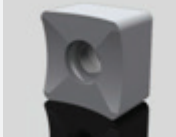
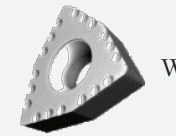



Окончание табл. 7

Тип	Марка сплава	V, м/мин	Применение
 SNEX	VH59	140–180	Сверление и фрезерование стали и стального литья (железнодорожных рельс)
 WCMX	VH65	90–230	
 RDHX	VHS10	10–20	Фрезерование титановых сплавов при нестабильных условиях резания (S10–S20)

Использованы материалы: <http://www.viral.ru>

ТОКАРНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ ПЛАСТИНЫ ISCAR

© Твинг-М

ISCAR представляет новый керамический сплав IS6 с основой SiAlON, который призван обеспечить растущий спрос на керамические пластины для высокоскоростного точения чугуна.

Сплав IS6 разработан в целях повышения производительности при точении чугуна, в качестве дополнения к уже существующим сплавам IS8 и IS80. Материал SiAlON имеет высокую твердость и термостойкость, умеренно устойчив к растрескиванию.

Эти характеристики достигнуты с помощью технологии производства, которая сочетает тщательный контроль композиции сплава и специальный процесс спекания, обеспечивающий работу сплава IS6 на повышенной скорости резания в сравнении с керамическими сплавами на SiN-основе.

Характеристики.

- ➔ Высокая скорость резания, черновая и чистовая обработка чугуна.
- ➔ Обработка на повышенной скорости в сравнении с керамическими сплавами на SiN-основе.
- ➔ Может применяться для обработки с СОЖ и для сухой обработки.
- ➔ Подходит для точения автомобильных деталей, таких как тормозные барабаны и диски, и т. п.
- ➔ Высокая производительность при черновом точении стальных валков из стали с высоким содержанием хрома, быстрорежущей стали и адамита.

Использованы материалы:
<http://metal.nestorexpo.com>

ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ

УДК 621.002.5.52

ОСНОВЫ ТЕОРИИ СОЗДАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ТЯЖЕЛОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Лебедь Владимир Тимофеевич, кандидат технических наук, доцент

Кафедра «Автоматизация производственных процессов», Донбасская государственная машиностроительная академия, ул. Шкадинова, 72, г. Краматорск, Донецкой обл., Украина, 84113
Контактный тел.: (06264) 41-69-84. E-mail: app@dgma.donetsk.ua

Теоретические основы исследования «жизненного» цикла крупногабаритных составных изделий (на примере прокатных валков), позволили выдвинуть научно обоснованные положения ресурсосбережения в тяжелом машиностроении.

Благодаря анализу исследований процессов, включающих демонтаж термовоздействию, формоизменение повторно используемых деталей, их последующую сборку, обоснованы принципы создания технологических систем восстановления крупногабаритных изделий, позволяющие продлевать срок их эксплуатации.

Ключевые слова: крупногабаритные составные изделия, «жизненный» цикл, технологические системы восстановления, демонтированные детали.

Теоретичні основи дослідження «життєвого» циклу великогабаритних складених виробів (на прикладі вальцювальних валків), дозволили висунути науково обґрунтовані положення ресурсозбереження у важкому машинобудуванні.

Завдяки аналізу досліджень процесів, що включають демонтаж термодією, формозміну повторно використаних деталей, їх складання, обґрунтовані принципи створення технологічних систем відновлення великогабаритних виробів, що дозволяють подовжувати строк їх експлуатації.

Ключові слова: великогабаритні складені вироби, «життєвий» цикл, технологічні системи відновлення, демонтовані деталі.

1. Введение

Рассмотрена актуальная научно-прикладная проблема современного машиностроения, заключающаяся в разработке ресурсосберегающего направления в тяжелом машиностроении, которое базируется на восстановлении крупногабаритных изделий.

Известно [1, 2], что, несмотря на длительный срок эксплуатации крупногабаритных изделий, после отработки ими ресурса по рабочей поверхности у таких изделий, подлежащих списанию, сохраняется значительный остаточный ресурс по циклам нагружения и усталостным напряжениям при высоких показателях по общим геометрическим размерам и параметрам.

Это позволяет рассматривать вопрос о целесообразности их восстановления и продлении «жизненного» цикла изделий при значительно более низких затратах по трудоемкости и материалоемкости, чем у вновь изготавливаемых.

При этом реализация очевидных преимуществ, достигаемых в процессе их восстановления, сдерживается отсутствием технологических систем восстановления и ряда технических решений, которые позволяют обеспечить повторное использование восстановленного изделия с ресурсом эксплуатации, приближающимся к уровню вновь изготавливаемым аналогичным изделиям.

