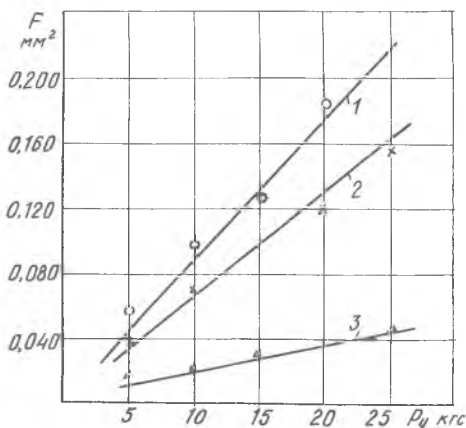


где величина полного сближения  $\delta_n$  вычисляется по формуле (1), в которой коэффициент  $\alpha_\delta = 0,52$ .

Опытная проверка зависимостей, полученных для определения площади контакта, дает хорошую их сходимость с экспериментальными данными (см. табл. 1, рис. 2).



Р и с. 2. Зависимость площади контакта  $F$  от силы выглаживания: 1 - дуралюмин Д16Т, НВ130,  $R = 3,0$  мм; 2 - сталь 40Х (НВ 160),  $R = 2,75$  мм; 3 - сталь У100А (НRC 60),  $R = 1,0$  мм

#### Л и т е р а т у р а

1. Папшев Д.Д. Упрочнение деталей обкаткой шариками. М., "Машиностроение", 1968.
2. Тимошенко С.П. Теория упругости. М.-Л., ОНТИ-ГТИ, 1934.
3. Лурье А.И. Теория упругости. М., "Наука", 1970.
4. Коровчинский Н.В. Распределение напряжений в окрестности локального контакта упругих тел при одновременном действии нормальных и касательных усилий в контакте. "Машиноведение" 1967, № 6.
5. Ильяшин А.А. Пластичность. Гостехиздат, 1948.

УДК 621.787.4

С.Ш. Лахер, П.А. Чеча

#### КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ СОВМЕСТНОЙ ЧИСТОВОЙ ОБРАБОТКЕ ТОЧЕНИЕМ И АЛМАЗНЫМ ВЫГЛАЖИВАНИЕМ

Одним из технологических способов повышения долговечности деталей машин является совместная обработка их чистовым точением и алмазным выглаживанием. Следующий за резцом сферический

16-7634

алмаз сглаживает микронеровности резания, уменьшает шероховатость и изменяет характер микрорельефа обработанной поверхности.

В работе изложены результаты исследования влияния режимов совместной чистовой обработки на качество обработанной поверхности. Исследование проводилось на образцах стали 45 (НВ187-200) и чугуна СЧ 21-40 (НВ170-241) на токарно-винторезном станке 1К62 с помощью специальной державки, конструкция которой показана на рис.1. В корпус 1 с помощью винтов 2 закреплялся резец 3. На расстоянии 1,5-2 мм от плоскости резания устанавливался алмазный наконечник 4. Усилие выглаживания создавалось пружиной 5 и регулировалось с помощью винта 6. Натяг между алмазом и обрабатываемой поверхностью создавался резьбовой втулкой 7.

Материал и геометрия инструментов приведены в табл.1.

Т а б л и ц а 1.

