

Рис. 4. Температурное поле в детали.

Материал: сталь ЭИ347Ш. Режим шлифования:  $V = 26$  м/сек;  
 $V_{\text{изд.}} = 48$  м/мин;  $S_{\text{поп}} = 1$  мм/мин; круг Л12-В1-100

Предложенная в работе методика позволяет рассчитывать температурные поля в изделии в зависимости от условий шлифования при работе алмазными, эльборовыми и обычными абразивными кругами и тем самым оценивать теплонапряженность процесса резания.

В.Н.Трусов, Ф.П.Урывский

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРУГЛОГО ВРЕЗНОГО ЭЛЕКТРОАЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ СТАЛИ ЭИ347Ш

Общеизвестно, что совмещенные электрохимикомеханические способы обработки металлов дают возможность заметно повысить производительность процессов.

С целью изучения такой возможности были поставлены эксперименты по электроалмазному шлифованию (ЭАШ) теплостойкой стали ЭИ347Ш.

Эксперименты проводились на круглошлифовальном станке 312М, модернизированном под электроалмазную обработку с бесступенчатым регулированием поперечной подачи.

Образцами для исследований служили кольца  $\varnothing 52 \times \varnothing 45 \times 10 \text{ мм}$ , термообработанные по заводской технологии до HRC62-65.

При шлифовании применялся электролит следующего состава:  $\text{NaNO}_3$  - 10%;  $\text{NaNO}_2$  - 1%;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  - 0,5%; остальное - вода.

В качестве изменяющихся факторов изучались: поперечная подача ( $S_n$ ), напряжение технологического тока ( $U$ ), скорость вращения изделия ( $V_u$ ), связка (MI и MBI), зернистость кругов ( $Z_k$ ), направление технологического тока ( $J$ ), скорость вращения круга ( $V_k$ ).

Учитывая большое разнообразие действующих факторов и их взаимодействие в процессе ЭАШ, были поставлены отсеивающие эксперименты по методу случайного баланса [1,2].

В качестве плана отсеивающего эксперимента была взята матрица со слабо коррелированными столбцами, представленная в [2].

Условия и матрица планирования приведены в табл. I.

Параметром оптимизации при отсеивающих экспериментах принята радиальная составляющая силы резания ( $P_y$ ).

Необходимость выбора в качестве параметра оптимизации одной из составляющих силы резания вызвана тем, что другие параметры (износ круга, величина технологического тока) не всегда могут дать достаточно четкое представление о характере протекающего процесса вследствие засаливания режущей поверхности круга.

Для измерения сил шлифования был разработан и изготовлен двухкомпонентный динамометрический задний центр, схема которого представлена на рис. I.

Чувствительными элементами динамометра служили фольговые датчики типа ФК-П-20-100 (рис. I-I-I-8).

Результаты проведенных исследований, осредненные для каждого опыта, представлены в табл. I.

Анализ полученных результатов после построения диаграммы рассеивания (рис. 2) по разности медиан и числу выделившихся точек приводит к выводу о том, что при проведении дальнейших исследований можно пренебречь шестью эффектами взаимодействия, которые дали на диаграмме рассеивания разность медиан меньше 2 и число выделившихся точек меньше 4.

