



Гах В. М.

Пальцев В. А.

Гах И. О.

*Донбасская
государственная
машиностроительная
академия*

УДК 621.91

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ВИБРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА

В статье представлены результаты экспериментальных исследований различных технологий виброабразивной обработки сменных многогранных твердосплавных пластин.

The experimental research results of various techniques of vibroabrasive machining of replaceable multiplex hard-alloyed plates are presented in the paper.

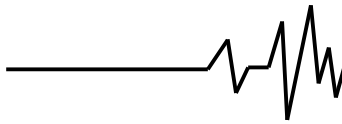
В результате виброабразивной обработки твердосплавного инструмента обеспечивается округление режущих кромок, уменьшение шероховатости режущих кромок и поверхностей лезвия, образование сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое твердого сплава [1]. Перечисленные изменения благоприятно влияют на прочность, износостойкость и виброустойчивость, а через них – на количественные характеристики безотказности и долговечности инструмента. Например, при черновом и получистовом точении заготовок из углеродистых и легированных сталей средний период и среднее число периодов стойкости повышаются в 1,5...2,0 раза, коэффициент вариации стойкости снижается в 1,5...2,5 раза, полный средний период стойкости повышается в 2,0...3,0 раза. Место виброабразивной обработки в технологическом процессе изготовления сменных многогранных твердосплавных пластин – после формообразующих операций (шлифования и доводки) и перед осаждением износостойких покрытий, если они предусмотрены.

В отечественном и зарубежном инструментальном производстве применяются три основные разновидности виброабразивной обработки твердосплавных пластин: обрабатываемые пластины равномерно распределяют по объёму рабочей камеры, содержащей абразивный наполнитель размером 10...30 мм (в дальнейшем – базовая ВО); обрабатываемые пластины размещают поштучно в ячейках кассет, содержащих

шлифовальное зерно (технология «Roto-vib» шведской фирмы Sandvik Coromant [2]; в дальнейшем – Roto-vib); обрабатываемые пластины размещают поштучно в ячейках ложементов, содержащих шлифзерно или абразивные гранулы размером 2...10 мм (технология «Вибринт» Усть-Каменогорского СКБ ГОРМАШ [3]; в дальнейшем – Вибринт).

Базовая виброабразивная обработка сменных многогранных твердосплавных пластин производится в специальной вибрационной машине ВМ40С (рис.1) [2]. Рабочая камера 1 облицована изнутри износостойкой резиной. Для исключения завихрения загрузки одна из стенок округлена. Камера установлена на сварном каркасе 3 при помощи четырех пружин 2. К днищу камеры прикреплен вибратор 5 (электродвигатель с несбалансированными грузами), предназначенный для возбуждения колебаний и перемещения загрузки по круговой или эллиптической траектории. Для повышения производительности и равномерности обработки в камере установлена вставка 10.

Для удаления продуктов износа наполнителя и обрабатываемых изделий машина снабжена электронасосом 15 и баком-отстойником 16. Рабочая жидкость из бака-отстойника нагнетается в распределительную трубку 9 и разбрызгивается в рабочую камеру, а затем через сливной патрубок 13 сливается вместе с продуктами износа обратно в бак-отстойник. Амплитуду колебаний регулируют при помощи модернизированных дисбалансных узлов – снимают крышки



вибратора и поворачивают наружные дисбалансы по отношению к внутренним. Фиксированным положениям дисбалансов

соответствуют амплитуды от 0,15 до 0,90 мм через 0,15 мм.

