

студентов привязаны к определённой специальности (учебной программе) и семестру, а курсы в LMS Moodle, по которым ведётся обучение студентов, привязаны к дисциплинам этой специальности.

После завершения семестра в электронном деканате формируются экзаменационные ведомости. После завершения сессии в электронном деканате формируются электронные зачетные книжки студентов и оформляются приказы о переводе

академических групп на следующий семестр.

Библиографический список

1. Андреев А.В., Андреева С.В., Доценко И.Б. Практика электронного обучения с использованием Moodle. – Таганрог: Изд-во. ТТИ ЮФУ, 2008. 146 с.
2. Анисимов А.М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. – Харьков: ХНАГХ, 2009. 292 с.

УДК 621.787

ПОЛУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СТАЛИ 15X12H2МВФАБ-Ш ПОСЛЕ АЛМАЗНОГО ВЫГЛАЖИВАНИЯ

©2016 А.Н. Швецов, Д.Л. Скуратов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE OBTAINING DEPENDENCIES TO ESTIMATE PARAMETERS OF STATE OF THE SURFACE LAYER FOR THE PARTS MADE OF STEEL FeC0.15Cr12Ni2 AFTER DIAMOND BURNISHING

Shvetsov A.N., Skuratov D.L. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The purpose of work was to obtain empirical dependencies for determine the value and depth of the residual stress in the surface layer parts of the steel FeC0.15Cr12Ni2 on the operations of diamond burnishing.

Целью представленной работы является получение эмпирических зависимостей для определения величины и глубины залегания остаточных напряжений в поверхностном слое деталей из стали 15X12H2МВФАБ-Ш на операциях алмазного выглаживания. В качестве образцов служили кольца с наружным диаметром 108 мм, внутренним диаметром 96,6 мм и шириной 10,5 мм. Перед процессом алмазного выглаживания все кольца были проточены по наружному диаметру на режиме $v = 107$ м/мин, $S_o = 0,04$ мм/об и $t = 0,5$ мм, проходным резцом с пластиной из твёрдого сплава Т15К6, имеющей следующую геометрию: $r = 1,5$ мм; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 42^\circ$; $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 7^\circ$; $\lambda = -5^\circ$.

Шероховатость образцов по параметру Ra после процесса точения, измеренная на автоматизированном профилографе-профилометре БВ-7669, составила $0,581 \dots 0,855$ мкм.

Экспериментальное определение остаточных напряжений осуществлялось на автоматизированной установке АСБ-1, разработанной профессором Букатым С.А., по его

авторской методике.

В качестве значащих параметров процесса алмазного выглаживания были приняты: радиус сферы выглаживающего инструмента R , сила выглаживания P_y , скорость выглаживания U и величина продольной подачи S_o . В качестве выглаживающего инструмента был использован индентор из синтетического алмаза марки АСБ-1.

Для получения регрессионных моделей, связывающих максимальные значения окружных остаточных напряжений $\sigma_{\tau_{\max}}^* = \sigma_{\tau_{\max}} - \mu \sigma_{\sigma_{\max}}$ и глубину a их залегания с параметрами процесса алмазного выглаживания, вида:

$$\sigma_{\tau_{\max}}^* = C_{\sigma} S_o^{y_{\sigma}} P_y^{x_{\sigma}} R^{m_{\sigma}} v^{z_{\sigma}}; \quad (1)$$

$$a = C_a S_o^{y_a} P_y^{x_a} R^{m_a} v^{z_a},$$

был проведен полный факторный эксперимент (ПФЭ) типа 2^4 [1]. При осуществлении экспериментов число опытов было принято равным $N = 16$, а число повторяющихся опытов $M = 6$. Использование метода планирования эксперимента предполагает преобразование уравнений (1) путём логариф-

мирования в уравнения вида:

$$M\{y\} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4, \quad (2)$$

где y - математическая модель конкретного параметра оценки ($\sigma_{\tau_{\max}} - \mu\sigma_{o_{\max}}$), a ; $M\{y\}$ - истинное изменение величины в логарифмическом масштабе; X_1, X_2, X_3, X_4 - соответственно логарифмы S_o, P_y, R и v ; $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$ - коэффициенты, которые должны быть оценены в процессе обработки результатов экспериментов. По результатам проведённого многофакторного эксперимен-

та были получены общие эмпирические зависимости, связывающие величину остаточных напряжений и глубину их залегания с параметрами процесса алмазного выглаживания, которые имеют следующий вид:

$$\sigma_{\tau_{\max}}^* = 190 \cdot P_y^{0,034} S_o^{-0,175} v^{0,045} R^{-0,105}, \quad (3)$$

$$a = 16,5 \cdot P_y^{0,588} S_o^{0,015} v^{-0,224} R^{-0,049}. \quad (4)$$

Сопоставляя результаты экспериментальных исследований с результатами, рассчитанными по полученным эмпирическим зависимостям и приведёнными в табл. 1, можно отметить, что расхождение не превышает 20%.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных и расчётных значений

№ опыта	Режим обработки				Результаты экспериментов		Результаты расчёта		Погрешность результатов	
	P_y , Н	R , мм	S , мм/об	n , об/мин	σ_{τ}^* , МПа	a , мкм	σ_{τ}^* , МПа	a , мкм	σ_{τ}^* , МПа	a , мкм
1	200	2,5	0,08	250	-392	137	-393	126,51	0%	8%
2	200	1,5	0,08	250	-424	148	-414	129,72	2%	12%
3	50	2,5	0,08	250	-321	67	-374	55,992	17%	16%
4	50	1,5	0,08	250	-410	72	-395	57,411	4%	20%
5	200	2,5	0,02	250	-427	154	-500	123,91	17%	20%
6	200	1,5	0,02	250	-510	155	-528	127,05	4%	18%
7	50	2,5	0,02	250	-448	52	-477	54,839	7%	5%
8	50	1,5	0,02	250	-499	65	-504	56,229	1%	13%
9	200	2,5	0,08	63	-326	148	-369	172,27	13%	16%
10	200	1,5	0,08	63	-415	169	-389	176,64	6%	5%
11	50	2,5	0,08	63	-334	74	-352	76,245	5%	3%
12	50	1,5	0,08	63	-374	75	-371	78,177	1%	4%
13	200	2,5	0,02	63	-464	157	-470	168,73	1%	7%
14	200	1,5	0,02	63	-515	170	-496	173,01	4%	2%
15	50	2,5	0,02	63	-446	75	-449	74,675	1%	0%
16	50	1,5	0,02	63	-491	70	-473	76,568	4%	9%

Поученные зависимости могут быть использованы в качестве технических ограничений в математической модели для определения рациональных условий обработки для процесса алмазного выглаживания [2].

Выводы:

1. Получены эмпирические зависимости, позволяющие определить максимальную величину окружных остаточных напряжений и глубину их залегания в зависимости от параметров процесса алмазного выглаживания при обработке жаропрочной деформируемой стали 15X12H2МВФАБ-Ш.

2. Установлено, что расчётные значения максимальных остаточных напряжений и

глубины их залегания, отличаются от экспериментальных значений не более чем на 20%. Адекватность моделей проверена по критерию Фишера.

Библиографический список

1. Бондарь А.Т., Статюха Г.А. Планирование эксперимента при оптимизации процессов химической технологии (алгоритмы и примеры). - М.: Высшая школа, 1976. 184 с.
2. Shvetcov A.N. and D.L. Skuratov, 2016. Mathematical Model and Program Development for the Efficient Process Conditions Determination During FeC0.15Cr12Ni2 Steel Diamond Smoothing. Key Engineering Materials Vol. 684. P. 477-482.