

15. Дьяконов В. П. Справочник по алгоритмам и программам на языке Бейсик для персональных ЭВМ. – М.: Наука, 1987. – 240 с.
16. Калиткин Н. Н. Численные методы. – М.: Физматгиз, 1978. – 512 с.
17. Катков Ю. Л. Диалог на языке Бейсик для мини- и микро-ЭВМ. – М.: Наука, 1988. – 352 с.
18. Марчук Г. И. Методы вычислительной математики. – М.: Наука, 1977. – 456 с.
19. Самарский А. А., Гулин А. В. Численные методы. – М.: Наука, 1989 – 432 с.

**УДК621.75**

**В.Т. Лебедь, канд.техн.наук**

**АО «Новокраматорский машиностроительный завод», г.Новокраматорский, Украина**

### **ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СОСТАВНЫХ ПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ**

---

*Викладено результати розробки однієї з базових технологій відновлення деталей великогабаритних складених виробів, на прикладі моноблокового складеного вальцювального валка й складеного вальцювального валка більшого типорозміру, які відпрацювали ресурс. Розглянуто варіант відновлення «повторно використовувана деталь (моноблоковий валок, як заготівка під вісь для аналогічного валка в складеному варіанті) плюс вдруге використовувана деталь (демонтований бандаж більшого типорозміру валка) та схема зборки відновлених деталей складеного вальцювального валка.*

*Elaboration results of one of the basic process for restoration of large dimension compound items are presented by the example of worked-out monoblock roll and sleeved roll of bigger dimension-type. The following restoration variant is considered: reused component (monoblock roll as a spindle billet for equivalent roll in compound variant) plus secondary used component (dismantled sleeve of bigger dimension-type roll) and assemble diagram of restored components of sleeved roll.*

---

Профильная номенклатура заводов тяжелого машиностроения [1], таких как НКМЗ, УЗТМ, Ижорские заводы, в своей основе базируется на изготовлении горнорудного, металлургического, прокатного, кузнечно-прессового и подъемно–транспортного оборудования.

Определяющим объемом производства, составляющим до 30% общей массы указанного оборудования являются крупногабаритные детали, которые в большинстве своем изготавливают в составном варианте.

Согласно классификации [2] рассматриваемые составные детали с диапазоном диаметров 500 ... 3150 мм относятся к третьей группе (группа больших диаметров).

После отработки номинального ресурса по рабочей поверхности рассматриваемые детали, относящиеся по своей форме к телам качения, (например, прокатные валки) имеют объемный износ активного рабочего слоя, в частности, с учетом его перешлифования, до 0,5 – 0,7% от общей массы этого изделия.

Исходя из анализа статистических данных, остаточный ресурс крупногабаритных деталей, вышедших из эксплуатации вследствие износа рабочих поверхностей, позволяет изучить проблему восстановления (или повторного использования) путем их вторичного применения в составном варианте.

Это позволяет решить указанную задачу для крупногабаритных изделий в составном исполнении при различных комбинациях используемых деталей: с повторным их применением, так и вновь изготовленными изделиями. При этом изучается вопрос обеспечения работоспособности рассматриваемых изделий до базового ресурса.

В ряде работ [3, 4, 5] известно вторичное использование прокатных валков по различным направлениям, однако, вопрос восстановления крупногабаритных составных валков, начиная, от их демонтажа и до повторного использования элементов этих валков в полном объеме рассматривался недостаточно полно. Типовая конструкция составного крупногабаритного прокатного валка приведена на рис. 1.

Обзор источников технической информации [6] показывает, что при анализе рынка сырья и возможностей потенциальных заказчиков имеется большой потенциал снижения затрат в процессе производства составных крупногабаритных прокатных валков. Это позволяет изыскивать новые направления при разработке ресурсосберегающих технологий по рассматриваемой группе изделий.

Поэтому актуальной задачей является поиск новых направлений в ресурсосберегающих технологиях по совершенствованию процесса восстановления крупногабаритных составных изделий, например, как составных прокатных валков, так и моноблочных валков, отработавших ресурс по рабочей поверхности. При этом рассматриваемые изделия сохраняют большинство своих геометрических размеров, имеют высокое качество металла и незначительные формоизменения по рабочей поверхности бандажа (или бочки) валка.

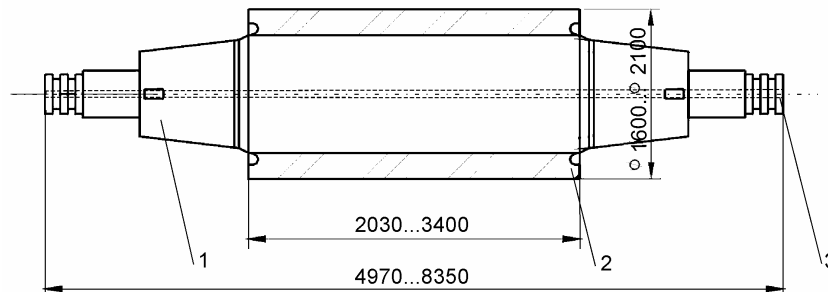


Рис. 1. Базовая конструктивная схема составного крупногабаритного прокатного валка: 1 - ось валка; 2 – бандаж (втулка); 3 – пробка оси

Для оценки величины трудоемкости изготовления деталей составного прокатного валка при подготовке их к сборке и общей обработке изделия были проанализированы поэлементные затраты при производстве этих деталей во вновь изготавливаемом варианте.