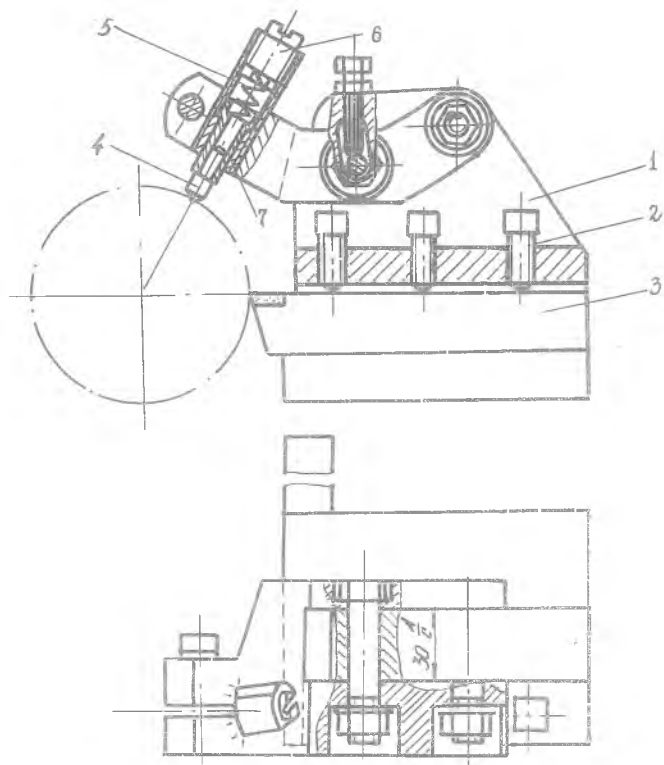
Обрабатываемый материал	Материал резца	Геометрия резца						Радиус сферы алмаза, R сф. мм
		$\gamma^\circ$	$\alpha^\circ$	$\varphi^\circ$	$\varphi_1^\circ$	$\lambda^\circ$	$r$ мм	
Сталь 45	Т30К4	0	8	45	10	0	0,15	2,5
Чугун СЧ 21-40	ВК8М	0 5	10	45	45	0	0,5 1,0	3

При обработке стали в качестве смазывающе-охлаждающей жидкости применялось масло индустриальное 20, а для чугуна - керосин.

Исследование проводилось с применением центрального композиционного планирования полнофакторного эксперимента типа  $2^4$  [1], [2]. За параметр оптимизации была принята шероховатость обработанной поверхности. Факторами являлись такие составляющие режимов резания, как усилие выглаживания, подача, скорость обработки и шероховатость после чистового точения  $R_{a_1}$ . Значения факторов и интервалы их варьирования (табл.2) выбирались с учетом данных, приведенных в работе [3].

При статистической обработке данных установлено, что дисперсии параметра оптимизации по всей матрице планирования однородны. Каждый опыт в матрице дублировался три раза. Средние значения

шероховатости в зависимости от комбинаций режимов при совместной обработке стали изменялись в пределах  $R_a = 0,121-0,350$  мкм ( $\nabla 10 - \nabla 8$ ), при обработке чугуна - в пределах  $R_a = 0,330-1,01$  мкм ( $\nabla 8 - \nabla 7$ ).



Р и с.1. Державка для совместной обработки точением и алмазным выглаживанием

На основе результатов проведенных экспериментов для Ст.45 выведена зависимость шероховатости от режимов обработки в пределах принятых интервалов варьирования:

$$R_a = 0,1930 - 0,0278X_1 + 0,0281X_2 + 0,0534X_4 - 0,00838X_1X_4 + 0,0056X_3X_4 + 0,0142X_1^2 + 0,0100X_2^2. (1)$$

Таблица 2

Факторы	Обработанный материал	Интервалы варьирования	Кодированное значение факторов				
			+I	0	-I	+ $\alpha$	- $\alpha$
I Усилие выглаживания Р, кгс	X <sub>1</sub> Сталь 45 Чугун СЧ21-40	2,5 4,5	I5 I8,5	I2,5 I4,0	I0 9,5	I6,04 23,1	8,96 5,1
II Поддача S, мм/об	X <sub>2</sub> Сталь 45 Чугун СЧ21-40	0,025 0,085		0,06 0,038		0,095 0,025	
III Скорость обработки V, м/мин	X <sub>3</sub> Сталь 45 Чугун СЧ21-40	20 25	I70 I34	I50 I07	I30 82	200 I67	I07 69
IV Исходная шероховатость R <sub>a</sub> , мкм	X <sub>4</sub> Сталь 45 Чугун СЧ21-40	0,42 0,45	I,42- I,77	I,0- I,35	I,59- 0,93	I,59- I,94	0,4I- 0,76

