

Кубышкин Александр Борисович

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ ПРИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКЕ
ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ОПОР КАЧЕНИЯ**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/18.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 52-54. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ ПРИ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКЕ
ТЯЖЕЛОНАГРУЖЕННЫХ ОПОР КАЧЕНИЯ**

*Кубышкин Александр Борисович
Самарский государственный технический университет*

Исследуется целесообразность использования в типовом технологическом маршруте обработки дорожек качения тяжело нагруженных опорных узлов одного из методов ППД - полноконтактного профильного накатывания.

В настоящей статье излагаются результаты исследования эффективности упрочняющей технологии беговых дорожек опор буровых долот с позиции технологической наследственности. Изучалась целесообразность использования в типовом технологическом маршруте обработки одного из методов ППД - планетарно-ударного накатывания. При этом осуществлялось полноконтактное (профильное) пластическое деформирование исследуемых поверхностей. Исследование проводилось по плану полного факторного эксперимента 2^4 с двумя повторениями (Табл. 1).

Экспериментальные данные обрабатывались методами дисперсионного анализа. При этом оценивалось влияние методов обработки и вариантов технологических маршрутов на характеристики качества рабочих поверхностей и показатели износостойкости беговых дорожек: комплексный параметр шероховатости $\Delta = R_{\max}/r_{np} \cdot b^{1/\nu}$, поверхностную твердость HV , остаточные напряжения σ , износ в период приработки U и интенсивность установившегося изнашивания J , а также волнистость W_{\max} и отклонение профиля желоба от правильной геометрической формы H_{\max} .

Табл. 1. *Переменные факторы, кодирование и уровни их варьирования*

Фактор	Код	Уровень варьирования	
		Верхний (+)	Нижний (-)
Профильное точение	M_0	Операция введена в технологический маршрут обработки (постоянно)	
Сглаживающе-калибрующее накатывание	M_1	Операция введена в технологический маршрут	Операция выведена из технологического маршрута
Химико-термическая обработка	M_2	Цементация в твердом карбюризаторе с очисткой поверхности песком	Газовая цементация без последующей очистки поверхности песком
Профильное шлифование	M_3	Операция введена в технологический маршрут	Операция выведена из технологического маршрута
Сглаживающе-упрочняющее накатывание	M_4		

Степень влияния факторов и их взаимодействий в процентах определялась по коэффициенту отдельного определения (Табл. 2).

Исследованиями установлено, в частности, что введение в технологический маршрут ППД в качестве предварительной сглаживающе-калибрующей обработки (операция M_1) способствует формированию наследственно-упрочненного слоя толщиной 0,25...0,30 мм.

Табл. 2. *Коэффициенты отдельного определения, отражающие влияние факторов и взаимодействий*

Факторы и взаимодействия	Параметры качества поверхности					Показатели износостойкости	
	Δ	HV	σ	W_{\max}	M_{\max}	U	J
M_1	1,7	1,6	1,4	56,3	48,6	15,0	8,7
M_2	5,7					21,0	
M_3	13,5	4,4	18,8	10,2	5,5	9,8	33,1
M_4	51,9	92,9	55,9	3,1		22,4	46,4
M_{12}							
M_{13}			0,2	29,2	44,2	7,6	2,9
M_{14}	1,6		1,2	0,3			2,7
M_{23}						16,4	
M_{24}	5,5						
M_{25}	13,4		28,3				4,2

Для изучения механизма наследственного упрочнения было проведено рентгенографическое исследование поверхностного слоя образцов, обработанных по различным технологическим вариантам. Анализ полученных результатов показал, что применение ППД до химико-термической обработки способствует усилению микроискажений кристаллической решетки и увеличению дисперсности мартенситной структуры. Объясняется это тем, что дефекты решетки и кристаллического строения, созданные пластической деформацией в исходной структуре металла приповерхностного слоя, передаются образуемому в процессе термической обработки аустениту. При последующем фазовом превращении внесенные пластической деформацией дефекты исходной структуры служат дополнительными очагами зарождения зерен мартенсита и развития новых дислокаций. Результаты металлографического исследования подтвердили правильность сделанных предположений. Наследственно-упрочненный слой имеет более равномерную структуру скрытоигольчатого мартенсита в отличие от обычной мелкоигольчатой структуры.