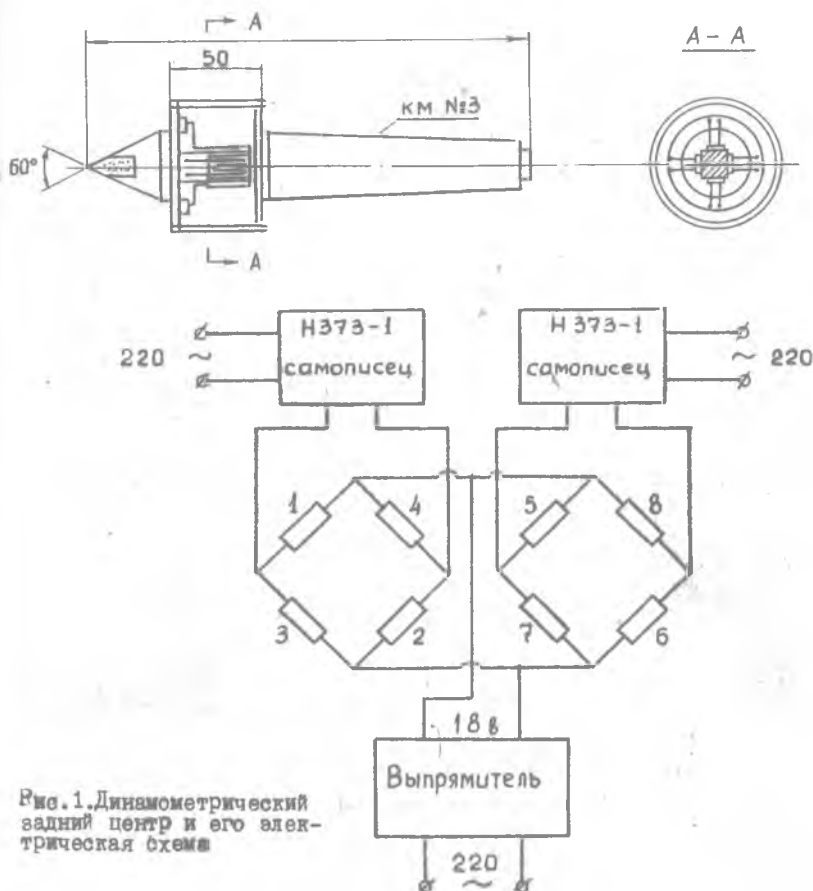


Рис. 1. Динамометрический задний центр и его электрическая схема

Принимая во внимание то обстоятельство, что из семи изучаемых факторов два являются качественными (направление технологического тока и связка алмазного круга), количественному варьированию, следовательно, можно подвергнуть пять факторов. А из эффектов взаимодействия, исходя из сказанного выше, останется возможным оценить количественно только шесть:  $X_1X_3$ ,  $X_1X_4$ ,  $X_1X_7$ ,  $X_3X_4$ ,  $X_4X_7$ ,  $X_2X_7$ .

Значит при проведении дальнейших экспериментов достаточно сделать 13 опытов, чтобы оценить коэффициенты уравнения регрессии вида