Для чугуна эта зависимость имеет следующий вид:

$$R_a = 0,4890 - 0,124X_1 + 0,0776X_2 + 0,1043X_4 - 0,0200X_1X_2 - 0,288X_1X_4 + 0,0313X_2X_3 + 0,0363X_2X_4 + 0,0345X_1^2 + 0,0342X_2^2 \quad (2)$$

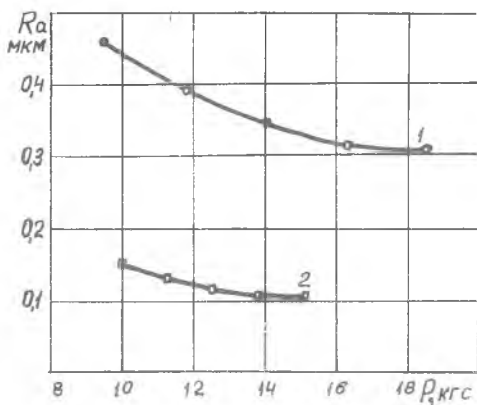
Анализ уравнений (1) и (2) показывает, что на шероховатость обработанной поверхности наиболее сильное влияние оказывают усилия выглаживания, шероховатость после чистового точения и поддача. Как оказалось, скорость обработки - это незначительный фактор, однако, взаимодействие двух факторов - скорости с исходной шероховатостью при обработке стали и с подачей при обработке чугуна - оказывает определенное влияние на шероховатость. Это подтверждают выведенные уравнения.

Как видно из рис.2, с возрастанием усилия наблюдается уменьшение шероховатости обработанной поверхности, что можно объяснить повышением интенсивности смятия выступов исходных микронеровностей. Более полное заполнение впадин микронеровностей металлом выступов наблюдается при оптимальном усилии, которое для стали равно 13-15 кгс, а для чугуна - 18 кгс. С увеличением поддачи

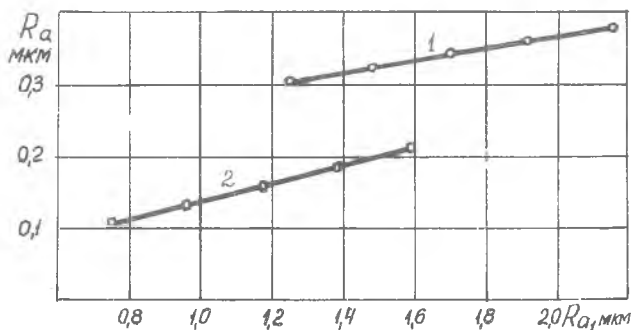
повышается шероховатость обработанной поверхности, что отчасти обусловлено ростом высоты микронеровностей при чистовом точении и снижением кратности деформации при выглаживании. Наименьшая шероховатость получена в интервале подач 0,03–0,05 мм/об.

При увеличении высоты исходных микронеровностей шероховатость обработанной поверхности также повышается (рис.3).

Исследуемые материалы эффективно выглаживаются при шероховатости после чистового точения не ниже 6–7 классов.



Р и с.2. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от усилия выглаживания: 1 - при обработке чугуна ( $R_{сф} = 3,0$  мм,  $S = 0,035$  мм/об,  $v = 134$  м/мин,  $R_a = 1,25$  мкм); 2 - при обработке стали ( $R_{сф} = 2,5$  мм,  $S = 0,035$  мм/об,  $v = 170$  м/мин,  $R_a = 1,26$  мкм)



Р и с.3. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от шероховатости точеной поверхности: 1 - при обработке чугуна ( $P = 18,5$  кгс,  $R_{сф} = 3$  мм,  $S = 0,035$  мм/об,  $v = 134$  м/мин); 2 - при обработке стали ( $P = 15$  кгс;  $R_{сф} = 2,5$  мм,  $S = 0,035$  мм/об,  $v = 170$  м/мин)

При совместной обработке чистовым точением и алмазным выглаживанием поверхностная микротвердость Ст.45 увеличивается от 200 до 554 кгс/мм<sup>2</sup> (рис.4). Величина и глубина упрочнения зависят от режимов обработки. Наибольшее влияние на наклеп оказывает усилие выглаживания. Максимальное значение микротвердости получается при усиллии, соответствующем наименьшей шероховатости поверхности (рис.4, кривая 3).