Изучению подлежали пять типоразмеров составных прокатных валков близких по конструктивному исполнению (рис.1) в диапазоне масс от 20 до 116 тонн (20, 32, 75, 89, 116 т). На рис. 2 приведено изменение относительной трудоемкости изготовления элементов составных прокатных валков в рассматриваемом диапазоне.

При этом доля трудоемкости основных вновь изготовленных деталей в общем объеме производства указанной группы изделий составляет для: •бандажа 37-54%; •оси валка 17-34%; •окончательной механической обработки составного изделия 17-34 %.

Анализ показывает, что относительная трудоемкость при изготовлении новых деталей составного валка и возрастании общей массы изделия изменяется следующим образом: при производстве оси валка - возрастает на 14%; бандажа - уменьшается на 12%; а при окончательной финишной механической обработке составного изделия снижается на 3%.

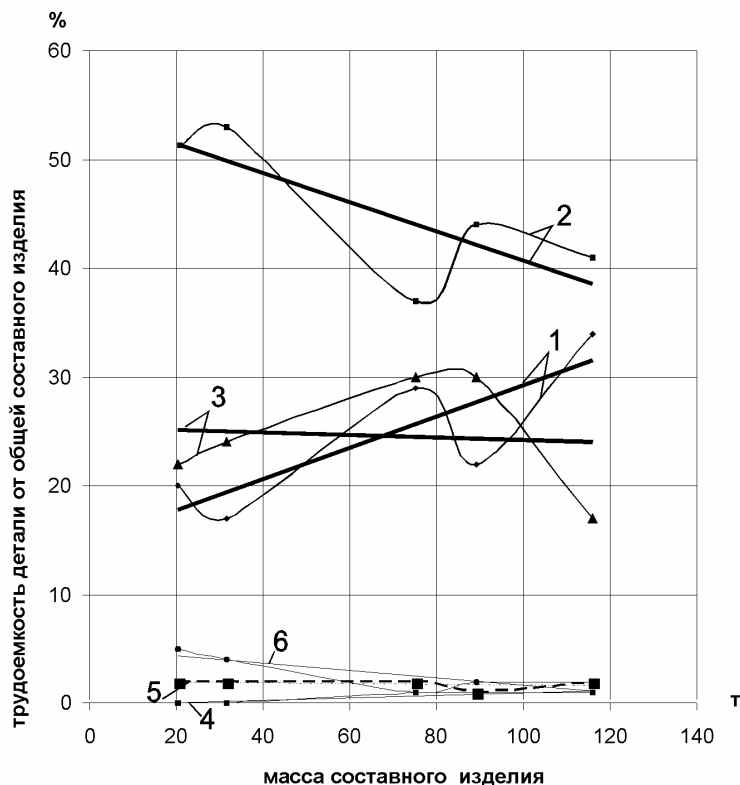


Рис. 2. Характер изменения трудоемкости (относительно общей трудоемкости изготовления нового составного изделия) 1 – оси валка; 2 - бандажа; 3 - финишной обработки валка; 4 – пробки оси валка; 5 - ручной сборки; 6 – сборки (монтажа) оси валка с бандажом.

Из вышеизложенного следует, что целесообразно повторно использовать ось валка, ресурс которой относительно бандажа согласно[6] оценивается как (1,8 - 2,15): 1, а бандаж с учетом изношенного и перешлифованного активного рабочего слоя целесообразно перековывать на меньший типоразмер.

Установлены зависимости (1) изменения трудоемкости изготовления ( $Y_1$  – оси валка;  $Y_2$  – бандажа валка;  $Y_3$  – финишной механической обработки изделия;  $Y_4$  – пробки оси;  $Y_5$  – слесарных работ;  $Y_6$  – сборочных работ) для исследуемого типа деталей при изменении их массы (или типоразмера), которые позволяют установить выбор технологии восстановления изделия.

