

риала вглубь детали и как следствие увеличение углов  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$ . При дальнейшем возрастании продольной подачи до 0,3 мм/об проскальзывание оказывается таким, что деформация локализуется в тонком поверхностном слое и процесс поверхностного пластического деформирования становится близок к процессу выглаживания — углы  $\varphi_1$  и  $\varphi_2$  уменьшаются.

УДК 621.7.01

П.С.ЧИСТОСЕРДОВ, канд.техн.наук,  
А.Н.ЖИГАЛОВ (ММИ)

### РАЦИОНАЛЬНЫЕ СХЕМЫ НЕУРАВНОВЕШЕННЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Совмещенная обработка (СО) резанием и ППД различных поверхностей комбинированными инструментами (КИ) является эффективным методом повышения производительности труда и качества обработанных поверхностей деталей машин.

При СО, когда в процессе одновременно участвуют режущие и деформирующие элементы (РЭ и ДЭ), значительно возрастают суммарные силы, действующие на технологическую систему СПИД, что ведет к увеличению упругих отжатий ее звеньев и снижению точности обработанной поверхности. Особенно это относится к СО неуравновешенными КИ, когда РЭ и ДЭ расположены рядом или под некоторым углом друг к другу.

В этом случае упругое отжатие

$$y = \frac{\Sigma P}{j} = \frac{P_p + P_d}{j},$$

где  $\Sigma P$  — суммарная сила;  $P_p$  — равнодействующая составляющих  $P_y$  и  $P_z$  силы резания;  $P_d$  — усилие деформирования.

Колебания составляющих суммарной силы  $\Sigma P$  вызывают изменение упругих отжатий в системе СПИД. Разность максимальных и минимальных упругих отжатий  $\Delta y = y_{\max} - y_{\min}$  определит погрешность обработки:

$$\Delta y = \frac{\Delta P_{\max} - \Sigma P_{\min}}{j} = \frac{\Delta \Sigma P}{j}.$$

Известно, что на упругие отжатия решающее влияние оказывает составляющая силы резания, направленная перпендикулярно к обрабатываемой поверхности, т. е.  $\Sigma P_y$ , являющаяся проекцией суммарной силы на ось  $OY$ .

Разработан способ управления точностью обработки путем изменения угла  $\alpha$  между РЭ и ДЭ при постоянном усилии деформирования [3]. При этом стабилизируют проекцию суммарной силы  $\Sigma P$  на ось  $OY$ .

На рис. 1 приведена схема сил, действующих на комбинированный инструмент ( $P'_{zр}$ ,  $P'_{yр}$ ,  $P'_p$ ,  $P'_{уд}$ ,  $\Sigma P'$ ), и равных им, но направленных в противоположную сторону сил, действующих на заготовку ( $P_{zр}$ ,  $P_{yр}$ ,  $P_p$ ,  $P_{уд}$ ,  $\Sigma P$ ),

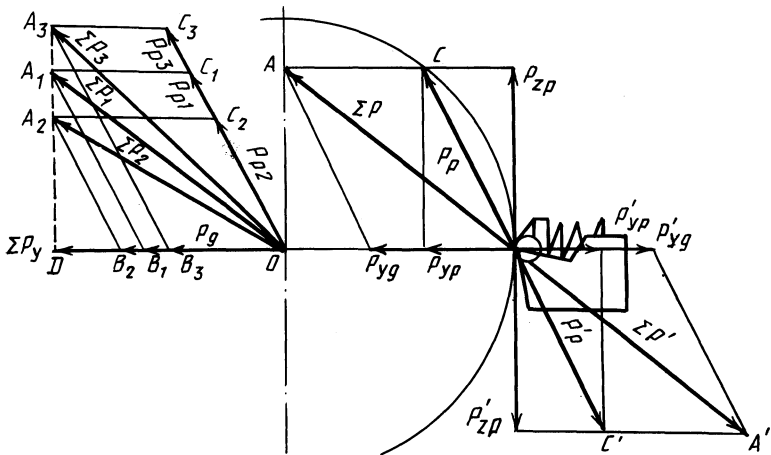


Рис. 1. Схема действия сил резания и усилия деформирования на инструмент и заготовку и схема управления точностью обработки усилием деформирования