$$\lg y = b_0 + \sum b_i \lg x_i + \sum b_{ij} \lg x_i x_j.$$

Рис. 2. Диаграмма рассеивания результатов наблюдений по уровням факторов

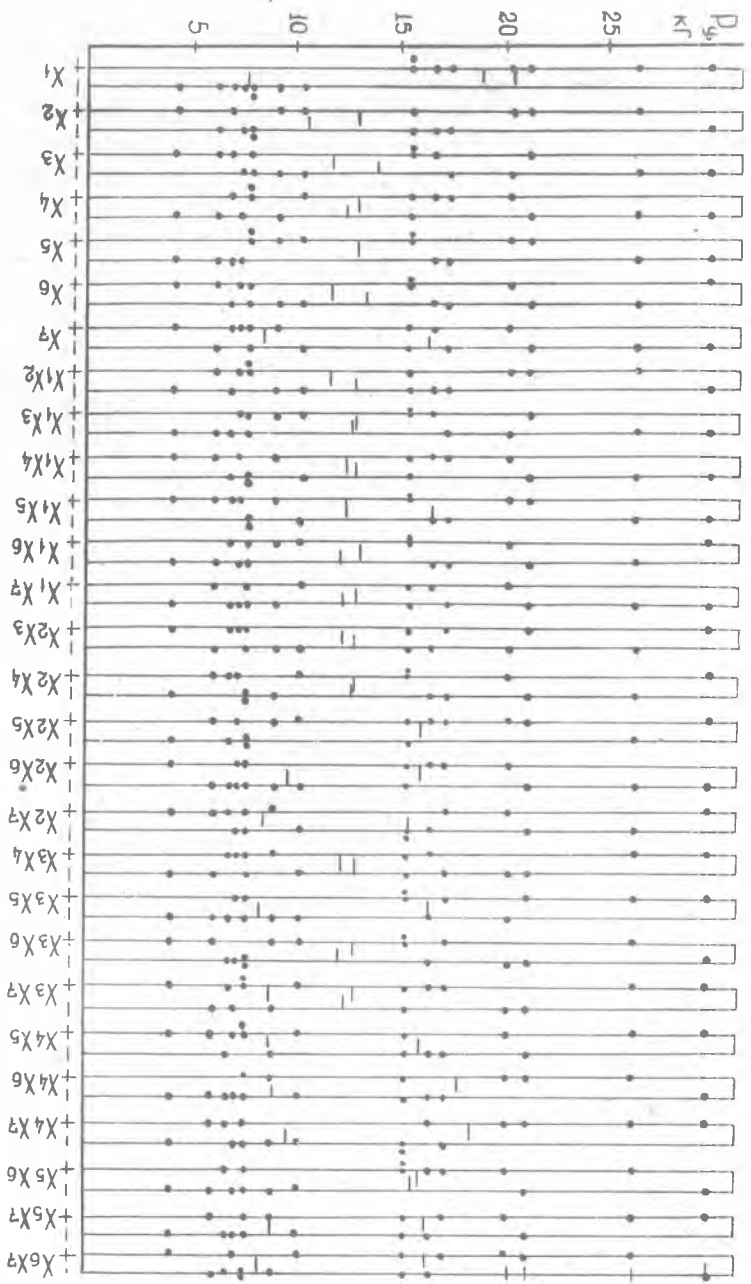


Таблица 1

Условия планирования, матрица случайного баланса и результаты опытов

Условия планирования	$\bar{v}_1$ , мм/мин	$\bar{v}_2$ , в	$\bar{v}_3$ , мм	$\bar{v}_4$ , м/сек	Марка связки	Полярность	$\bar{v}_7$ , м/мин	
Натуральные значения факторов	$\tilde{X}_1$	$\tilde{X}_2$	$\tilde{X}_3$	$\tilde{X}_4$	$\tilde{X}_5$	$\tilde{X}_6$	$\tilde{X}_7$	
Верхний уровень	1	12	160/125	40	M1	прямая	60	
Нижний уровень	0,2	6	125/100	20	MВ1	обратная	20	
Модифицированное значение	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	
№ опыта								$R_{y, \text{кгс}}$
1	-	-	+	+	+	-	+	7,5
2	+	-	-	+	-	-	-	17,
3	-	+	-	+	+	-	-	9,9
4	+	+	+	+	+	+	-	15,2
5	-	-	-	-	-	+	+	7
6	+	-	+	-	+	+	+	15,2
7	-	+	+	-	-	+	+	4,1
8	+	+	-	-	-	-	-	26
9	-	-	+	-	-	+	-	6
10	+	-	-	-	-	+	-	29,4
11	-	+	-	-	+	-	+	9
12	+	+	+	-	+	-	-	20,8
13	-	-	-	+	+	+	-	7,4
14	+	-	+	+	-	-	+	16,8
15	-	+	+	+	-	-	+	6,6
16	+	+	-	+	+	+	+	20

В качестве плана последующего эксперимента была взята полу-реплика от плана 2,

Матрица планирования и условия проведения опытов представлены в табл. 2.

При проведении опытов использовались круги на связке МВ1.

Т а б л и ц а 2

Матрица планирования  $2^{5-1}$  и результаты опытов

Условия планирования	Ф а к т о р ы									
	$S_n,$ мм/мин	$U,$ в	$Z_k,$ мкм	$V_k,$ м/сек	$U_u,$ м/мин					
	$\bar{X}_1$	$\bar{X}_2$	$\bar{X}_3$	$\bar{X}_4$	$\bar{X}_5$					
Верхний уровень	1	12	250/200	40	65					
Нижний уровень	0,2	6	160/125	20	25					
Модифицированное значение	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\lg \bar{P}_z$	$\lg \bar{P}_y$	$\lg \Delta \bar{h}$	$\lg \bar{J}$
№ опыта:										
1	+	-	-	-	-	+	-0,428	0,456	0,93	1,69
2	+	+	-	-	-	+	0,605	1,3	0,83	1,77
3	+	-	+	-	-	+	-0,307	0,336	1,02	1,78
4	+	+	+	-	-	+	0,454	1,07	1,6	2,05
5	+	-	-	+	-	-	-0,03	0,81	0,86	1,67
6	+	+	-	+	-	-	0,678	1,23	1,9	1,77
7	+	-	+	+	-	-	-0,324	0,476	0,82	1,6
8	+	+	+	+	-	-	0,316	0,869	1,52	1,92
9	+	-	-	-	+	-	-0,176	0,768	0,69	1,52
10	+	+	-	-	+	-	0,25	1,092	1,34	1,93
11	+	-	+	-	+	-	-0,28	0,622	0,97	1,7
12	+	+	+	-	+	-	0,185	1,115	0,52	1,75
13	+	-	-	+	+	+	-0,144	0,668	0,66	1,36
14	+	+	-	+	+	+	0,168	1,056	0,68	1,69
15	+	-	+	+	+	+	-0,327	0,675	0,67	1,48
16	+	+	+	+	+	+	0,141	0,665	1,03	1,69

Изучалось изменение составляющих сил резания ( $P_z$ ,  $P_y$ ), величины технологического тока и удельного расхода алмаза ( $q$ ) в зависимости от указанных режимов обработки.