Задача исследования сводилась к разработке и созданию комплекса технологических операций (рис. 3) по восстановлению в составном варианте отработавшего ресурса моноблочного импортного валка, изготовленного по технологии многослойного литья. Элементами восстанавливаемого составного валка являлись ось и бандаж.

$$\begin{aligned}
Y_1 &= -0,1323x + 53,981; R_1^2 = 0,6183; \\
Y_2 &= -0,0106x + 25,302; R_2^2 = 0,0058; \\
Y_3 &= -0,1443x + 14,82; R_3^2 = 0,6888; \\
Y_4 &= -0,0339x + 5,0506; R_4^2 = 0,68; \\
Y_5 &= -0,0127x - 0,2406; R_5^2 = 0,8537; \\
Y_6 &= -0,0035x + 2,0352; R_6^2 = 0,1002;
\end{aligned}
\tag{1}$$

где  $x$  – общая масса составного изделия, т;

$R_n^2$  – величина достоверности аппроксимации уравнений (1–6).

Восстановление указанных деталей осуществлялось по следующей схеме:  
•изготовление оси валка механической обработкой отработавшего ресурс моноблочного валка под составной вариант аналогичного типоразмера восстанавливаемого изделия; •механическая обработка бандажа, полученного перековом демонтированного бандажа большего типоразмера под сборку с вышеуказанной осью валка; •термоструктурная сборка составного изделия; •финишная обработка восстановленного составного прокатного валка.

Геометрические параметры восстанавливаемого валка в составном варианте соответствуют размерам типовой конструкции аналогичного опорного моноблочного валка клетки прокатного стана.

Ось. Базовый диаметр посадочной поверхности оси валка принят 1220 мм. Выбор величины диаметра произведен учетом оптимальной несущей способности бандажа и оси валка и в соответствии с конструктивной формой типового валка. При этом максимальный диаметр сопрягаемой поверхности 1219,60 мм, минимальный – 1217,78 мм. Профиль посадочной поверхности оси валка имеет в осевом сечении вогнутую (седловидную) форму.

Бандаж. Конструкция бандажа – традиционная и соответствует бандажу типового составного валка. Форма внутренней посадочной поверхности - цилиндрическая и выполнена в размер  $\varnothing 1220^{+0.2}$ мм, исходя из рекомендуемого соотношения диаметров посадочной и рабочей поверхностей бандажа [6]:  $t_\sigma / R_n$  равно 0,24, где  $t_\sigma$  – толщина стенки бандажа;  $R_n$  – радиус наружной поверхности бандажа. Твердость рабочей поверхности бандажа 60...70 HSD.

**На рис. 3 приведена одна из технологических схем, разработанная для восстановления составного валка меньшего типоразмера.**

Результаты изучения состояния ряда прокатных валков в процессе эксплуатации позволили при восстановлении валков использовать в качестве заготовки под ось валка аналогичного типоразмера моноблочные (цельнокованные или литые) валки. В большинстве случаев это позволяет исключить из цикла восстановления использование новых осей валков и существенно снизить затраты по материалоемкости.

**В процессе выполнения работ был отработан цикл технологических операций по вторичному использованию двух элементов составных валков при следующих видах переработки деталей: •бандаж путем перекова демонтированного изделия**

**большого типоразмера составного валка, ось валка – механической обработкой аналогичной конструкции моноблочного валка. Далее, после выполнения предварительной и основной (термоструктурной) сборки, проводился ряд финишных технологических операций на восстанавливаемом изделии.**

Достигнутые результаты при восстановлении ряда типоразмеров опытно-промышленных валков позволили уточнить и скорректировать схемы поэлементного восстановления оси валка и бандаж из деталей демонтированных составных валков.

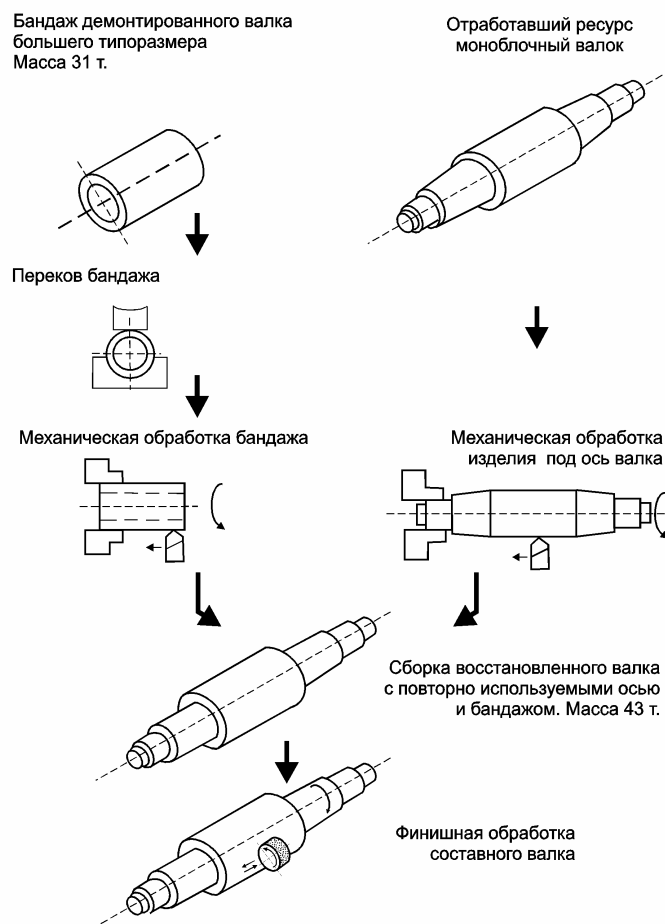


Рис. 3. Технологическая схема восстановления в составном варианте прокатных валков путем повторного использования перекованного бандаж и оси валка, изготовленной из моноблочного валка, отработавшего ресурс