2. Постановка проблемы

Повышение конкурентоспособности продукции за счет улучшения ее качества при снижении себестоимости является одной из основных задач машиностроительного комплекса Украины. При этом ставятся задачи создания как принципиально новых технологий наряду с развитием и совершенствованием современных, к которым следует отнести и ресурсосберегающие технологии в тяжелом машиностроении.

Одним из решений этих задач является восстановление крупногабаритных изделий, которое позволяет продлить их «жизненный» цикл эксплуатации.

3. Литературный обзор

Учитывая современные условия, когда стоимость энергоносителей имеет тенденцию к постоянному росту, применение энергосберегающих технологий становится актуальным вопросом. Обзор источников технической информации показывает, что при анализе рынка сырья и возможностей потенциальных заказчиков на исследуемый вид продукции имеется большой потенциал снижения затрат в процессе производства крупногабаритных составных прокатных валков [1, 2]. Это позволяет изыскивать новые направления при разработке ресурсосберегающих технологий по рассматриваемым изделиям.

Поиск новых решений при разработке ресурсосберегающего направления в тяжелом машиностроении по созданию технологических систем восстановления отработавших ресурс крупногабаритных изделий в составном или моноблочном исполнении является актуальной задачей. Рассмотрение решения поставленной задачи строится на условии, что крупногабаритные изделия (рис. 1) в преобладающем большинстве характеризуются удовлетворительным состоянием своих основных параметров, имеют высокое качество металла и незначительные формоизменения по их основным поверхностям.

Целесообразность выбора ресурсосбережения путем восстановления крупногабаритных изделий в тяжелом машиностроении оценивается соотношением трудозатрат при производстве вновь изготавливаемых изделий, относящихся по форме к телам вращения, и послеоперационных затрат в процессе проведения их восстановления.

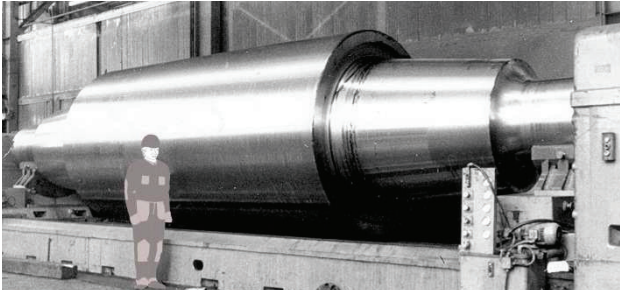


Рис. 1. Составной опорный валок прокатного стана 5000

Известно, что в большинстве случаев, в частности, у машин напряженного класса, физический износ наступает задолго до технического устаревания [3]. Отмечается, что физический ресурс машин при интенсивной эксплуатации исчерпывается за 5...6 лет, тогда как по технико-экономическим показателям машины могли бы полноценно функционировать в течение более длительного периода времени [3].

Поэтому оценка экономического эффекта восстановления изделий зависит от обширного комплекса технологических, организационно-производственных и эксплуатационных факторов, которые устанавливаются последовательно по основным операциям, реализуемым при восстановлении крупногабаритных изделий [3, 4].

Установлено, что экономически обоснованными процессами являются различные виды ремонта

валков, включающие восстановление шеек, удаление дефектов с поверхности бочки валка путем ее переточки и последующей перезакалки или полного изменения размеров изделия (переход на меньший типоразмер изделия) [5].

4. Теоретические предпосылки к расчету «жизненного» цикла крупногабаритных составных изделий

Рассмотрение процессов изготовления крупногабаритных изделий, относящихся к телам вращения, их эксплуатации, а также их последующего восстановления позволило разработать модель «жизненного» цикла крупногабаритных составных изделий (рис. 2).