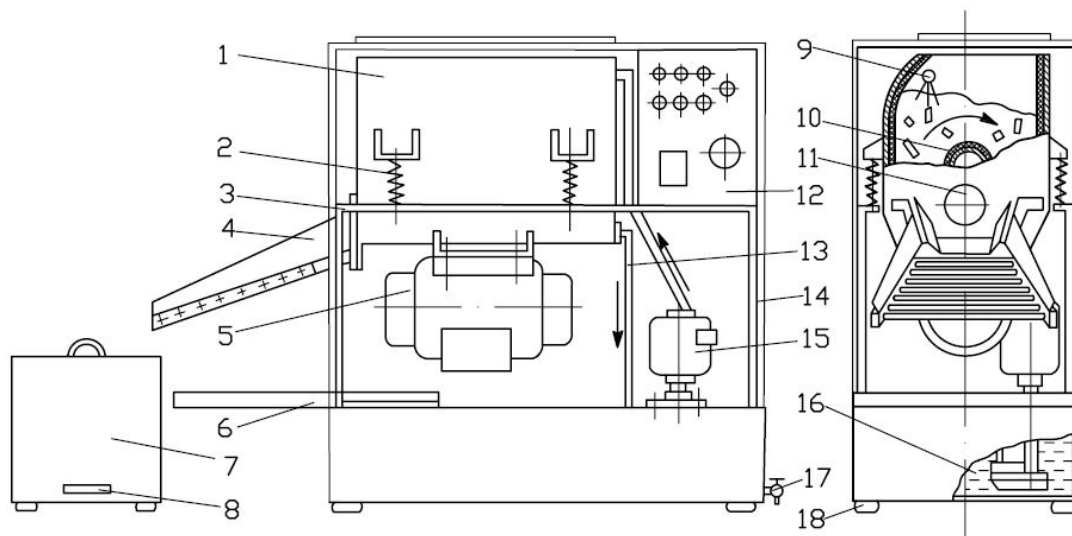


Рис. 1. Схема вибративной машины BM40C

Сепаратор 4 для отделения обработанных пластин от наполнителя, устанавливаемый на переднем торце камеры под разгрузочным окном 11, выполнен в виде наклонного лотка со свободно вращающимися роликами, причём расстояние между роликами меньше размера гранулы наполнителя, но больше толщины пластины. Под действием вибрации пластины и наполнитель попадают в сепаратор, где пластины проваливаются сквозь щели и попадают в тару, установленную на поддоне 6, а гранулы наполнителя скатываются по роликам в контейнер 7. Машина снабжена амортизаторами 18, которые исключают передачу вибраций на элементы рабочего места и обеспечивают установку машины в горизонтальное положение. Машина полностью закрыта звукоизоляционным кожухом 14. Загрузка камеры наполнителем и изделиями осуществляется через проем в верхней части машины. Для возврата наполнителя в камеру поднимают контейнер 7 при помощи грузоподъемного устройства, устанавливают его над проемом и открывают заслонку 8.

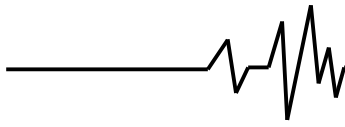
Техническая характеристика вибративной машины модели BM 40C:

Емкость рабочей камеры, л	– 40
Потребляемая мощность, кВт	– 0,5
Амплитуда колебаний рабочей камеры, мм	– 0,15...0,90
Частота колебаний рабочей камеры, Гц	– 46
Габариты (без сепаратора и контейнера) L × H × B, мм	– 1000×1000×500
Масса (без сепаратора и контейнера), кг	– 170

Опыт эксплуатации установок BM 40C на ряде предприятий в течение 20 лет подтвердил высокую надежность конструкции, простоту и удобство обслуживания. Уровень создаваемого шума незначителен, отсутствует пылевыведение, характерное для других вибративных машин. Срок службы облицовки камеры составляет 4000 часов непрерывной эксплуатации, подшипников вибратора – 20 000 часов, поломки пружин не наблюдалось. Сепаратор обеспечивает 100 %-ное разделение пластин и наполнителя в течение 1...2 мин. Трудоемкость обработки одной пластины в зависимости от типоразмера составляет 0,01...0,03 мин. При необходимости машина может быть использована также для различных очистных, отделочных, шлифовально-полировальных и упрочняющих операций.

Виброабразивная обработка по методу Roto-vib производится за счет вибрации кассет, содержащих обрабатываемые пластины и шлифзерно. Пластины в кассетах размещают поштучно в отдельных ячейках, засыпают порцией шлифзерна и закрывают крышкой. Кассеты устанавливают на медленно вращающийся барабан, который вибрирует с заданной частотой и амплитудой.