Проводимому комплексу операций по восстановлению указанных деталей валка предшествовал контроль и оценка уровня усталостных напряжений. По результатам обследований и заключению о статистических наработках составного валка (согласно паспортным данным изделия), устанавливался оптимальный вариант восстановления составного изделия, например, в следующей комбинации: повторноприменяемый бандаж и вторичноиспользуемая ось валка, изготовленная из моноблочного валка.

Основными операциями технологического процесса восстановления составных прокатных валков являлись: •демонтаж составных изделий, отработавших ресурс или вышедших вследствие нерегламентируемой ситуации; •использование осей валков и

бандажей (элементов составного валка) в качестве заготовок при дальнейшем перекове их на меньший типоразмер; • изготовление деталей составных валков путем проведения комплекса термических, механических, вспомогательных операций при их обработке, монтаже и финишной (чистовой) механической обработке восстановленных изделий [5]. При реализации, в частности, одной из основных операций (повторный переков бандажа) [7] рекомендуется процесс двойного горячего деформирования с предварительной осадкой и последующим заковом заготовки–детали. Применение указанного способа при перекове демонтированного бандажа (а в ряде случаев и оси валка) позволило увеличить степень укова (по сравнению с ковкой из слитка) вдвое и тем самым, значительно улучшить качество металла, обеспечив мелкозернистую структуру и равномерную величину зерен. Процесс повторного перекова заготовок – (деталей), благодаря качественному поверхностному слою, осуществлялся без образования на их поверхностях трещин. Следует отметить, что повторное использование указанных элементов составных валков снижает уровень затрат при производстве прокатных валков на 30 – 35 %. Указанные показатели установлены для каждой основной операции процесса из всего проведенного перечня работ по восстановлению вышеуказанных изделий.

Из двух рассмотренных способов восстановления бандажей (первый - наплавление рабочей поверхности бандажа – из-за высокого уровня напряжений в теле бандажа был исключен из рассмотрения, второй - переков изделия на меньший типоразмер) в условиях машиностроительного предприятия был реализован второй вариант.

Переков демонтированного бандажа прокатного валка массой 89 тонн в условиях кузнечно-прессового производства позволило получить заготовку (поковку) бандажа составного прокатного валка по следующей технологии: •нагрев демонтированного бандажа; •ковка (установка вырезных бойков; захват манипулятором дорна; установка заготовки на дорн; • заковка на прессе заготовки по всей длине за один ход обжатиями (20 мм) до ковочных размеров (рис. 4, 5) в интервале температурковки 1000...830 °С; • снятие с дорна; •правка; •маркировка; •передача поковки в термическое отделение.

Основные положения маршрутной технологии обработки бандажа заключались в следующем: •проверка на соответствие техническим требованиям заготовки (поковки) и передача ее на механическую обработку; • разметка деталей под механическую обработку; •установка на призмах, •фрезерование торцов бандажа с переустановкой детали; •обработка наружного диаметра бандажа в размер  $\varnothing 1614$  и расточка отверстия в размер  $\varnothing 1206$ ; •обработка бочки бандажа в размер  $\varnothing 1604^{+0,5}$  и полирование поверхности бочки под УЗК; •механическая отрезка кольца от бандажа для исследований; •обработка отверстия  $\varnothing 1220^{+0,2}$  под шлифование; •шлифование отверстия  $\varnothing 1220^{+0,2}$ ; •передача бандажа на предварительную сборку изделия.

Значения механических характеристик образцов стали марки 90ХФ из различных уровней по сечению перекованного бандажа и закаленных в масле с различных температур аустенизации.

Таблица 1

Номер образца	Место (уровень) отбора образца, мм	Температура заковки образца, °С	Значения характеристик				
			$\sigma_b$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, кДж/м <sup>2</sup>
1	Ø1600	920-900	1780-1630	-	-	-	98,0
2	Ø1500	870-850	1550-1325	985	-	-	98,0-196,0
1	-	850-830	1176-1168	933-857	11,0-9,0	17,0-15,0	-
3	Ø1400	820-800	1015-905	-	-	-	400
4	Ø1300	770-750	930-905	400-405	10,7	15,2	550
5	Ø1220	720-700	900-920	398-380	12,8	17,4	750