В процессе формирования макрорельефа беговых дорожек самым сильным наследственным влиянием па волнистость W_{max} (56,3%) и отклонение профиля желоба H_{max} (48,6%) обладает сглаживающе-калибрующего накатывание (M_1) и его совместное влияние со шлифованием (M_{13} - 29,2% и 44,2%). Для оценки взаимовлияния указанных факторов рассмотрим представленную на рисунке диаграмму изменения параметров макрорельефа в зависимости от методов и технологических маршрутов обработки. Применение сглаживающе-калибрующего накатывания (M_1) способствует резкому снижению исходных неровностей, образующихся при точении (M_0). Последующие операции химико-термической обработки (M_2) и сглаживающе-упрочняющего накатывания (M_4) при отсутствии шлифования (M_3) практически не изменяют макрорельефа, то есть он полностью наследуется от предшествующей операции. Влияние шлифования (M_3) неоднозначно. При отсутствии сглаживающе-калибрующего накатывания (M_1) шлифование снижает высоту исходных макронеровностей, образующихся при точении (M_0). Однако значительные по величине исходные макронеровности способствуют возникновению в процессе профильного шлифования таких неблагоприятных свойств поверхности, как прижоги, структурная неоднородность, микротрещины, царапины и т.п. Применение шлифования после калибрующего накатывания (M_1) приводит к увеличению макронеровностей и уменьшению толщины наследственно упрочненного слоя, не исключая при этом образования шлифовочных дефектов.

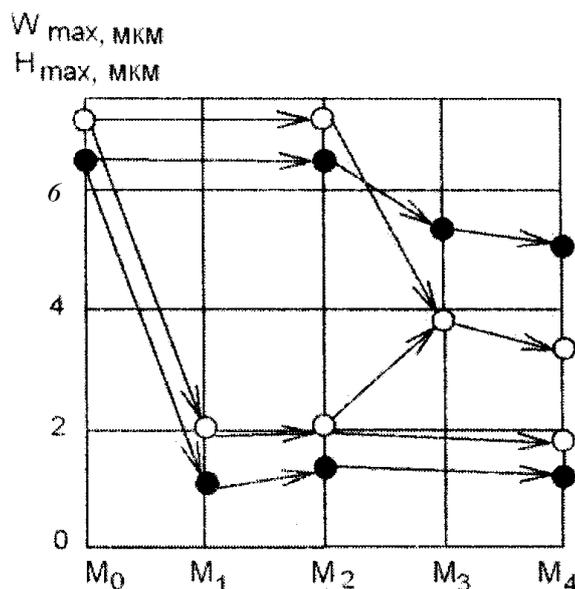


Рис. Изменение параметров волнистости W_{max} (○) и макроотклонений H_{max} (●) при различных вариантах технологических маршрутов обработки

Результаты испытаний образцов на изнашивание показали, что технологическая наследственность проявляется не только на этапе изготовления деталей машин, но и при их эксплуатации. При этом на величину износа в конце периода приработке U оказывают влияние практически все рассматриваемые методы обработки (см. Табл. 2) - M_1 (15%), M_2 (2,1%), M_3 (9,8%) и M_4 (22,4%). Интенсивность изнашивания J зависит в основном от финишных операций M_3 (33,1%) и M_4 (46%). Экспериментальными исследованиями установлено, что остаточные растягивающие напряжения и рассмотренные выше дефекты, характерные для профильного шлифования, способствуют снижению износостойкости окончательно обработанных поверхностей. Это свидетельствует об отрицательном проявлении технологической наследственности, и поэтому введение операций профильного шлифования в технологический маршрут обработки беговых дорожек является нецелесообразным. Применение планетарно-ударного накатывания в качестве финишного метода обработки приводит к значительному сокращению периода приработке и снижению интенсивности изнашивания за счет снижения высоты исходных неровностей, повышения опорной способности микропрофиля и формиро-

вания равномерно упрочненного поверхностного слоя при одновременном снижении отрицательных проявлений технологической наследственности от предшествующих операций.