Для выполнения виброабразивной обработки по методу Roto-vib применяется комплект специального оборудования, состоящий из загрузочного устройства, вибративной машины Roto-vib и разгрузочного устройства. Загрузочное устройство представляет собой полуавтомат



периодического действия, который засыпает абразивный порошок из бункера в ячейки кассеты с уложенными вручную пластинами, закрывает кассету крышкой и выдает подготовленные кассеты на ленточный транспортер-накопитель.

Вибрационная машина Roto-vib (рис. 2) состоит из барабана 1, вращающегося от электродвигателя 4 на двух опорах подвижной платформы 5. Подвижная платформа, установленная при помощи четырех цилиндрических пружин на основании 7, снабжена вибратором 6. Амплитуда колебаний регулируется в диапазоне от 3 до 5 мм путем разворота дисбалансов вибратора. Частота колебаний регулируется в диапазоне от 40 до 66 Гц за счет изменения частоты вращения барабана. На цилиндрической образующей барабана размещаются заполненные кассеты 2

и закрепляются шланговыми пневмозажимами 3. Машина закрыта звуко- и пылезащитным кожухом 8.

Разгрузочное устройство представляет собой двухъярусное вибросито, в котором производится удаление порошка из ячеек кассет и отделение фракций порошка с зернистостью ниже 125.

В качестве абразивного материала применяется шлифзерно из карбида кремния зернистостью выше 125. На машине Roto-vib одновременно могут обрабатываться от 900 до 3000 пластин в зависимости от их типоразмера.

Здесь следует отметить, что технология Roto-vib технологически совместима только с безлюдной технологией обработки твердосплавных пластин фирмы Sandvik Coromant.

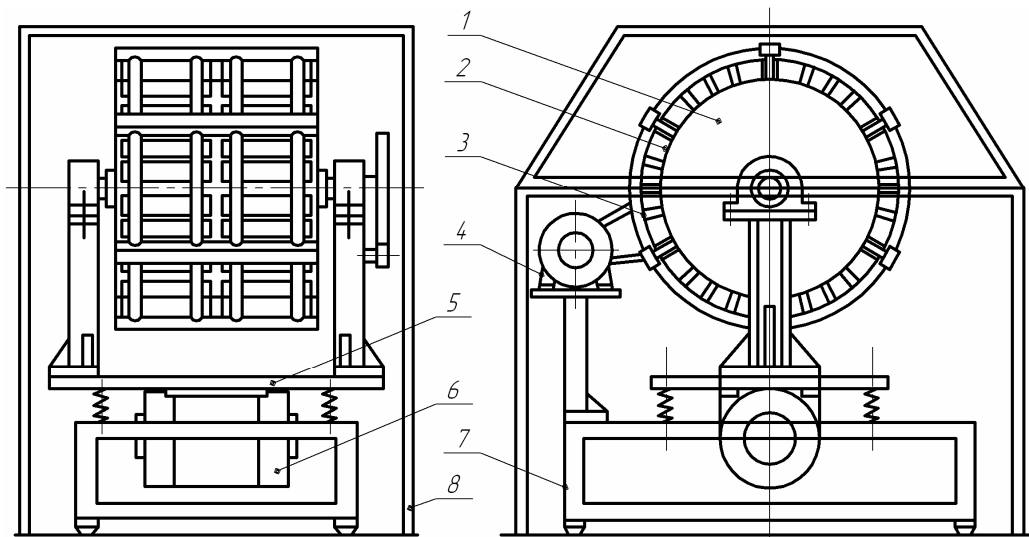


Рис. 2. Схема вибрационной машины Roto-vib

Вибрационная машина Вибринт (рис. 3) состоит из подвижной платформы 3, установленной при помощи четырех пружин 2 на основании 1. Основание выполняет функции несущей рамы и устройства для отсоса и сбора абразивной пыли, образующейся при обработке деталей. Подвижная платформа снабжена инерционным вибратором 9 и двумя поддонами. На каждый поддон устанавливается пакет ложементов, образованный крышкой 4, ложементами 5, разделителями 6 и стяжками 7. Пакет прижимается к поддону с помощью рамы 8. В ложементах расположены стаканы 10 для абразивного наполнителя и обрабатываемых пластин. При включении вибратора вся масса загрузки стаканов приходит в движение, в результате которого происходит обработка