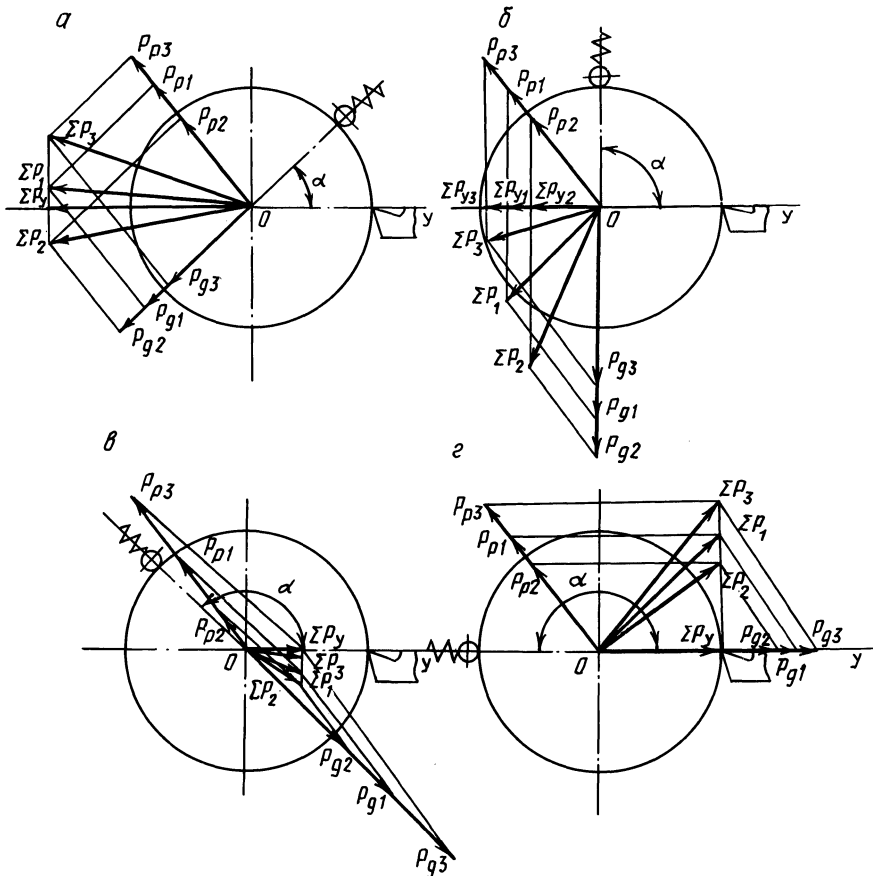


Рис. 2. Схемы управления точностью обработки усилием деформирования при: а -  $0 < \alpha < 90^\circ$ ; б -  $\alpha = 90^\circ$ ; в -  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ ; г -  $\alpha = 180^\circ$

когда режущий элемент работает на полустовых режимах обработки. Дается схема управления точностью обработки усилием деформирования, когда действующие силы приведены к оси заготовки.

При изменении силы  $P_p$  ( $P_{p1} = OC$ ,  $P_{p2} = OC_2$ ,  $P_{p3} = OC_3$ ) проекция  $\Sigma P$  на ось  $OY$  остается постоянной ( $OD$ ) за счет изменения усилий деформирования  $P_d$  ( $P_{d1} = OB_1$ ;  $P_{d2} = OB_2$ ;  $P_{d3} = OB_3$ ). При постоянной проекции суммарной силы на ось  $OY$  упругие отжатия в системе СПИД вдоль этой оси будут также постоянными, и  $\Delta y = 0$ . При таком условии рассеивание размеров партии заготовок будет весьма незначительным.

Однако это условие не всегда выполнимо. При расположении ДЭ относительно РЭ под углом  $\alpha = 90^\circ$  (рис. 2, б) или  $\alpha = 270^\circ$  усилие деформирования направлено перпендикулярно к оси  $OY$ , его проекция на эту ось равна нулю, и любое изменение усилия деформирования не приведет к стабилизации проекции суммарной силы на ось  $OY$ .

Таким образом, комбинированными инструментами с деформирующими и режущими элементами, расположенными под углом  $\alpha = 90^\circ$  или  $\alpha = 270^\circ$ , невозможно осуществлять управление точностью при совмещенной обработке.