Совместный метод обработки позволяет наводить в поверхностном слое остаточные напряжения сжатия. Они определялись на кольцах диаметром 58 мм с толщиной стенки 4 мм по методике, приведенной в [4].

На рис.5 показаны эпюры тангенциальных остаточных напряжений для Ст.45 с различными усилиями выглаживания. Анализ эпюр показывает, что с увеличением усилия выглаживания в пределах 8-20кгс максимальная величина тангенциальных остаточных напряжений сжатия возрастает от 14,8 до 33,1 кгс/мм<sup>2</sup>. Максимальные значения остаточных напряжений смещены на глубину 0,04-0,07 мм.

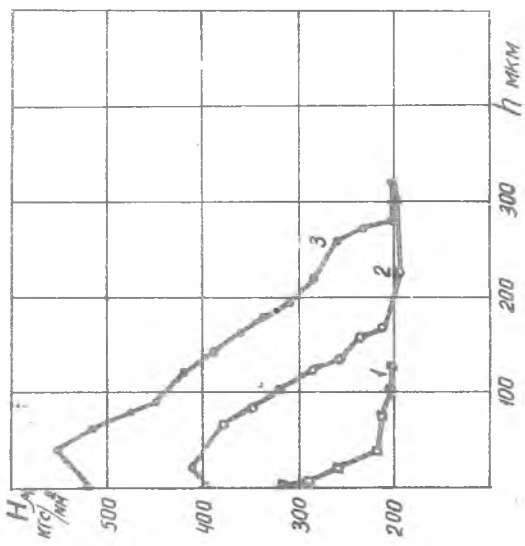
Точность совместной обработки чистовым точением и алмазным выглаживанием при оптимальных режимах соответствует 2-3 классу, а некрутость составляет 2,5 - 10 мкм.

Метод совместной обработки прошел производственную проверку на Витебском станкостроительном заводе им. С.М. Кирова при обработке детали заточного станка с требуемой шероховатостью поверхности  $\nabla 8$  и точностью по третьему классу. При этом существенно возросла производительность обработки.

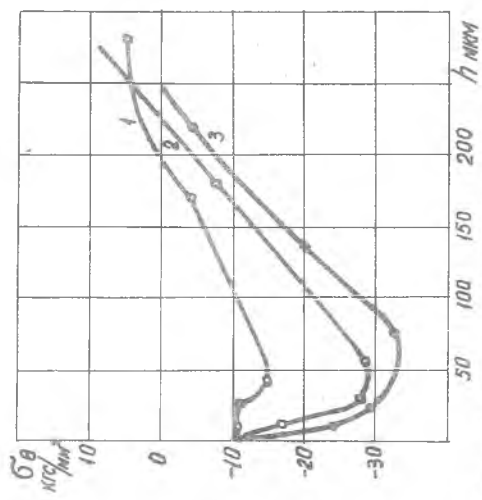
Таким образом, совместная обработка чистовым точением и алмазным выглаживанием обеспечивает точность обработки 2-3 класса, шероховатость поверхности Ст. 45 -  $\nabla 9$  -  $\nabla 10$ , чугуна СЧ21-40 -  $\nabla 8$ . В обработанной поверхности повышается микротвердость и наводятся остаточные напряжения сжатия.

#### Л и т е р а т у р а

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., "Машиностроение", 1965.
2. Оптимизация технологических процессов в гальванотехнике. М., "Машиностроение", 1972.
3. Горболо В.М. "Алмазное выглаживание". М., 1972, № 2.
4. Биргер И.А. Остаточные напряжения. М., "Машиностроение", 1963.



Р и о. 4. Изменение микротвердости по глубине поверхностного слоя: 1 - точка; 2 - выглаживание,  $P = 10$  кгс; 3 - выглаживание,  $P = 15$  кгс



Р и с. 5. Эпюры тангенциальных остаточных напряжений в поверхностном слое Ст. 45 при усилиях выглаживания: 1, 2, 3 соответственно  $P = 8, 16, 20$  кгс