пластин. По окончании обработки машину выключают и при помощи кантователя, входящего в комплект машины, переворачивают оба пакета ложементов, затем снова включают вибратор на 3...5 секунд. При этом абразивный наполнитель пересыпается через отверстия в разделителях в поднутрения 11 ложементов, а обработанные пластины остаются на разделителях. Загрузка стаканов наполнителем осуществляется при разобранных пакетах ложементов, путем заполнения поднутрений, причем наполнитель должен заполнять стаканы на 50...70%. По мере износа наполнителя следует пополнять его количество новым. Во время работы машины образовавшаяся пыль отводится через устройство 12 в основание.

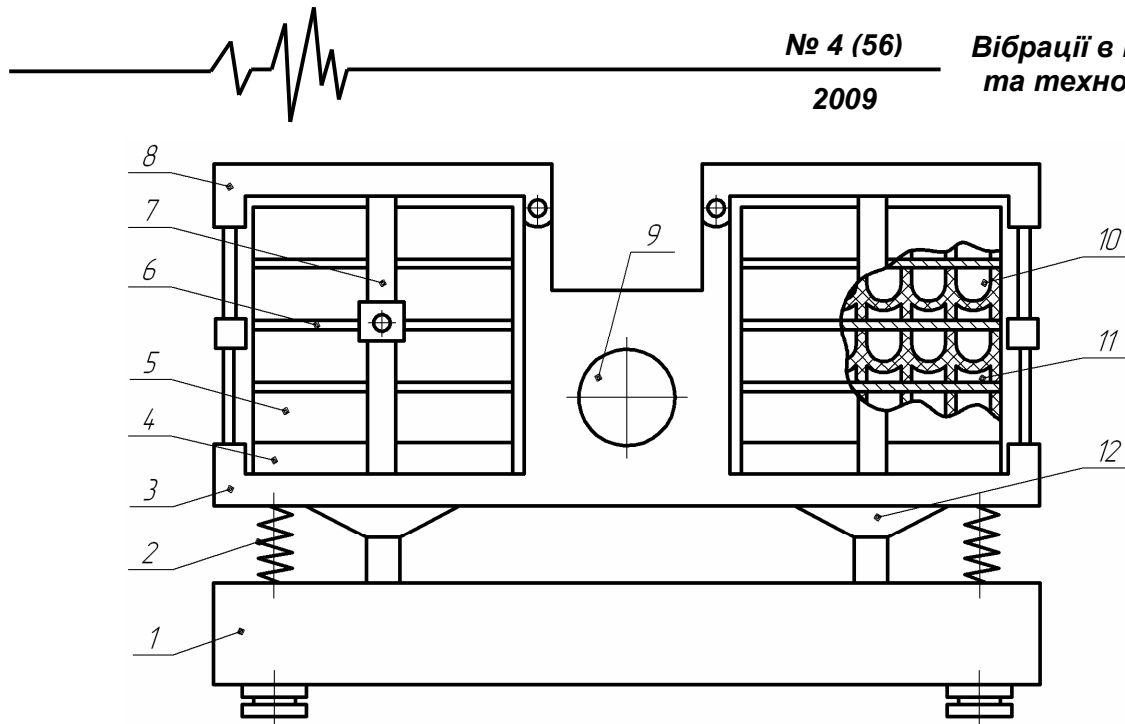


Рис. 3. Схема вибраційної машини «Вибринт»

Регулювання амплітуди коливань подвижної платформи в діапазоні 0...3 мм проводиться разворотом двох внутрішніх дисбалансів відносно зовнішніх. Частота коливань становить 25 Гц. На машині «Вибринт» одночасно можуть оброблятися до 400 пластин незалежно від типорозміра.