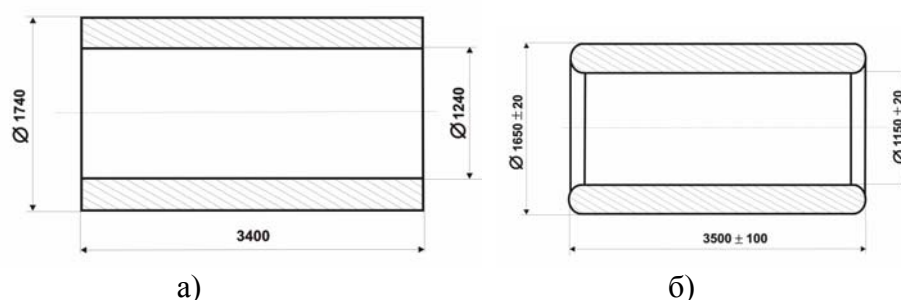


Рис. 4. Схемы исходной заготовки под переков демонтированного бандажа (а) массой 31 т. и поковки бандажа (б) восстанавливаемого составного валка

Учитывая высокую твердость бочки моноблочного валка, используемого под ось валка восстанавливаемого изделия, перед механической обработкой поверхности посадочного диаметра бочки оси, была разработана и реализована программа<sup>2</sup>, обеспечивающая реализацию технологии отпуска бочки отработанного валка и анализ химического состава стружки из валка. Отбор проб выполнялся по глубине бочки моноблочного валка, используемого под заготовку для оси валка.

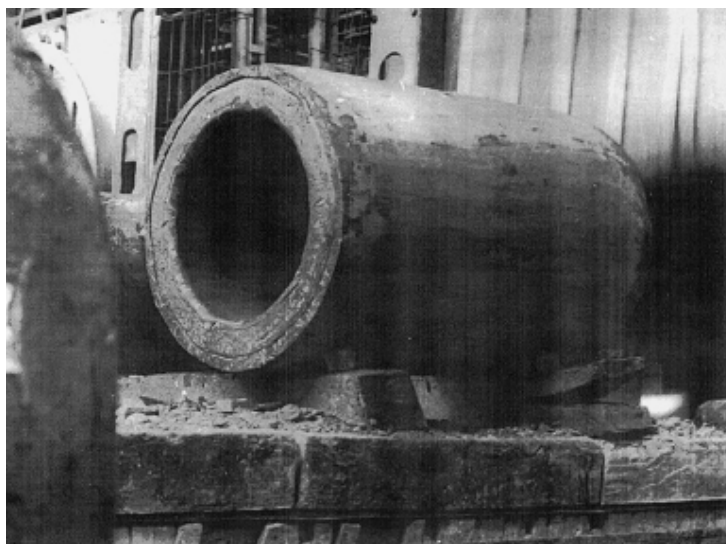


Рис. 5. Заготовка (поковка) под восстанавливаемый составной валок массой 43 тонны

<sup>1</sup> Показатели механических характеристик образцов стали 90 ХФ, вырезанных из нового бандажа, по данным ЦЗЛ АО «НКМЗ»

<sup>2</sup> Разработана н.с. Киселевой Л.И. (НИИПТМАШ)

Снижение твердости бочки вала, подлежащей механической обработке под ось вала, обеспечивалась при температуре печного отпуска не ниже 600°C, что значительно выше температуры рекристаллизации (450...500 °C).

Для обеспечения сохранения высокоточной геометрии ряда элементов восстанавливаемого вала и исключения появления на них окисной пленки был использован индукционный нагрев. Поэтому при отпуске бочки вала была реализована технология комбинированного отпуска, включающая печной подогрев, многократный ступенчатый электроподогрев и выравнивающее печное охлаждение (рис. 6). Поскольку одного электроотпуска оказалось недостаточно, выполнялся повторный электроотпуск.

Для обеспечения сохранения высокоточной геометрии ряда элементов восстанавливаемого вала и исключения появления на них окисной пленки был использован индукционный нагрев. Поэтому при отпуске бочки вала была реализована технология комбинированного отпуска, включающая печной подогрев, многократный ступенчатый электроподогрев и выравнивающее печное охлаждение (рис. 6). Поскольку одного электроотпуска оказалось недостаточно, выполнялся повторный электроотпуск.

Окончательное охлаждение вала с температуры 600°C выполнялось в печи прогретой до температуры 350...370°C, с последующей выдержкой при этой температуре в течение 10 часов и дальнейшим охлаждением в печи со скоростью 20 град/ч до 100°C, далее - на воздухе до полного охлаждения [8].