Износ алмазного круга в каждом опыте определялся непосредственно на станке путем осреднения замеров в восьми равностоящих по периметру точках круга.

Величина технологического тока регистрировалась по показывающему прибору.

Число параллельных опытов для всех условий планирования принималось одинаковым и равнялось трем. В табл. 1 и 2 представлены средние результаты замеров ( $P_y, P_z, \bar{J}, \Delta h$ ).

Обработка результатов экспериментов и определение коэффициентов уравнений регрессии для изучаемых параметров производились согласно методике [1,2] для уровня значимости 0,05.

Полученные математические модели после оценки их адекватности и значимости коэффициентов уравнений регрессии имеют вид

$$P_y = \frac{35,5 S_n^{0,63} V_U^{0,2}}{U^{0,61} \cdot 3_k^{0,1} \lg S_n \sqrt{0,16 \lg S_n}} \quad \text{кгс};$$

$$P_z = 23,4 \frac{S_n^{0,86}}{U^{0,44} \sqrt{0,48 + 0,2 \lg S_n}} \quad \text{кгс};$$

$$\bar{J} = 100 S_n^{0,32} V_U^{0,35} \lg S_n \quad \text{а};$$

$$q = 193 \frac{S_n^{0,61} \cdot 3_k^{0,17}}{\sqrt{0,96 + 0,31 \lg S_n}} \quad \text{мг/з.}$$

Анализ представленных зависимостей показывает, что в наибольшей степени эти параметры зависят от величины поперечной подачи.

Величина напряжения, подводимого в зону обработки, значительно влияет на силы резания, но практически не сказывается на изменении удельного расхода алмазов и величине технологического тока. Это, по всей видимости, объясняется тем, что скорость протекания электрохимических реакций в межэлектродном зазоре увеличивается с ростом напряжения. Увеличение скорости растворения обрабатываемого материала приводит к увеличению толщины окисной пленки, образующейся за один оборот изделия, а значит, к уменьшению доли механического резания и, следовательно, сил резания. Но вместе с тем увеличение толщины окисной пленки является причиной повышения электрического сопротивления технологической цепи. Взаимодействие двух факторов (напряжения и толщины окисной пленки) приводит, по всей вероятности, к стабилизации величины тока при неизменных остальных факторах.

Увеличение зернистости кругов в рассматриваемом диапазоне снижает удельный расход алмазов приблизительно на 10%.

Изменение окружной скорости вращения круга приводит к снижению  $q$  в 1,8 раза.

Сопоставление производительности рассматриваемого процесса с производительностью обычного абразивного шлифования стали ЭИ347Ш ( $S_n \leq 0,12$  мм/мин) приводит к выводу о возможности повышения ее при использовании ЭШ как минимум в 2-3 раза. Удельный расход алмазов при этом не превысит 2 мг/г.

### Л и т е р а т у р а

1. К а ц е в П.Г. Статистические методы исследования режущего инструмента. М., "Машиностроение", 1974.
2. Оптимизация технологических процессов в гальванотехнике. М., "Машиностроение", 1972.

В.А.Хрульков, Ю.Б.Дмитриев

### НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ СИЛ РЕЗАНИЯ ПРИ КРУГЛОМ ШЛИФОВАНИИ

При проведении экспериментальных работ по определению сил резания в зависимости от различных параметров процесса шлифования использовался тензометрический центр, устанавливаемый в заднюю бабку станка модели ВЕ-33.

Одновременно измерялись силы резания  $P_y$  и  $P_z$ . Для этой цели деформируемая часть тензометрического центра была выполнена в виде четырехгранника. Деформации воспринимались четырьмя тензодатчиками с базой 20 мм и сопротивлением 183 бма - по два тензодатчика на каждую составляющую.

По принятой схеме включения тензодатчиков, измеряемый ток усиливается четырехканальным тензоусилителем ТА-5 и подается на шлейф осциллографа Н-700.

Для уменьшения погрешностей при измерении сил резания с помощью заднего тензоцентра шлифованию подвергались образцы длиной не более 40 мм.

Особенностью разработанной методики измерения сил резания при шлифовании является то, что с целью снижения трудоемкости экспери-