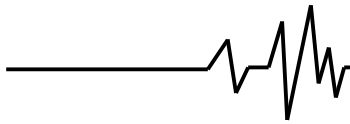
На деяких підприємствах округляють режущі кромки твердосплавних пластин за технології німецької фірми Peter Wolters [4] (в подальшому – P. Wolters). Оброблювані пластини, перебуваючи в сепараторах, виконують планетарне рух між чавунним диском і еластичним шліфувальним кругом. Під дією осової навантаження пластини вдавнюються в поверхню еластичного круга. На поверхні обертаючогося круга в місці його контакту з оброблюваною поверхнею створюється ефект «бігуща хвиля», в результаті чого забезпечується рівномірна обробка поверхні і кромки пластин. В залежності від режимів обробки і властивостей шліфувальних кругів отримують різні значення радіуса і різну форму округлення режущих кромки.

Нижче наводяться короткі результати досліджень ефективності і області раціонального застосування перерахованих різновидностей вибродіагностичної обробки твердосплавних пластин.

Досліджували пластини SNGS-120412 BK8, шліфовані по опорним і біковим поверхням. Обробку пластин здійснювали на оптимальних для кожного

метода режимах. Вимірювали величину радіуса округлення ρ на прямолинійних ділянках кромки, величину радіуса округлення ρ_e на вершинах, шорхуватість R_a плоских поверхностей при двох початкових значеннях шорхуватості і залишкові макронапруження σ в WC-фазі. В процесі досліджень визначали також допоміжний час (продовжительність операцій завантаження і розвантаження пластин і заповнювача), удільний витрата заповнювача, форму округлення, рівень пиловидалення і рівень шуму.

Продуктивність процесів вибродіагностичної обробки твердосплавних пластин зазвичай оцінюється величиною радіуса округлення режущих кромки ρ , отриманого за певний проміжок часу. З методів вибродіагностичної обробки найбільшою продуктивністю відрізняється базова ВО (табл. 1). Далі по продуктивності методи обробки розташовані в такій послідовності: Вибринт заповнювачем ПТ 5 × 5, Вибринт шліфзерном, Roto-vib, Вибринт еластичними циліндрами. Останні три методи практично забезпечують однаково низку продуктивність: після досягнення округлення $\rho = 35...40$ мкм подальше його збільшення суттєво уповільнюється. К цьому моменту більша частина шліфзерна перетворюється в мелкодисперсну пилу і ніякої обробки не виробляє, що робить обробку шліфзерном неприйнятною для отримання округлення з $\rho > 50$ мкм без заміни шліфзерна новим. Обробка еластичними



цилиндрами также не позволяет получить $\rho > 50$ мкм из-за неудачного сочетания эластичности связки и зернистости абразива.

Все разновидности виброабразивной обработки обеспечивают округление кромок правильной геометрической формы – по дуге окружности. При шлифовании пластин эластичным кругом образуется округление кромок сложной формы – оно представляет собой отрицательную фаску на передней поверхности с плавными (радиусными) переходами к передней и задней поверхностям (в таблице 5.3. приведены значения радиуса округления между фаской и задней поверхностью пластины). Влиянию такой формы округления кромок на режущие свойства пластины необходимо посвятить отдельные исследования. Следует отметить, что эластичными кругами также невозможно получить $\rho > 50$ мкм. Величина округления зависит не столько от продолжительности обработки, сколько от упругих свойств эластичного круга и силы прижима к поверхности пластины. Увеличение продолжительности обработки приводит лишь к сошлифовыванию передней поверхности и уменьшению толщины пластины.

Обработка шлифзерном и эластичными цилиндрами уменьшает шероховатость поверхности в значительно меньшей степени, чем обработка наполнителями большей грануляции (см. табл. 1). Вероятно, сила микроударов является недостаточной для дальнейшего разрушения выступов неровностей. Величина и глубина залегания сжимающих макронапряжений также меньше, чем при виброабразивной обработке наполнителями большой грануляции (рис. 4). При шлифовании пластин эластичным кругом

сошлифовываются не только вершины неровностей, но и нижележащие слои – шероховатость поверхности практически не уменьшается и зависит только от зернистости абразива и силы прижима. В приповерхностных слоях образуются растягивающие макронапряжения, как и при других шлифовальных операциях.