Проведенные исследования являются резервом повышения эффективности использования методов ППД и позволяют наметить нуги оптимизации упрочняющей технологии тяжслонагруженных опор качения с целью повышения их надежности и долговечности.

**ТОЧНОЕ АНАЛИТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ О ПОЛНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ТЕМПЕРАТУР
ВПЛОТЬ ДО КОНЦОВ РЕГЕНЕРАТОРА С ВЫСОКОТЕПЛОПРОВОДНОЙ НАСАДКОЙ
С ПРОИЗВОЛЬНО РАСПРЕДЕЛЁННОЙ НАЧАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРОЙ
(ЗАДАЧА АНЦЕЛИУСА-НУССЕЛЬТА) И ЕГО СЛЕДСТВИЯ**

*Лобанов Игорь Евгеньевич
Московский авиационный институт (государственный технический университет)*

Данное исследование выполнено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ № 09-08-00440); Президента РФ по государственной поддержке научных исследований молодых российских учёных-докторов наук (грант МД № 1420.2008.8)

1. Исходная система дифференциальных уравнений в частных производных

Распределение температур в регенераторе, согласно работе [Хаузен, 1981], описываются системой следующих дифференциальных уравнений для плоских элементов насадки:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial f}\right)_t = \frac{\bar{\alpha}}{C}(\Theta_m - \vartheta); \\ \left(\frac{\partial \Theta_m}{\partial t}\right)_f = \frac{2\bar{\alpha}}{\rho c \delta}(\vartheta - \Theta_m), \end{cases} \quad (1)$$

где t - время; f - поверхность нагрева насадки между местом входа теплоносителя и рассматриваемым поперечным сечением; δ - толщина плоского элемента насадки; ϑ - температура теплоносителя; Θ_m - средняя по поперечной координате температура насадки в рассматриваемом поперечном сечении к моменту t ; C - полная теплоёмкость массового расхода теплоносителя; $\bar{\alpha}$ - коэффициент теплоотдачи, отнесённый к средней температуре насадки Θ_m .

Та же самая система уравнений в частных производных для насадки из элементов произвольной формы имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \left(\frac{\partial \vartheta}{\partial f}\right)_t = \frac{\bar{\alpha}}{C}(\Theta_m - \vartheta); \\ \left(\frac{\partial \Theta_m}{\partial t}\right)_f = \frac{\bar{\alpha} df}{dC_s}(\vartheta - \Theta_m), \end{cases} \quad (2)$$

где df и dC_s - поверхность и теплоёмкость элементарного элемента насадки соответственно.

Для упрощения математической записи в дальнейшем будет опускать индекс m в Θ_m , что обычно делалось в классических работах [Anzelius, 1926; Nußelt, 1927; Хаузен, 1981; Кошкин, 1973; Kalinin, 1994; Галицкий, 1970; Schumann, 1929]. Однако, следует всегда иметь в виду, что символ представляет собой действительную температуру только для металлических насадок из тонкого листа, а в общем случае Θ - средняя по поперечной координате температура насадки в рассматриваемом сечении регенератора.

При данной постановке задачи теплофизические свойства и коэффициенты теплоотдачи не зависят от температуры, поэтому, для приведения системы уравнения к более удобной для решения форме, введём две безразмерные переменные ξ и η согласно следующим определяющим уравнениям для плоских элементов насадки:

$$d\xi = \frac{\bar{\alpha}}{C} df; \quad (3)$$

$$d\eta = \frac{2\bar{\alpha}}{\rho c \delta} dt; \quad (4)$$

для насадки из элементов произвольной формы:

$$d\eta = \frac{\bar{\alpha} df}{dC_s} dt = \frac{\bar{\alpha} F}{C_s} dt, \quad (5)$$

где F - полная площадь нагрева; C_s - теплоёмкость насадки регенератора.