Рис. 6. Режим комбинированного отпуска отработавшего ресурс моноблочного прокатного вала для дальнейшего вторичного использования

Основные положения маршрутной технологии обработки моноблочного вала, прошедшего термический отпуск бочки, под ось восстанавливаемого вала, сводились к следующему: •расконсервирование детали; •очистка и промывка элементов вала; •зачистка мест под люнет с переустановкой изделия; •исправление центров детали; •обработка бочки вала до Ø 1240 мм; •обработка бочки вала под шлифование в размер 1220<sup>+0,5</sup>мм; •исправление центровых отверстий; •шлифование посадочной поверхности оси вала, по заданному профилю; •ультразвуковой контроль бочки вала на наличие внутренних дефектов; •исправление центров оси вала; •консервирование элементов детали: шейки и бочки; •передача детали на предварительную сборку (рис.7).



Установлено, что соотношение свойств, получаемых на отечественных осях после изотермического отжига и улучшения, к свойствам центральной части отработавшего ресурс валка Ø 1600x2030 мм прокатного стана 2030 НЛМК, используемого после механической обработки под ось восстанавливаемого составного валка, показывает, что по прочностным свойствам и пластичности центральная часть этой оси пригодна к повторному использованию, а по ударной вязкости существенно превосходит отечественные.

Сопряжение деталей составного валка (обеспечение гарантированного натяга) выполнялось при одновременной закалке бандажа термоструктурным способом. На рис. 8 показана установка ТПЧ 1600 в процессе реализации технологии закалки восстанавливаемого составного валка.

Режим нагрева [8] был выбран из условия, что закалочному нагреву (920 °С) предшествует шесть последовательных электроподогревов (рис.9).

Длительность спрейерного охлаждения составляла 60 мин. После завершения охлаждения, был выполнен печной отпуск при температуре 350-380 °С в вертикальной печи. Термическая обработка, проведенная по данному режиму, обеспечила твердость бандажа составного валка на уровне 85-88 HSD (что соответствует уровню твердости рабочих валков). Повторным отпуском в вертикальной печи твердость рабочей поверхности бандажа валка была снижена уровня согласно техническим условиям и составила для экспериментального валка 74-75 HSD.

Величина натяга сопрягаемых поверхностей оси и бандажа оценивалась косвенно, через деформацию бандажа.

Таблица 2

Порядковый номер замера	Наружный диаметр бандажа, мм		Величина уменьшения диаметра, мм
	до закалки	после закалки и отпуска	
1	2	3	4
1	1602,00	1601,53	0,47
2	1602,06	1601,42	0,64
3	1602,15	1601,33	0,82
4	1602,65	1601,40	1,25
5	1602,00	1601,85	1,25
6	1603,10	1602,07	1,03
7	1603,10	1602,22	0,83
8	1603,05	1602,45	0,65
9	1603,10	1602,70	0,40
10	1603,15	1602,92	0,23
11	1603,25	1602,60	0,65

Фактическая величина деформации закаленного бандажа установлена путем измерения величины диаметра по образующей наружной поверхности изделия через каждые 200 мм и приведена в табл. 2. При этом установлено, что длина бандажа до выполнения закалки составляла 2052 мм, после завершения термической операции - 2053 мм. Удлинение бандажа составило 1 мм.

Полученные результаты при сборке экспериментального валка указывают перспективность реализованного способа: уровень твердости рабочей поверхности восстановленного валка был доведен до 85 единиц.

Величины геометрических параметров наружного диаметра бандажа после закалки валка на установке ТПЧ-1600 и печного отпуска при температуре 380-400°С

