УДК 621.822-192

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА ПРИМЕРЕ ПЛАСТИНОК ИЗ СТАЛИ ШХ-15

Дмитрий Андреевич Бородин, аспирант каф. ТМС,
Научный руководитель: Валерий Юрьевич Блюменштейн, д.т.н., проф. каф. ТМС,
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В настоящее время актуальной является проблема повышения надежности изделий машиностроения. Исследования в этой области проводятся во многих научных организациях. Ответственные изделия подвергаются исследованиям и на сегодняшний день хорошо изучены с точки зрения технологии изготовления, влияния макросостояний на показатели качества. Однако формирование и трансформация тонкого поверхностного слоя (ТПС) на микро- и наноуровне остаются недостаточно изученной областью.

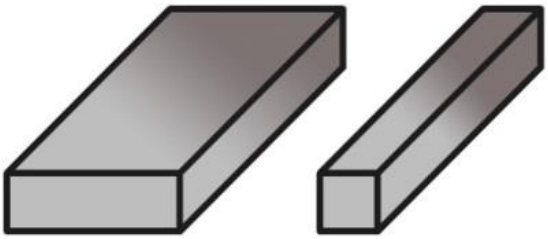
Технологической наследственностью называется явление перенесения на готовое изделие в процессе его обработки погрешностей, механических и физико-механических свойств исходной заготовки или свойств и погрешностей, сформировавшихся у заготовки на отдельных этапах изготовления изделия.

Подшипники качения (в частности сталь ШХ-15) являются хорошо изученным, но вместе с тем доступным для тонких исследований изделием. Выявленные закономерности будут актуальны и для других изделий [1].

В качестве одного из объектов исследования были выбраны пластинки из стали ШХ-15, на которых были промоделированы стадии изготовления дорожек качения подшипников 310 и проводилось исследование технологического наследования свойств тонкого поверхностного слоя при изготовлении и эксплуатации пластинок из стали ШХ-15. Это связано с тем, что закономерности процессов наследования и износа при эксплуатации легче проследить на плоской поверхности, чем на криволинейной дорожек качения, в следствии более простых уравнений.

Были изготовлены пластинки из стали ШХ-15 в количестве 180 штук (по 90 штук на один типоразмер) согласно схеме (рисунок 2), кроме этапа эксплуатации. Шлифование проводилось на 3 режимах, первый – основной режим, на котором шлифуются подшипники согласно

технологическому процессу. Второй и третий – режимы с увеличенной скоростью обработки. После каждой операции изымались образцы, необходимые для исследования поверхностного слоя на стадиях производства.



Пластинки из стали
ШХ-15

Рисунок 1 - Объекты исследования

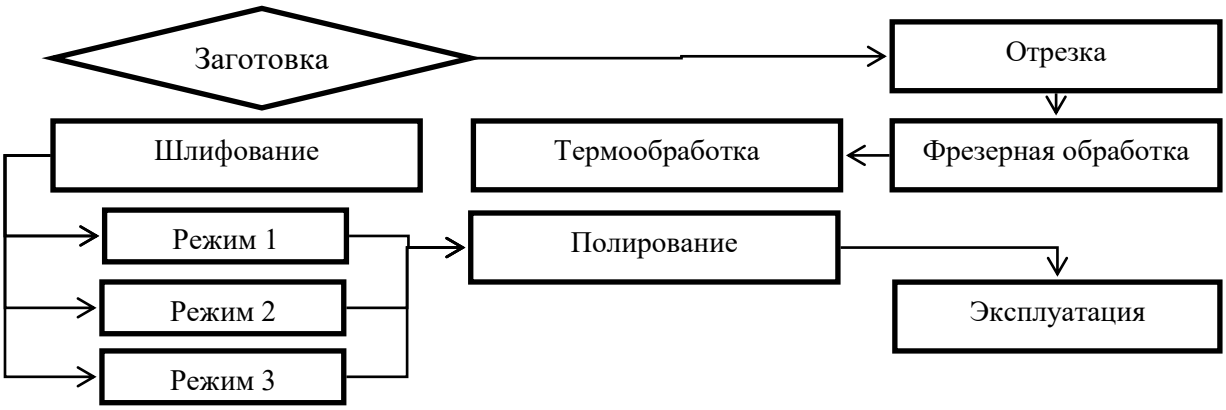


Рисунок 2 - Схема эксперимента по пластинам из стали ШХ-15

Гипотеза о том, что режимы обработки влияют на качество поверхностного слоя, была выдвинута и подтверждена П. И. Ящерицыным, который обосновывал необходимость рассмотрения свойств обработанных поверхностей в зависимости от всей совокупности выполняемых операций [2]. Однако исследования ТПС в таком широком спектре параметров не проводились.

