

а уравнение (11) превращается в

$$(m + \mu) \dot{v} = -PS_1 - N\alpha(v). \quad (18)$$

Последнее уравнение интегрируется в квадратурах и дает функцию  $x = x(v)$ . Таким образом, уравнения (18) и (17) однозначно определяют  $S(x)$  для тех точек, где  $P_1 > P$ .

Используя характеристику дросселя  $y = y(S)$ , где  $y$  — ход толкателя, и функцию  $S(x)$ , можно определить конструктивные размеры клина тормозного устройства. При численном нахождении функции  $y(x)$  была составлена программа на языке FORTRAN для ЭВМ ЕС-1020.

#### Л и т е р а т у р а

1. Брон Л.С., Тартаковский Ш.Э. Гидравлический привод агрегатных станков и автоматических линий. М., 1974.

УДК 621.919

П.С. Чистосердов, канд.техн.наук,  
А.П. Сахаров, канд.техн.наук

### ОБРАБОТКА ПУСТОТЕЛЬХ НЕЖЕСТКИХ ПЛУНЖЕРОВ КОМБИНИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Одним из способов повышения производительности труда на финишных операциях является применение комбинированных инструментов, позволяющих совмещать процессы резания и ППД [2].

На кафедре технологии машиностроения Могилевского машиностроительного института проведены исследования процесса совмещенной обработки резанием и ППД наружных цилиндрических поверхностей пустотелых плунжеров большой длины. Для определения влияния элементов режима обработки на шероховатость обработанной поверхности использовался метод полнофакторного планирования экспериментов (ПФЭ). В качестве факторов были приняты: скорость резания (накатывания), подача режущего (деформирующего) элемента, глубина резания режущего элемента и усилие (натяг) деформирующего элемента. Интервалы и уровни варьирования факторов приняты на основании априорной информации в диапазонах, где зависимость шероховатости от каждого из факторов линейна или близка к ней. Характеристика условий проведения ПФЭ при обработке комбинированным инструментом с тремя подпружиненными де-

формирующими элементами, равнорасположенными по окружности (шары  $\varnothing$  9,5 мм), и резцом с неперетачиваемой твердосплавной пластиной Т15К6 образцов  $\varnothing$  50 мм из стали 20 (труба 57 x 12) дана в табл. 1.

Уровни скорости резания и величины подачи приняты по паспортным данным станка 1К625, на котором проводились эксперименты. Уровни значений глубины резания вводились в ПФЭ за счет изменения припуска заготовок, а усилия деформирования — путем установки определенной величины деформации пакета тарированных тарельчатых пружин.

На основании полуреплики ПФЭ типа  $2^{4-1} = 8$  проведен эксперимент с учетом рандомизации опытов и определены коэффициенты уравнения регрессии. Все расчеты, необходимые для определения величины среднеквадратичной ошибки опыта, значимости коэффициентов и адекватности математической модели, сделаны согласно [1]. Коэффициенты регрессии равны:  $b = 0,54$ ;  $b_1 = 0,21$ ;  $b_2 = -0,053$ ;  $b_3 = -0,0037$ ;  $b_4 = -0,114$ .

С учетом значимости коэффициентов регрессии математическая модель имеет вид

$$y = 0,54 + 0,21x_1 - 0,053x_2 - 0,114x_4. \quad (1)$$

В уравнение (1) факторы входят в кодовых значениях. Пользуясь зависимостями  $x_1 = \frac{S - 0,21}{0,07}$ ;  $x_2 = \frac{t - 0,5}{0,25}$ ;  $x_4 = \frac{P - 20}{10}$ , получим уравнение регрессии (1) в натуральных величинах

$$R = 0,243 + 3S - 0,21t - 0,0114P. \quad (2)$$

Уравнение (2) справедливо для значений  $S, t, P$  в выбранных пределах варьирования.