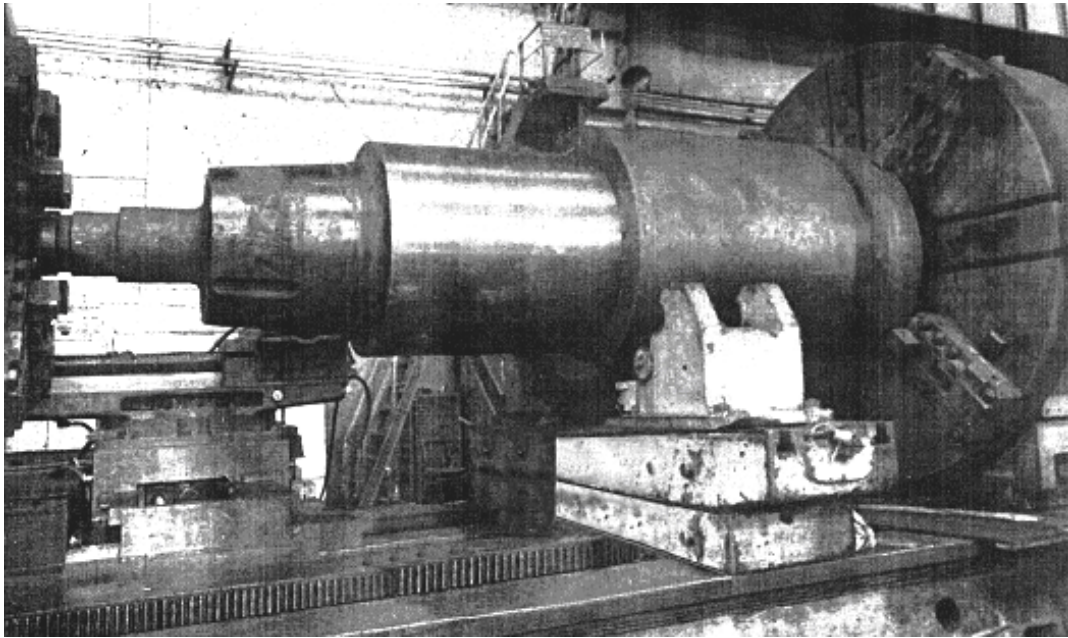


Рис. 7. Операция предварительной сборки оси валка и бандажа восстанавливаемого составного валка перед термоструктурной сборкой (вспомогательная оснастка для фиксации бандажа на рисунке не показана)

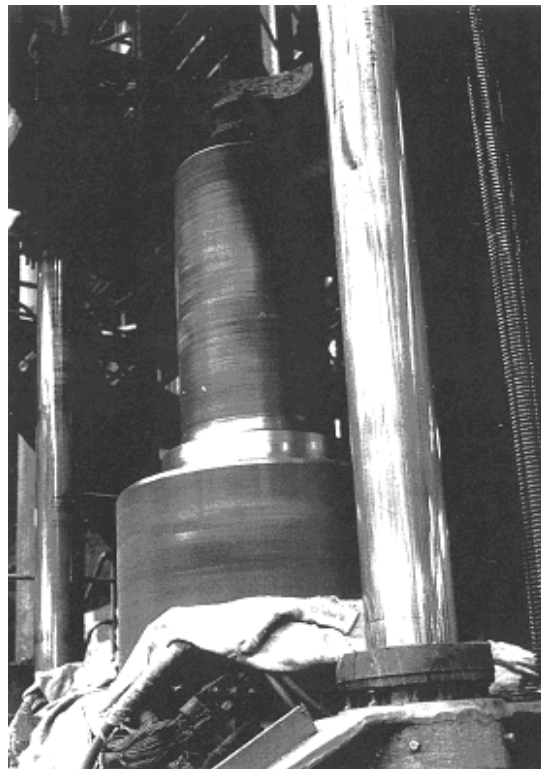


Рис. 8. Установка индукционного нагрева в процессе термоструктурной сборки и закалке бандажа восстанавливаемого составного валка

Основные положения маршрутной технологии финишной механической обработки восстановленного составного вала: • полирование ряда элементов хвостовых частей вала в пределах допусков, а также скосов под бочкой и торцев бочки оси; • предварительное и окончательное шлифование бочки  $\text{Ø}1600^{+2}$ ; • шлифование конусных поверхностей до вывода биения; • обработка торцев бочки в размер 2030 мм; • исправление центров вала; • контроль размеров; • подготовка детали к отправке заказчику.

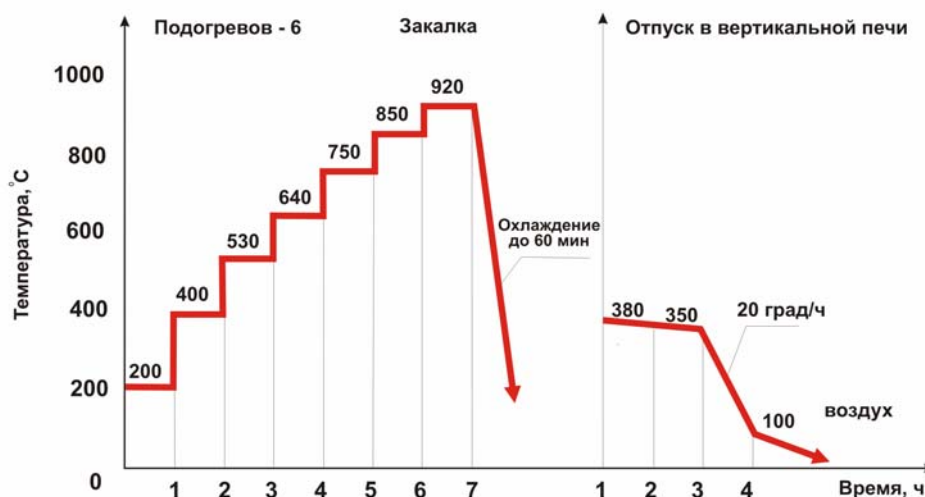


Рис. 9. Режим комбинированного отпуска отработанного опорного вала под вторичное пользование

Ультразвуковое исследование бандажа вала было проведено на краях бандажа на четырех участках. На основании полного отсутствия отражателей в исследуемой зоне и по низкому коэффициенту затухания ультразвука, отмечено высокое качество металла при контроле его на наличие внутренних дефектов.

Вышеизложенные разработки реализованы на АО «НКМЗ» при восстановлении изготавливаемых крупногабаритных составных прокатных валков массой 43 тонны (рис. 10). Дополнительно было изучено использование элементов (оси вала и бандажа) отработавших ресурс составных валков в качестве заготовок для других групп деталей, таких, например, как обоймы зубчатых муфт, валы, ролики и т. д.