При проведении подобных исследований, как правило, решаются две задачи:

1. Установить форму корреляционной зависимости.
2. Определить тесноту (силу) этой связи.

Для решения этих задач на этапе шлифования пластинок они были поделены на 3 группы, которые шлифовались на 3 различных режимах. И проведены исследования по 5 образцов после каждого этапа обработки при использовании следующего оборудования: профилограф-профилометр «Talyserf» 5M120, оптический интерферометр ZygoNewViewTM 7300,

инвертированный металлографический микроскоп Axio Observer A1m (Carl Zeiss). Полученные данные скомпонованы в табл.1.

Таблица 1

Исходные данные

Образец	Подача м/мин	Шероховатость												Астрон		Значение твердости		ИМШ, отн. ед.	Hc A/мм2
		Ra, 10-6	Rq, 10-6	Rsk	Rt, 10-6 м	Rp, 10-6	Rz, 10-6	R3tm, 10-6	Rmax, 10-6	Δq	λq, 10-6	Sm, 10-6	HSC	R, нс	V, м/с	HV 0,1/15, кгс/мм2	Относит.у проч.		
П018	0,50	0,32	0,41	0,06	2,86	1,63	1,91	1,19	2,57	0,09	29,28	408,62	8,21	5794,21	3106,57	852,40	2,15	69,00	32,40
П020	0,50	0,33	0,43	0,02	3,05	1,63	2,03	1,07	2,78	0,09	29,20	263,89	10,43	5787,29	3110,36	852,40	2,15	57,00	33,20
П021	0,50	0,31	0,41	-0,02	3,18	1,48	1,78	0,96	2,83	0,08	30,74	451,94	6,00	5783,07	3112,50	852,40	2,15	62,00	31,40
П024	0,50	0,28	0,39	-0,07	3,35	1,50	1,77	1,01	3,24	0,09	26,26	569,41	5,14	5783,07	3112,50	852,40	2,15	68,00	33,30
П025	0,50	0,27	0,42	-0,10	3,92	1,77	1,58	0,84	3,85	0,08	31,06	893,69	3,67	5775,71	3116,50	852,40	2,15	56,50	31,70
П045	0,60	0,25	0,32	-0,02	1,93	0,84	1,31	0,85	1,78	0,07	28,11	825,68	3,89	5788,07	3110,29	880,40	3,95	36,00	35,10
П047	0,60	0,30	0,39	-0,02	2,91	1,46	1,80	1,00	2,72	0,08	30,63	400,70	7,43	5787,93	3110,36	880,40	3,95	45,00	34,10
П049	0,60	0,26	0,33	-0,01	2,18	0,99	1,39	0,86	2,00	0,07	28,71	799,17	3,21	5780,86	3113,36	880,40	3,95	37,00	36,10
П050	0,60	0,31	0,40	0,02	2,74	1,42	1,76	0,98	2,46	0,08	31,74	452,58	6,07	5786,14	3109,36	880,40	3,95	60,00	33,90
П051	0,60	0,35	0,45	-0,07	3,29	1,39	2,07	1,24	3,06	0,11	25,49	365,74	8,00	5776,86	3116,21	880,40	3,95	51,00	33,90
П052	0,60	0,32	0,42	0,02	3,09	1,47	1,98	1,14	2,90	0,10	26,80	331,89	8,43	5805,07	3100,86	880,40	3,95	46,00	33,30
П074	0,70	0,49	0,63	0,00	4,59	2,21	2,75	1,16	4,32	0,11	35,09	231,92	12,50	5793,79	3106,36	873,30	5,12	38,00	34,50
П075	0,70	0,50	0,63	-0,06	3,90	1,65	2,30	1,05	3,41	0,09	43,38	427,34	6,43	5796,21	3105,71	873,30	5,12	40,00	34,60
П076	0,70	0,42	0,54	-0,03	3,62	1,73	2,29	0,96	3,24	0,09	37,11	286,85	9,43	5786,14	3110,79	873,30	5,12	41,50	31,40
П078	0,70	0,43	0,54	-0,01	3,88	1,89	2,24	1,04	3,37	0,09	36,41	408,49	7,07	5790,79	3108,43	873,30	5,12	43,50	33,60
П079	0,70	0,47	0,59	-0,04	3,98	1,73	2,37	0,79	3,53	0,09	42,62	315,95	9,14	5774,00	3117,71	873,30	5,12	42,50	27,80
П080	0,70	0,38	0,48	-0,03	2,91	1,34	1,91	1,10	2,63	0,08	36,84	395,02	6,93	5798,86	3104,07	873,30	5,12	42,50	33,10

Из анализа справочных данных можно предположить, что влияние режимов обработки имеет линейную зависимость. Взяв это утверждение за основу, можно записать выборочное уравнение прямой линии регрессии:

$$y = \rho x + b \qquad (1)$$

Где y – искомый параметр качества ТПС,
ρ – выборочный коэффициент регрессии,
x – скорость обработки,
b- параметр регрессии.