Математическое описание системы «жизненного» цикла технологических систем, связанных с процессами восстановления крупногабаритных составных изделий (через характеристический показатель качества новой технологии [6–8]), в обобщенном виде представлено как:

$$C(t) = \sum_{i=1}^{Z=4} \sum_{j=1}^{V=7} C_{ij}(t) = K(t) \rightarrow opt(t); \quad (1)$$

$$\xi(t, x) = \xi(t, x, \omega); \quad (2)$$

$$C(t) = \sum_{i=1}^{Z=4} \sum_{j=1}^{V=7} C_{ij}(t) = K(t) \rightarrow min(t); \quad (3)$$

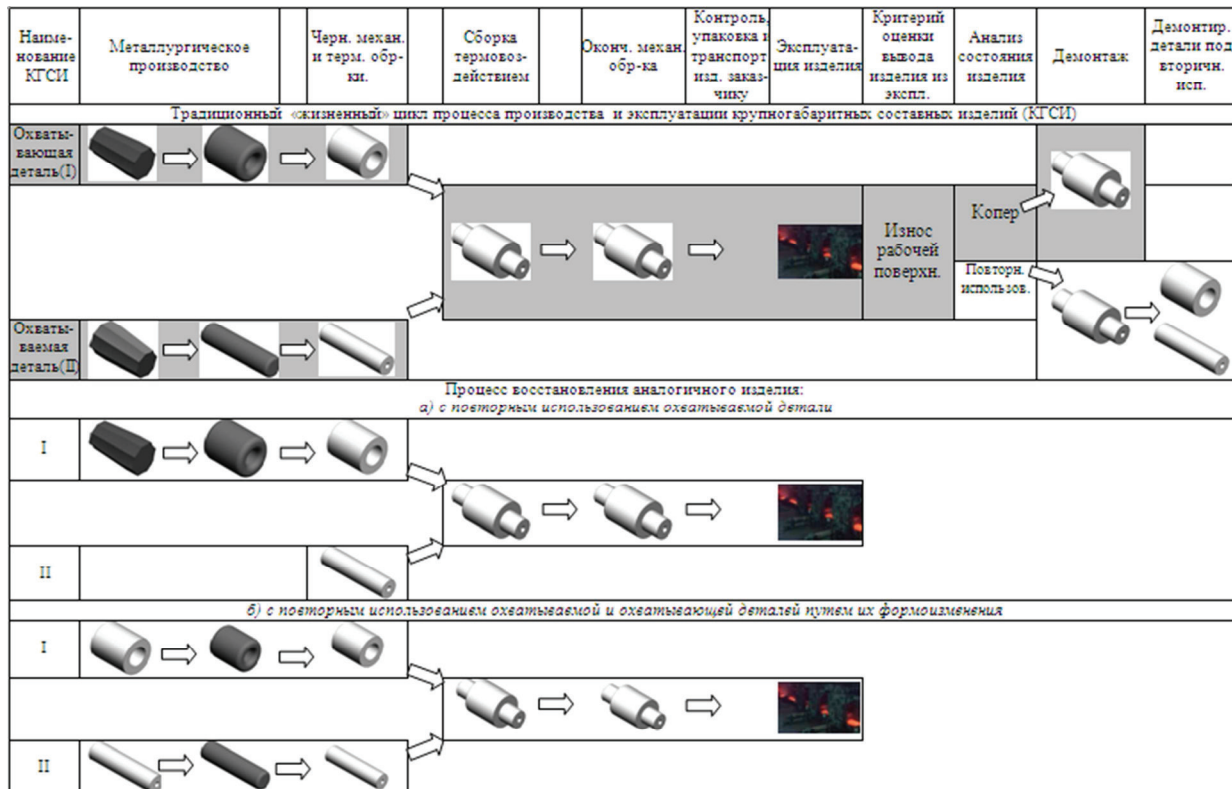


Рис. 2. Модель «жизненного» цикла крупногабаритных составных изделий и базовые варианты их восстановления

$$\xi(t, x) = \xi(t, x, \omega), \quad (4)$$

где (1) и (3) — оценка качества технологий при изготовлении нового изделия и в процессе его восстановления, соответственно; (2) — оценка прочностных характеристик в процессе эксплуатации изделия с последующим заключением о целесообразности его повторного использования; $C(t)$ — общая стоимость затрат всех процессов на уровнях иерархии технологической системы изготовления изделия в момент времени t ; $C_{ij}(t)$ — стоимость j -го процесса на i -м иерархическом уровне технологической системы изготовления нового изделия в момент времени t ; $C(S_{ij})$, $C(E_{ij})$, $C(I_{ij})$ — стоимость множеств затрат материального, энергетического, информационного характеров, соответственно; V — число объектов на i -м иерархическом уровне технологической системы изготовления изделия; Z — число иерархических уровней технологической системы изготовления изделия; $K(t)$ — оптимизационный функционал минимизирующей затраты ($\min(t)$) в момент времени t .

4.1. Теоретические аспекты формирования технологических систем восстановления крупногабаритных составных изделий. Обобщенный анализ изготовления крупногабаритных изделий (от 20 т и более) различного функционального назначения показывает следующее распределение затрат в технологических системах их изготовления (табл. 1).