При виброабразивной обработке твердосплавных пластин на радиусных участках кромок образуется округление с радиусом, меняющимся от минимального значения по концам радиусного участка до максимального в середине. Отношение максимального округления ρ_s к округлению ρ по концам радиусного участка составляет 1,0...2,0 в зависимости от величины радиуса при вершине, типа абразивного наполнителя и режима обработки.[5]. Для базовой ВО $\rho_s/\rho = 1,3...1,6$, что обеспечивает дополнительное повышение прочности лезвия и режущих свойств инструмента. Обработка шлифзерном и эластичными цилиндрами лишь незначительно увеличивает отношение ρ_s/ρ (см. табл. 1). Образующаяся разница радиусов в 5...8 % практически не повлияет на режущие свойства пластин.

Базовая ВО отличается от других методов виброабразивной обработки малым удельным расходом абразивного наполнителя (табл. 2). По удельной трудоёмкости обработки пластин сравниваемые методы располагаются в такой последовательности: наименьшая у базовой ВО, несколько большая у Roto-vib, значительно более высокая у Вибринт формованными телами ПТ 5×5 и шлифования эластичными кругами, и наиболее высокая у Вибринт шлифзерном и эластичными цилиндрами.

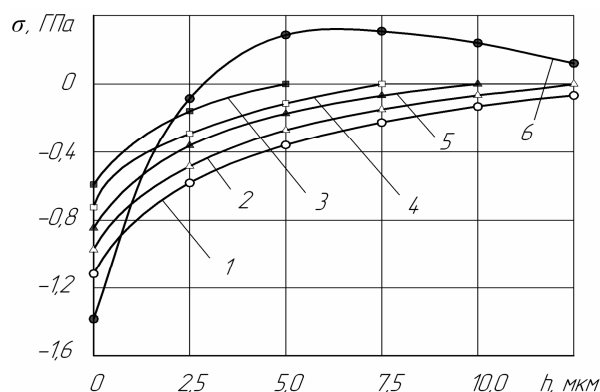
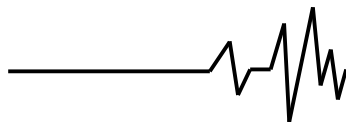


Рис. 4. Зависимость остаточных макронапряжений в WC сплава ВК8 от глубины залегания (условия см. табл. 1):

- 1 – базовая ВО; 2 – Вибринт телами ПТ 5 х 5; 3 – Вибринт эластичными цилиндрами; 4 – Roto-vib; 5 – Вибринт шлифзерном; 6 – шлифование эластичными кругами