На рис. 2 показаны схемы управления точностью изменением усилия деформирования при различных углах  $\alpha$  (от 0 до  $180^\circ$ ). При  $\alpha$ , изменяющихся от  $180^\circ$  до  $360^\circ$ , схемы имеют аналогичный вид, но проекции суммарных сил направлены в противоположную сторону. При углах  $0 \leq \alpha < 90^\circ$  и  $270^\circ < \alpha \leq 360^\circ$  увеличение сил резания требует уменьшения усилия деформирования, а при  $90^\circ < \alpha < 270^\circ$  — его увеличения.

Проекция суммарной силы от силы резания и усилия деформирования, действующих на КИ, определяется по формуле

$$\Sigma P_y = P_y + P_d \cos \alpha, \quad (1)$$

где  $P_y$  — составляющая силы резания по оси  $OY$ .

Используя схемы, приведенные на рис. 1 и 2, и зависимость (1), определим проекции суммарных сил  $\Sigma P$  на ось  $OY$  при различных углах  $\alpha$ . В значительной степени  $\Sigma P_y$  влияет на точность обработки. При уменьшении  $\Sigma P_y$  повышается геометрическая точность формы обработанной поверхности.

В табл. 1 приведены значения  $\Sigma P_y$  для различных схем КИ.

Как видно из таблицы, наиболее рациональными схемами КИ с управлением точностью в процессе обработки являются четвертая и шестая, для которых проекции суммарной силы имеют минимальные значения, так как

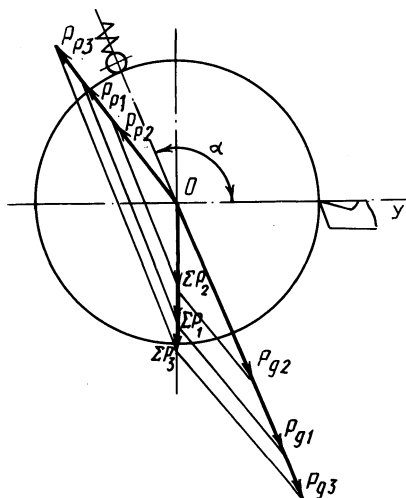


Рис. 3. Схема управления точностью обработки усилием деформирования, когда  $\Sigma P_y = 0$

Таблица 1

Номер по порядку	Значения углов между РЭ и ДЭ	Возможность управления усилиями деформирования	Проекция силы на ось ОУ	Направление проекции силы $\Sigma P$ по оси ОУ
1	0	Да	$P_y + P_d$	—
2	0... 90°	Да	$P_y + P_d \cos \alpha$	—
3	90°	Нет	—	—
4	90° .. 180°	Да	$P_y - P_d \sin \alpha$	+
5	180°	Да	$P_y - P_d$	+
6	180° .. 270°	Да	$P_y - P_d \cos \alpha$	+
7	270°	Нет	—	—
8	270° .. 360°	Да	$P_y + P_d \sin \alpha$	—

Пр и м е ч а н и е : "+" — направление, совпадающее с осью ОУ, "—" — противоположное оси ОУ.

$$\Sigma P_y = P_y - P_d \sin \alpha; \quad \Sigma P_x = P_y - P_d \cos \alpha. \quad (2)$$

Из выражений (2) следует, что

$$\alpha = \arcsin \left( \frac{P_y - \Sigma P_y}{P_d} \right); \quad \alpha = \arccos \left( \frac{P_y - \Sigma P_x}{P_d} \right). \quad (3)$$

При определенных значениях угла  $\alpha$  в схемах 4 и 6 проекции суммарных сил на ось ОУ могут стать равными нулю (рис.3). Это наиболее благоприятный случай, так как при  $\Delta \Sigma P_y = 0$  и  $\Delta y = 0$ .

Эти углы, как видно из формул (3), определяются следующими зависимостями:

$$\alpha = \arcsin (P_y/P_d); \quad \alpha = \arccos (P_y/P_d). \quad (4)$$

Из рассмотренных схем КИ с управлением точностью при СО наиболее рациональными являются схемы 4 и 6 таблицы, при этом угол между РЭ и ДЭ следует определять по формулам (4).

УДК 621.762.8:621.724.4

А.А.ЯРОШЕВИЧ, М.И.БАРКУН,  
В.А.КОВАЛЕВСКИЙ (БПИ)

### ШЕРОХОВАТОСТЬ И МИКРОТВЕРДОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОСЛЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ

Объектом исследования явились роторы аксиально-поршневых гидромоторов (материал — ЖГр-2 с относительной плотностью 94...96 %), к которым предъявляются высокие требования по шероховатости ( $Ra 0,32$ ). Для обеспе-