Таблица 1

Распределение затрат при изготовлении крупногабаритных составных изделий в производственных переделах

Показатели	Металлургический передел (1 — рис. 3)	Виды обработки					Оснастка (7)
		Терм. (2)	Механ. (3)	Сборка т. ермовозд. (4)	Чист. механ. (5)	Ручн. (6)	
Отн. трудоемкость, %	60	10	15	3	6	1	5
Произв. переделы (Z)	I	II	III				VI

Исходя из анализа традиционного производства крупногабаритных составных изделий, основная доля затрат (рис. 3) до 60 % приходится на металлургический передел, в котором обеспечивается получение требуемой конфигурации заготовок деталей, химического состава их материала и физико-механические свойства. При этом отмечается следующее соотношение масс слитка, заготовки и готовой детали как 2,1 : 1,8 : 1,0.

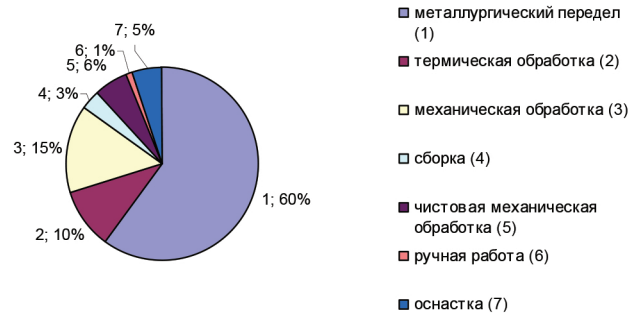


Рис. 3. Распределение трудоемкости технологического процесса производства крупногабаритных составных изделий по переделам

Процесс формоизменения заготовки из демонтированной детали позволяют обеспечить получение более качественной заготовки с минимальными припусками под механическую обработку при этом соотношении масс детали (x) и поковки из демонтированных деталей — заготовок как 1,0 : 1,15.

4.2. Теоретическая оценка эффективности технологических систем восстановления. Математическое описание отдельных процессов, определяющих основные закономерности процесса восстановления, может быть представлено следующей системой уравнений (табл. 2).

Исходя из условия соотношения весовых характеристик детали, при ее формировании, имеем

$$\sum_{i=1}^n a_i^l \leq \sum_{i=1}^n a_i, \quad \sum_{i=1}^n b_i^l \leq \sum_{i=1}^n b_i, \quad \sum_{i=1}^n c_i^l \leq \sum_{i=1}^n c_i; \quad (5)$$

Рассмотрим соотношение функционалов при изготовлении изделий по вариантам I и II

$$\frac{\sum_{k=1}^n C_k}{\sum_{k=1}^n C_k^I} = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x^2 + \sum_{i=1}^n b_i x + \sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n a_i^I x^2 + \sum_{i=1}^n b_i x + \sum_{i=1}^n c_i^I}; \quad (6)$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left[\frac{2 \sum_{i=1}^n a_i x + \sum_{i=1}^n b_i}{2 \sum_{i=1}^n a_i^I x + \sum_{i=1}^n b_i} \right] = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{\sum_{i=1}^n a_i^I} \geq 1;$$

откуда следует, что

$$\frac{\sum_{k=1}^n C_k}{\sum_{k=1}^n C_k^I} \geq 1. \quad (7)$$

Аналогичные результаты достигаются при рассмотрении вариантов I и III, тогда

$$\sum_{i=1}^n a_i^{II} \leq \sum_{i=1}^n a_i^I \leq \sum_{i=1}^n a_i; \quad \sum_{i=1}^n b_i^{II} \leq \sum_{i=1}^n b_i^I \leq \sum_{i=1}^n b_i; \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i^{II} \leq \sum_{i=1}^n c_i^I \leq \sum_{i=1}^n c_i.$$

Таблица 2

Математическое описание технологических систем в процессе изготовления и восстановления крупногабаритных составных изделий