#### Выводы

1. Реализована одна из схем восстановления моноблочного прокатного вала в составном варианте из двух отработавших ресурс деталей прокатных валков путем изготовления оси вала из указанного моноблочного изделия, а бандажа – перековом демонтированной втулки большего типоразмера составного вала на требуемый типоразмер с последующей обработкой, сборкой и выполнением ряда финишных операций.

2. В промышленных условиях реализована технология термоструктурной сборки крупногабаритного составного прокатного вала с использованием профилировки посадочной поверхности в продольной плоскости оси вала по вогнутому (седловидному) профилю.

3. Одним из перспективных направлений по усовершенствованию технологии восстановления крупногабаритных прокатных валков в составном варианте является

изучение вопроса применения вибростабилизирующей обработки деталей [9]. При реализации вышеуказанной технологии прогнозируется снижение технологических напряжений в изготавливаемых деталях, начиная со стадии получения заготовки и до завершения финишной обработки изделия.

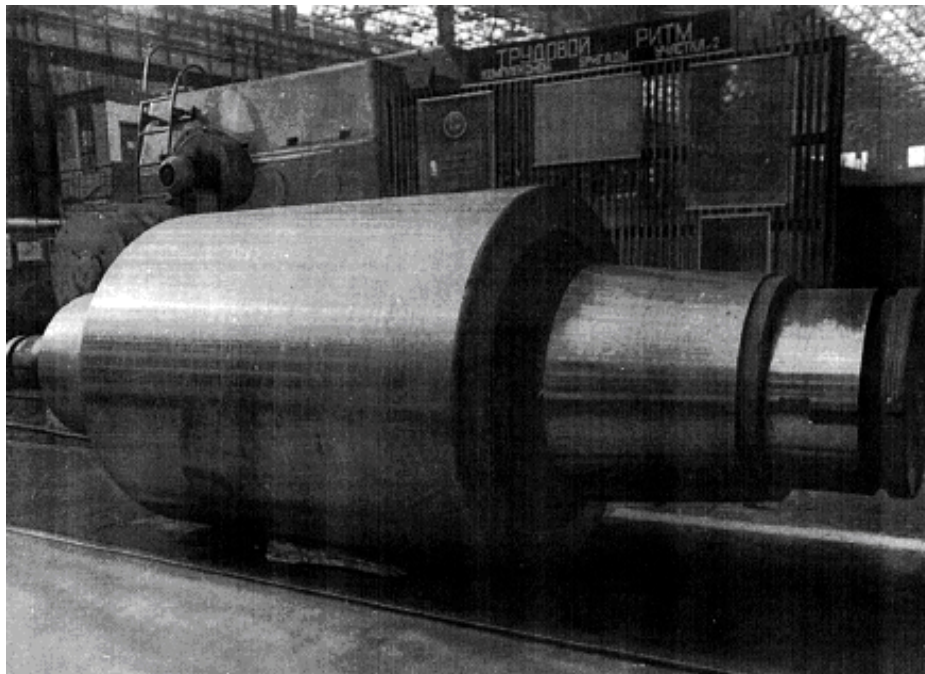


Рис. 10 Восстановленный составной прокатный валок массой 43 т.

#### Список литературы

1. Справочник единой номенклатуры промышленной продукции, изготавливаемой предприятиями Минтяжмаша /Утв. начальником ПЭУ Л.А. Бусяцкой- М.: 1984.- 176с. 2. Зенкин А.С., Арпентьев Б.М. Сборка неподвижных соединений термическими методами. - М.: Машиностроение, 1987.- 128с. ил.
2. 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.
3. Патент РФ № 2147947 Способ подготовки к эксплуатации комплекта составного валка/А.Ю. Фиркович, П.П. Полецков, Р.С. Тахаутдинов и др.
4. Лебедь В.Т. К вопросу о ресурсосберегающих технологиях при производстве крупногабаритных составных изделий /Вестник НТУУ «Киевский политехнический институт». Машиностроение № 44. 2003 – С. 164-167
5. 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.
6. Отчет о выполненной работе «Разработка конструкции, технологии и внедрение разработок на партии отработанных опорных валков стана 2030» Тема Н.88.2.017 № Гос. регистрации 01910006351 - 1991.- 83 с.
7. А.с. СССР № 1658474 В21 В28/02, 1989 «Способ эксплуатации бандажированных прокатных валков» И.А. Бобух, В.Т. Лебедь, В.И. Пономарев, М.В. Геденон, В.Д. Плахтин, В.В. Кубай.
8. Дрыга А.И. Вибростабилизирующая обработка сварных и литых деталей в машиностроении. Теория, исследования, технология. - Краматорск: ДГМА, 2004.-168 с.