Анализ полученной математической модели позволяет сделать следующие выводы: 1) наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности оказывает подача, с увеличением которой значительно возрастает шероховатость; 2) меньшее влияние на величину микронеровностей оказывает величина усилия деформирования. При этом с ростом усилия деформирования шероховатость обработанной поверхности уменьшается; 3) глубина резания в выбранном интервале варьирования

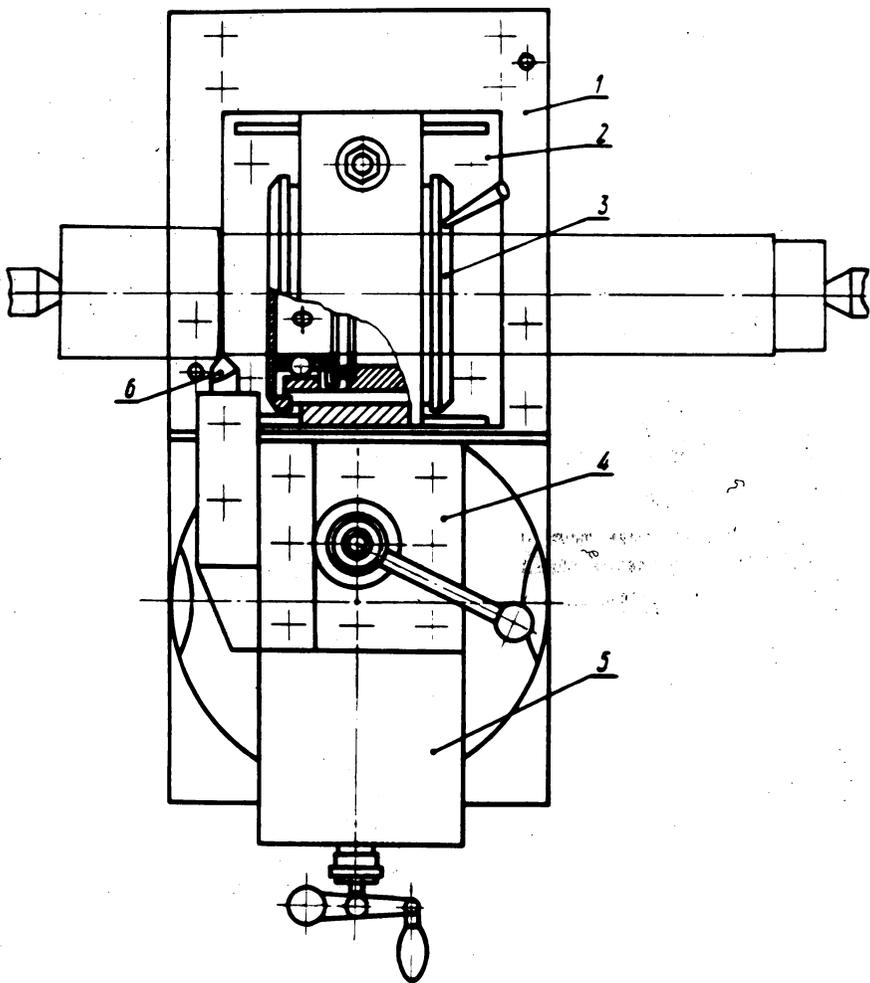


Рис. 1. Устройство для совмещенной обработки резанием и ППД.

Т а б л. 1.

Код	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4 = x_1 x_2$
Фактор	$S, \text{мм/об}$	$t, \text{мм}$	$V, \text{м/мин}$	$P, \text{кгс}$
Основной уровень	0,21	0,5	103,4	20
Интервал варьирования	0,07	0,25	16,4	10
Верхний уровень	0,28	0,75	131,0	30
Нижний уровень	0,14	0,25	82,0	10

оказывает небольшое влияние на шероховатость обработанной поверхности; 4) скорость обработки в принятом интервале варьирования не влияет на шероховатость поверхности.