Варианты технологических систем изготовления и восстановления крупногабаритных составных изделий		
I	II	III
базовый	повторное использование охватываемой детали	повторное использование охватываемой и охватывающей деталей
Металлургический передел		
$C_{1M} = a_{1n}x_1^2 + b_{1n}x_1 + c_{1n};$ $C_{2M} = a_{1n}x_2^2 + b_{1n}x_2 + c_{1n}$	— $C_{2M}^I = a_{1n}x_2^2 + b_{1n}x_2 + c_{1n}$	$C_{11M}^II = a_{1n}x_{01}^2 + b_{1n}x_{01} + c_{1n};$ $C_{22M}^II = a_{1n}x_{02}^2 + b_{1n}x_{02} + c_{1n}$
Термическая обработка		
$C_{1T} = a_{2n}x_1^2 + b_{2n}x_1 + c_{2n};$ $C_{2T} = a_{2n}x_2^2 + b_{2n}x_2 + c_{2n}$	$C_{11T}^I = a_{2n}x_1^2 + b_{2n}x_1 + c_{2n};$ $C_{12T}^I = a_{2n}x_2^2 + b_{2n}x_2 + c_{2n}$	$C_{11T}^II = a_{2n}x_{01}^2 + b_{2n}x_{01} + c_{2n};$ $C_{22T}^II = a_{2n}x_{02}^2 + b_{2n}x_{02} + c_{2n}$
Черновая мех обработка (+ сборка)		
$C_{1ч} = a_{3n}x_1^2 + b_{3n}x_1 + c_{3n};$ $C_{2ч} = a_{3n}x_2^2 + b_{3n}x_2 + c_{3n}$	$C_{11ч}^I = a_{3n}^I x_1^2 + b_{3n}^I x_1 + c_{3n}^I;$ $C_{12ч}^I = a_{3n}^I x_2^2 + b_{3n}^I x_2 + c_{3n}^I$	$C_{11ч}^II = a_{3n}^I x_{01}^2 + b_{3n}^I x_{01} + c_{3n}^I;$ $C_{22ч}^II = a_{3n}^I x_{02}^2 + b_{3n}^I x_{02} + c_{3n}^I$
Чистовая мех обработка (в т. ч. ручная, оснастка)		
$C_{3Ф} = a_{4n}x^2 + b_{4n}x + c_{4n}$	$C_{13Ф}^I = a_{4n}x^2 + b_{4n}x + c_{4n}$	$C_{23}^II = a_{4n}x_0^2 + b_{4n}x_0 + c_{4n}$

Выполненные числовые расчеты по указанным типоразмерам изделий в весовом диапазоне от 20 т до 200 т показывают следующее соотношение затрат по рассматриваемым вариантам как 1,00 : (0,6–0,7) : (0,48–0,57).

4.3. Теоретические положения повреждаемости рабочего слоя изделий. Исходя из действующих на изделие усилий, которые характеризуются неравномерностью вследствие различного взаимодействия эксплуатационных факторов, носят случайный характер. Поэтому базируясь на принципе суммирования повреждений, процесс распределения усталостных повреждений $\xi(t, x) = \xi(t, x, \omega)$ в рабочем слое изделия может быть представлен как решение стохастического дифференциального уравнения

$$d\xi = \alpha(\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}, t, \xi, dt), \quad (9)$$

где $\alpha(U, V, W, Y, Q, \theta)$ — случайное шестимерное поле, удовлетворяющее условиям ограниченности последствия с фиксированной константой; σ_x , σ_y , τ_{xy} — нормальные, тангенциальные и касательные напряжения, соответственно; t — временной параметр.

$\xi(t, x)$ — случайный процесс (двухмерное случайное поле), безмерный и удовлетворяющий условию $0 \leq M[\xi(t, x, \omega)] \leq A(t, x)$, где $A(t, x)$ — некоторая функция.

Предполагая решение (9) известным, аппроксимация функции $f(x) = M[\xi(T, x)]$ представляется полиномом третьего порядка $f(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$.

При теоретическом анализе процесса усталости рабочего слоя изделия необходимо выполнение ряда требований, в частности, исходя из толщины рабочего слоя изделия равного 50 мм, первый вещественный корень уравнения $f(x) = 0$ в порядке

его возрастания должен находиться в интервале (0; 50).

Аппроксимация осуществляется для области технологических систем восстановления КГСИ. Определение значений параметров качественных показателей, в которых в соответствии с литературными и экспериментальными данными ожидается существование их оптимальных значений, достигаемых в восстановленных изделиях.

Для дальнейших расчетов исходными данными являются экспериментальные данные $\{x_1, \dots, x_n\}$, $\{y_1, \dots, y_n\}$, где x_i — глубина (по радиусу) измерения степени усталости рабочего слоя изделия, y_i — степень усталости материала изделия, д. ед. (доля единиц).

Эта задача эквивалентна задаче нахождения минимума функции четырех переменных:

$$S(a, a_1, a_2, a_3) = \sum_{i=1}^{n=9} [y(t) - (a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3)]^2 \rightarrow \min.$$

Далее с помощью реализации пакета Matlab выполняется поиск оптимального решения.

