схем восстановления крупногабаритных прокатных валков в составном варианте из двух отработавших ресурс основных деталей прокатных валков (при изготовлении оси вала из моноблочного изделия, а бандажа - перековом демонтированной втулки большего типоразмера составного вала на требуемый типоразмер с последующей их обработкой, сборкой и выполнением ряда окончательных операций).

Список литературы: 1. Справочник единой номенклатуры промышленной продукции, изготавливаемой предприятиями Минтяжмаша /Утв. начальником ПЭУ Л.А. Бусяцкой - М.: 1984. - 176с. 2. Повышение надежности составных опорных валков/И.А. Бобух, А.И. Бобух, К.А. Григорьев и др./ Совершенствование процессов и оборудования обработки давлением в металлургии и машиностроении: Тематич. сб. научн. тр. - Краматорск: ДГМА, 2007. - С. 339-344. 3. Разработка технологии прокатки заготовок для кузнечно-прессового цеха из отработанных рабочих валков/О.Н. Щербаков, А.В. Бондаренко, А.В. Гасилин и др. /Производство проката №1-2002.- С. 29 - 31. 4. Патент РФ № 2147947 Способ подготовки к эксплуатации комплекта составного вала/А.Ю. Фиркович, П.П. Полецков, Р.С. Тахаутдинов и др. 5. Лагода А.Н. Система классификации и кодирования информации в ремонтных технологиях /Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Збірник наукових праць. - Харків: НТУ «ХПІ» 2006.- №33, С. 63 – 69. 6. Технические условия погрузки и крепления грузов/ Министерство путей сообщения. Изданы в соответствии с Уставом железных дорог Союза ССР (с изм. и доп. по состоянию на 1 января 1988г.).- М.- Транспорт.1988.-408 с. 7. Михайлов А.Н. Общий теоретический подход создания новых прогрессивных технологий//Прогрессивные технологии машиностроения и современность. Сборник трудов международной научно-технической конференции в г. Севастополе 9-12 сентября 1997 г. – Донецк: ДонГТУ, 1997.- С. 168-171. 8. Лебедь В.Т. К вопросу в ресурсосберегающих технологиях при производстве крупногабаритных составных изделий /Вестник НТУУ «Киевский политехнический институт». Машиностроение № 44. 2003 - С. 164-167.

Сдано в редакцию 23.05.08