Используя метод наименьших квадратов, проведя соответствующие знания искомых параметров уравнения регрессии:

$$\rho = \frac{n\sum xy + \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}\ ;\ b = \frac{\sum x^2 \sum y - \sum x \sum xy}{n\sum x^2 - (\sum x)^2} \qquad (2)$$

В результате обработки получены уравнения регрессий.

Таблица 2

Уравнения регрессий

Параметр	Уравнения регрессии	$\overline{(Y_i - y_i)}$
Ra	Ra = -0,086+0,7246*x	0,00254
Rq	Rq = -0,033+0,8127*x	0,005256
Rsk	Rsk = 0,0526-0,1202*x	0,004637
Rt	Rt = 1,0968+3,5515*x	0,0646
Rp	Rp = 0,8521+1,1146*x	0,035516
Rz	Rz = 0,4143+2,5479*x	0,01515
R3tm	R3tm = 15,8852-22,2931*x	1,509554
Rmax	Rmax = 1,4105+2,5658*x	0,060163
dq	dq = 0,0729+0,0267*x	0,000487
Sm	Sm = 726,2206-504,5778*x	49,98957
HSC	HSC = 21,3778-17,6667*x	3,669314
Скорость прохождения сигнала, V м/с	V = 3119,2407-15,2778*x	2675,536
Микротвердость HV	HV = 806+104,5*x	1,52E-13

Как видно из полученных данных, рассчитанные значения хорошо согласуются с опытными значениями. За исключением нескольких параметров. Связь по которых имеет нелинейный характер или отсутствует.

Тесноту связи можно проверить с помощью коэффициента корреляции:

$$\rho = \frac{\sum n_{xy} xy - n\overline{xy}}{n\sigma_x \sigma_y} \qquad (3)$$

где σ_x , σ_y – выборочные средние квадратические отклонения X и Y,
n_{xy} – частота наблюдавшейся пары вариантов (x, y),

n - объем выборки,

x, y - выборочные средние.

В результате получены следующие коэффициенты корреляции:

Таблица 3

Коэффициенты корреляции

Подача м/мин	Шероховатость											
	Ra, 10-6	Rq, 10-6	Rsk	Rt, 10-6 м	Rp, 10-6	Rz, 10-6	R3tm, 10-6	Rmax, 10-6	Δq	λq, 10-6	Sm, 10-6	HSC
1,00	0,69	0,57	-0,13	0,21	0,13	0,52	-0,15	0,16	0,15	0,55	-0,16	-0,08

Астрон		Значение твердости		ИМШ, отн. ед.	Hc А/мм2
R, нс	V, м/с	HV 0,1/15, кгс/мм2	Относит.у проч.		
0,23	-0,22	0,72	0,99	-0,69	-0,01

Наиболее сильными связями с режимами шлифования обладают параметры шероховатости: Ra, Rz, Rq, λq, параметры микротвердости и магнитно-шумовые характеристики.

Выводы: Исследование показало наличие корреляционной зависимости между режимами шлифования и параметрами качествами ТПС. Наибольшая зависимость у параметров твердости и режимов обработки.

Список литературы

1. Бородин Д.А., Исследование закономерностей формирования поверхностного слоя деталей машин на примере пластинок из стали ШХ-15 / Д.А. Бородин, В.Ю. Блюменштейн, Сборник материалов V всероссийской, 58 научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая» В 2 томах. Ответственный редактор: В.Ю. Блюменштейн; Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева. Кемерово, 2013. С. 192-197.

2. Ящерицын, П. И. Технологическая наследственность в машиностроении. / П. И. Ящерицын, Э. В. Рыжов, В. И. Аверченков. – Минск: Наука и тех-ника, 1977. – 256 с.

3. Блюменштейн В. Ю. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин / В. Ю. Блюменштейн, В. М. Смелянский. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.: ил.

4. Блюменштейн В. Ю. Влияние режимов размерного совмещенного обкатывания на механическое состояние поверхностного слоя / В. Ю.

Блюменштейн, М. С. Махалов // Упрочняющие технологии и покрытия. - М.: Машиностроение, 2006. - № 5(17). - С. 21-29

5. Блюменштейн В.Ю., Смелянский В.М. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин. Монография. М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.: ил.

6. Технологическая наследственность в машиностроительном производстве / Дальский А.М., Б.М. Базров, А.С. Васильев и др. / Под ред. А.М. Дальского. – М.: Изд-во МАИ, 2000. – 364 с.: ил.

7. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебное пособие для вузов, М.: Высш. Шк., 1972. – 368.

8. Теория статистики. Под ред. Р.А. Шмойловой, М.: Финансы и статистика, 2001. – 557.