4.4. Оценка кратности использования охватываемых деталей. Кратность повторного использования охватываемой детали $k = N_{np} / N \times n$, где N_{np} — предельное число циклов до разрушения изделия; N — число циклов нагружения при первоначальном использовании оси прокатного вала; n — запас прочности.

Число циклов нагружения при первоначальном использовании охватываемой детали (оси прокатного вала) $N = G / \rho h b \pi D$, где G — прокатанный металл, т; h — усредненная величина толщины прокатываемого подката (листа), м; b —

усредненная величина ширины прокатываемого подката (листа), м.

$$N_{np} = N_0 \times 10^{\sigma_{-1} - \sigma_{np} / \alpha},$$

где N_0 — базовое число циклов нагружения; σ_{np} — предельные действующие напряжения, определяемые как $\sigma_{np} = \sigma_a + \phi_\sigma \times \sigma_m$, ϕ_σ — коэффициент чувствительности металла к асимметрии цикла; σ_m — напряжения на поверхности оси от сжатия при натяге, кг/мм².

Зависимость, определяющая предельное число циклов нагружения валка, базирующаяся на методах теории случайных функций, определена следующим видом:

$$n_{k+1} \approx (5,5 - 7,2) \times 10^6 \sqrt{1 + (K/3,2)},$$

где K — число отработанных валком кампаний, предшествующей очередной.

Допустимый предел выносливости оси валка определяется как $[\sigma_{-1K}] = (1 - \Delta_D) \sigma_{-1}$, где Δ_D — коэффициент, учитывающий масштабный фактор, и определяется как

$$\Delta_D = \frac{\frac{D}{d_0} - 1}{1,236 \left[\left(\frac{D}{d_0} \right) - 1 \right] + 0,0456 \times \left[\frac{0,013\alpha_{np} + 0,3067}{1,013\alpha_{np} + 0,6933} \right] \times \left[65,7 + 53,5 \frac{D}{d_0} \right]},$$

где D — наибольший диаметр расчетного сечения оси валка; d_0 — диаметр стандартного образца; α_{np} — приведенный коэффициент концентрации; σ_{-1} — предел выносливости.

Анализ полученных значений по вышеуказанным зависимостям позволил сделать вывод о дееспособности осей крупногабаритных валков дополнительно отработать еще один ресурс эксплуатации. Известно [9], что согласно расчетам кратности использования осей составных опорных валков с учетом их усталости и напряжений в процессе сборки бандажа и оси валка, напряжения от натяга уменьшают усталостную прочность охватываемой детали до (4,27...4,68) раза. Вероятность использования осей составных валков на ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» согласно [9] составляет для станов горячей прокатки до 3 раз, а для аналогичных осей валков станов холодной прокатки — до 4 раз.

4.5. Методика оценки надежности и долговечности восстановленных изделий. На основании проведенных исследований работоспособности этих изделий уточнена и скорректирована методика оценки их надежности и долговечности, которая позволяет с достаточно высокой степенью вероятности прогнозировать срок службы восстановленных изделий. Основные положения вышеупомянутой

методики строится на критериях, характеризующих нагрузочную способность таких валков, как-то, по фреттинг-усталостной прочности оси, прочности соединения с натягом сопрягаемых деталей и хрупкой прочности охватываемой детали (бандажа).

При этом прогнозируемая долговечность восстановленных валков формируется комплексом показателей надежности определяемых [10]:

➔ при соединении с натягом охватываемой и охватываемой деталей и устанавливаемых с учетом коэффициента запаса прочности и вероятности безотказной работы по критериям их прочности и сцепления;

➔ по посадочным сопрягаемым поверхностям охватываемой и охватываемой деталей и устанавливаемых с учетом коэффициентов вариации интенсивности фреттинг-износа, вариации охватываемой детали и среднего значения коэффициента запаса интенсивности фреттинг-износа;

➔ по критерию фреттинг-усталости оси валка, определяемому с помощью коэффициента вариации предела фреттинг-усталости v_F и базирующегося на коэффициентах вариации плавок металла, масштабного фактора и эффективного коэффициента кон-

центрации. Предел фреттинг-усталости оси σ_{-1F} определялся через $\sigma_{-1F} = \sigma_{-1d} [1 - (K_{IP,\tau} / \Delta K_{th})]$ или $\sigma_{-1F} = \sigma_{-1d} K_{\sigma_f}$ (здесь σ_{-1d} — предел выносливости оси валка, $K_{IP,\tau}$ — коэффициент интенсивности напряжений типа I от контактных давлений и сил трения); ΔK_{th} — пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений материала оси; K_{σ_f} — коэффициента интенсивности напряжений от напряжений фреттинг-усталости.