Зависимость шероховатости поверхности, обработанной комбинированным инструментом, от подачи вызвана тем, что подача при совмещенной обработке "дважды" оказывает влияние на окончательную шероховатость. Во-первых, с изменением подачи изменяется шероховатость, полученная после режущего элемента (исходная шероховатость). Во-вторых, изменение подачи на деформирующий элемент также воздействует на окончательную шероховатость. Сравнительно меньшее влияние усилия обусловлено тем, что в выбранном диапазоне эта величина усилия имеет оптимальное значение.

Исследование точностных возможностей совмещенной обработки показало, что точность диаметральных размеров при обработке заготовок 4-го класса точности жесткими деформирующими элементами соответствует 3-му классу точности.

На основании проведенных исследований разработано устройство, позволяющее производить совмещенную обработку полых плунжеров гидроцилиндров на станке 1М63 (рис. 1). Оно состоит из накатной шариковой головки 3, установленной в корпусе 2. Корпус установлен на переходной плите 1, закрепленной болтами на суппорте станка. Верхние салазки 5 и резцедержатель 4, в котором установлена державка с резцом 6, повернуты на  $90^\circ$ . Обрабатываемая деталь устанавливается в центрах станка.

Промышленные испытания устройства показали, что при совмещенной обработке плунжеров диаметром  $50 \times_3$  и длиной 1600 мм шариковой накатной головкой с режимами обработки  $t = 0,25 \dots 0,5$  мм;  $S = 0,15 \dots 0,21$  мм/об;  $n = 400 \dots 800$  об/мин;  $i = 0,04 \dots 0,06$  мм достигается шероховатость 8 ... 9-го класса при заданной точности 3-го класса. Кроме того, было установлено, что при обработке плунжеров возможно применение деформирующих элементов в виде конических роликов. Это позволяет увеличить подачу при обработке до  $0,4 \dots 0,53$  мм/об.

Замена операции шлифования плунжеров обработкой резанием и ППД позволяет повысить производительность труда в 3...4 раза и получить высокое качество обработанной поверхности.

#### Л и т е р а т у р а

1. Новик Ф.С. Математический метод планирования экспериментов в металловедении. М., 1972. 2. Чистосердов

П.С. Комбинированные инструменты для совмещения процессов резания и поверхностного пластического деформирования. М., 1975.

УДК 621.91.01

А.А. Акинчиц

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТВЕРДОСТИ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ НА ИХ ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ РЕЗАНИЕМ

Установлено [1], что показатель твердости невозможно использовать для точной оценки обрабатываемости углеродистых сталей резанием. Однако в настоящее время изучение влияния твердости сталей на их обрабатываемость резанием представляет значительный интерес, так как твердость является наиболее доступной для определения в производственных условиях характеристикой металлов.

В данном исследовании для изучения влияния твердости на обрабатываемость углеродистых сталей были выбраны следующие марки сталей: Э12, 20, 45, У8Аи У12. Образцы этих ста-

Т а б л. 1. Результаты экспериментов и зависимости  $V_{60}$  от НВ

Марка стали	Диапазон изменения твердости НВ	Диапазон изменения скорости резания $V_{60}$ , м/мин	Зависимость $V_{60}$ от НВ	Коэффициент множественной корреляции, R
Э12	93—104	134,0—175,6	$V_{60} = \frac{176 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,04}}$	0,241
20	121—137	81,8—109,3	$V_{60} = \frac{1010 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,44}}$	0,653
45	174—212	34,1—50,0	$V_{60} = \frac{1185 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,51}}$	0,870
У8А	183—343	16,4—48,3	$V_{60} = \frac{852,7 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,48}}$	0,898
У12	190—290	17,9—48,8	$V_{60} = \frac{11360 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,92}}$	0,895
Э12, 20 45, У8А У12	93—343	16,4—175,6	$V_{60} = \frac{9590 \cdot 10^2}{\text{НВ}^{1,91}}$	0,986