По критерию хрупкой прочности охватываемой детали, устанавливаемому с учетом коэффициентов вариации величины дефекта v_{ld} , интенсивности напряжений v_{kl} и окружающих растягивающих напряжений v_{sp} определялась прочность бандажа.

Вероятность P безотказной работы восстановленного валка массой 116 т согласно выполненным расчетам по критериям прочности сцепления охватываемой и охватываемой деталей (P_c), фреттинг-износа (P_h), фреттинг-усталости (P_f), хрупкой прочности (P_{kl}), материалов охватываемой и охватываемой деталей (P_{nf}) соответствует:

$$P = P_c \times P_h \times P_f \times P_{kl} \times P_{nf} = 1,000 \times 0,999 \times 1,000 \times 0,960 \times 0,980 = 0,940.$$

Отсутствие ряда необходимых характеристик материалов оси валка и бандажа, в частности, — K_{IC} , σ_{OH} , l_d , \bar{Q} , v_Q , v_P — для охватываемой детали и, соответственно, σ_{-1} , K_{th} , σ_{OH} — для охватываемой, а также параметров C_O , m уравнения Пэ-риса, повлекло установление коэффициента P_{nf} .

Здесь K_{IC} — критическое число коэффициента интенсивности напряжений материала бандажа; σ_{OH} — остаточные напряжения; l_d — величина дефекта в бандаже; Q — внешняя осевая сила; v_Q — коэффициент вариации осевой сдвигающей силы; v_P — коэффициент вариации усилия прокатки; σ_{-1} — напряжения предела усталости; K_{th} — пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений материала оси.

Обеспечение повышения точности расчета надежности восстановленного прокатного валка возможно при выполнении большого объема экспериментальных исследований по установлению вышеуказанных характеристик.

5. Апробация результатов исследований

В результате теоретического изучения и последующих экспериментально-промышленных исследований, базируясь на функционально-стоимостном и морфологическом анализе, разработана математическая модель «жизненного» цикла для установленного класса крупногабаритных изделий, позволяющая рассматривать, изучать и разрабатывать технологические системы восстановления

изделий, отработавших ресурс по рабочей поверхности [11].

Разработанные теоретические основы заложены в ресурсосберегающее направление и осуществлены через технологические системы восстановления крупногабаритных изделий и конструкторско-технологические мероприятия, которые внедрены в тяжелом машиностроении, в частности на ПАО «НКМЗ», с последующей реализацией восстановленных составных прокатных валков на ряде ведущих предприятий Украины и России: МК «Азовсталь», МК им. Ильича (г. Мариуполь), МК «Северсталь» (г. Череповец), МК «НЛМК» (г. Липецк), МК «Запорожсталь» (г. Запорожье) в области черной металлургии.

6. Выводы

Основные положения изложенных теоретических исследований и последующих исследовательских и промышленных разработок заложены в основу технологических систем восстановления крупногабаритных составных изделий по созданию ресурсосберегающего направления в тяжелом машиностроении и доведены до реализации на ПАО «НКМЗ».

Литература

1. 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.
2. Научные принципы создания технологии восстановления и повышения эксплуатационной стойкости прокатных валков / В. А. Николаев [и др.] // Обзорная информация. — М. : Ин-т «Черметинформация», 1989. — Ч. 2. — 91 с.
3. Орлов, П. И. Основы конструирования : справочно-методическое пособие : в 3 кн. / П. И. Орлов. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1977. — Кн. 1. — 633 с.
4. Лебедь, В. Т. Снижение материалоемкости при изготовлении крупных составных прокатных валков / В. Т. Лебедь, И. А. Бобух // Тяжелое машиностроение. — 1992. — № 3. — С. 25–27.
5. Научно-производственное предприятие «Валок» / [Группа подготовки рекламного проспекта: В. В. Ветер и др.]. — Липецк : АО «НЛМК», 1996. — 23 с.
6. Михайлов, А. Н. Закономерности эволюционного процесса развития технологий машиностроения / А. Н. Михайлов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : сб. науч. трудов. — Донецк : ДонГТУ, 1995. — Вып. 2. — С. 32–49.
7. Михайлов, А. Н. К вопросу назначения припусков и повышения качества поверхностного слоя и эффективности обработки изделий / А. Н. Михайлов // Прогрессивные технологии и системы машиностроения: сб. науч. трудов. — Донецк : ДонГТУ, 2003. — Вып. 24. — С. 103–120.
8. Михайлов, А. Н. Поточно-пространственные технологические системы сверхвысокой производительности / А. Н. Михайлов // Роторно-конвейерные автоматические линии : м-лы респ. научно-технического семинара. — Харьков : ХЦНТИ, 1990. — С. 3.
9. Расчет кратности использования оси составного валка / А. Ю. Фиркович [и др.] // Сб. центр. лаб. ОАО «ММК». — Магнитогорск, 2000. — Вып. 4. — 242 с.
10. Лебедь, В. Т. Продление срока эксплуатации крупногабаритных изделий / В. Т. Лебедь // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. праць. Тематичний випуск: Машинознавство та САПР. — Харків : НТУ «ХПІ», 2011. — № 22. — С. 69–80.
11. Лебедь В. Т. Сборка крупногабаритных изделий ответственного назначения с использованием термовоздействия / В. Т. Лебедь, Б. М. Арпентьев // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» : зб. наук. праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. — Харків : НТУ «ХПІ», 2009. — № 2. — С. 74–82.

Abstract. There has been considered a pressing theoretical and practical issue of up-to-date engineering, concerning the development of resource-saving technology in heavy engineering, based on large products recovery.

It is known, that in spite of long operational life of large products, after expiration of their operational life in regards to working surface and their subsequent retirement, they still have significant residual operation time as for load cycle and fatigue stresses with high figures of overall geometrical dimensions and parameters.

Theoretical investigations of large compound/sleeved products life cycle, given through the example of mill rolls, allowed to suggest scientifically-grounded aspects for creation of technological recovery systems for such products in heavy engineering.

On the basis of theoretical and experimental investigation results analysis of these systems, which include operations of compound products dismantling by thermal action, deformation of reused parts followed by assembling, the principles of their development during large products recovery have been substantiated.

Developed technological systems for large products recovery have been introduced in heavy engineering followed by succubus application, in particular, regarding sleeved backup rolls recovery at some leading enterprises of Russia and Ukraine.

Keywords: large compound/sleeved products, «life» cycle, technological recovery systems, dismantled parts.

УДК 621.373.826:621.791.92

ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ СТАЛЕЙ ЛАЗЕРНИМ ТА КОМБІНОВАНИМ ЛЕГУВАННЯМ

Бернацький Артемій Володимирович

Молодший науковий співробітник, відділ «Спеціалізована високовольтна техніка та лазерне зварювання», Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України, вул. Боженко, 11, м. Київ, Україна, 03680

Контактний тел.: (044) 205-21-77

E-mail: bav69@yandex.ru

Представлено результати дослідження впливу зміни параметрів процесів лазерного та комбінованого лазерно-мікроплазмового легування на структуру поверхневих шарів та впливу структурних параметрів на зміну фізико-механічних властивостей одержаних легуваних шарів. Використовуючи залежності металофізичних теорій управління структуроутворенням, виконано аналітичні оцінки характеристик тріщиностійкості, в'язкості руйнування та диференційованого внеску різних структурних факторів у зміну інтегрального значення границі текучості.

Ключові слова: легування, лазерне, комбіноване, сталь, погонна енергія, структура, фізико-механічні властивості.

Представлены результаты исследования влияния варьирования параметров процессов лазерного и комбинированного лазерно-микроплазменного легирования на структуру поверхностных слоев и влияния структурных параметров на изменение физико-механических свойств полученных легированных слоев. Используя зависимости металлофизических теорий управления структурообразованием, выполнены аналитические оценки характеристик трещиностойкости, вязкости разрушения и дифференцированного вклада различных структурных факторов в изменение интегрального значения предела текучести.

Ключевые слова: легирование, лазерное, комбинированное, сталь, погонная энергия, структура, физико-механические свойства.

1. Вступ

Забезпечення науково-технічного прогресу в машинобудуванні, приладобудуванні та інших галузях промисловості, пов'язано, насамперед, зі створенням нових конструкційних матеріалів та вдосконалюванням технологій підвищення їхніх

експлуатаційних властивостей. Завдяки успіхам сучасного матеріалознавства створений широкий спектр матеріалів різного призначення з високими експлуатаційними характеристиками. Збільшилася частка пластмас і композитів, а частка металевих матеріалів скоротилася до 60...65 %. Однак у найближчому майбутньому найпоширенішими серед