Таблиця 1

Зависимость параметров микрогеометрии лезвия от продолжительности обработки

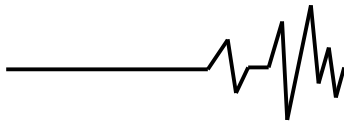
Метод и условия обработки	Обозначение параметра	Зависимость параметров микрогеометрии лезвия в мкм от продолжительности обработки в мин							
		исх.	15	30	60	120	180	240	300
Базовая ВО; наполнитель – ПТ 15x15; A = 0,6 мм; f = 46 Гц	ρ	10,0	29,5	41,0	52,8	69,3	82,4	94,0	101,2
	ρ_e		24,2	54,1	72,9	93,4	108,1	115,4	124,0
	R_a	0,58		0,47	0,40	0,32	0,28	0,24	0,21
		0,30		0,22	0,12	0,15	0,13	0,12	0,11
Roto-vib; наполнитель – шлифзерно 54С 125; A = 1,5 мм; f = 55 Гц	ρ	10,0	18,2	28,5	35,6	39,0	43,0	45,0	47,9
	ρ_e		19,7	30,5	38,0	42,8	46,8	48,8	52,1
	R_a	0,58		0,54	0,49	0,46	0,44	0,44	0,44
		0,30		0,27	0,26	0,25	0,25	0,25	0,24
Вибринт; наполнитель – эластичные цилиндры 54С 10 (D = 5 мм, H = 6 мм); A = 3 мм; f = 25 Гц	ρ	10,0	15,2	24,3	28,7	36,8	40,1	43,2	45,4
	ρ_e		16,5	26,1	30,6	39,1	42,3	45,5	47,8
	R_a	0,58		0,54	0,48	0,46	0,45	0,44	0,44
		0,30		0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25
Вибринт; наполнитель – шлифзерно 54С 125; A = 3 мм; f = 25 Гц	ρ	10,0	18,2	29,3	38,7	43,4	46,8	48,9	51,0
	ρ_e		19,5	31,4	40,6	45,6	48,9	51,2	53,4
	R_a	0,58	19,5	0,51	0,49	0,47	0,46	0,45	0,45
		0,30		0,28	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25
Вибринт; наполнитель – ПТ 5 x 5; A = 3 мм; f = 25 Гц	ρ	10,0	24,2	38,7	43,3	55,3	59,9	63,1	67,0
	ρ_e		29,1	45,4	52,4	65,0	70,1	75,2	79,9
	R_a	0,58		0,51	0,45	0,39	0,35	0,31	0,29
		0,30		0,25	0,23	0,21	0,19	0,17	0,16
P. Wolters; эластичный круг 54С M20	ρ	10,0	36,8	43,9	48,3	48,7	49,1	49,3	49,5
	ρ_e		47,2	56,3	67,5	68,1	68,5	68,3	68,5
	R_a	0,58		0,55	0,56	0,54	0,56	0,55	0,56
		0,30		0,50	0,53	0,53	0,55	0,54	0,55

Примечание. Для метода P. Wolters продолжительность обработки измеряется в секундах

Высокая удельная трудоемкость у Roto-vib и Вибринт связана с длительным циклом обработки и большим объемом ручных операций, а шлифования эластичными кругами – с большим объемом ручных операций и малой разовой загрузкой станка.

С точки зрения минимального пылевыведения лучшей является базовая ВО, так как в ней применяется так называемый «мокрый» процесс – все продукты обработки удаляются рабочей жидкостью в бак-отстойник.

Процесс Roto-vib осуществляется в закрытых пластмассовых кассетах, а сама вибромашина закрыта защитным кожухом. Однако в процессе эксплуатации кассеты изнашиваются, между крышкой и корпусом появляются зазоры, через которые наружу проникает мелкодисперсная пыль – имеет место умеренная запыленность. Несмотря на то, что машины Вибринт оснащены пылесборником и вытяжной вентиляцией, не удается полностью ликвидировать пылевыведение –



мелкодисперсная абразивная пыль проникает наружу через зазоры между ложементами и прокладками, пылесборниками и основанием. Пылезащитного кожуха машина не имеет, поэтому обслуживающий персонал вынужден работать в пылезащитных респираторах.

По уровню создаваемого шума лучшие показатели имеют вибромашины ВМ 40С и RV-3000, так как они закрыты звукоизоляционным кожухом. Вибромашина Вибринт-400 создает достаточно сильный шум.

Стоимость комплекта оборудования Roto-vib составляет около 50 тысяч долларов, стоимость вибромашин ВМ40С, Вибринт-400 и станка АЛОО-1К – на порядок меньше.

Резюмируя данные по эффективности применения различных разновидностей виброабразивной обработки твердосплавных пластин, можно сделать вывод о конкурентоспособности базовой технологии виброабразивной обработки и вибрационной машины модели ВМ 40С.

Таблица 2

Сравнительная характеристика различных методов обработки пластин

Показатель	Метод обработки					
	Базовая ВО	Roto-vib	Вибринт			Peter Wolters
Оборудование	ВМ 40С	RV-3000	Вибринт-400			АЛО0-1К
Инструмент	Формованные тела ПТ 15 x 15	Шлифзерно 54С 125	Эластич. цилиндры, шлифзерно 54С 10	Шлиф-зерно 54С 125	Формованные тела ПТ 5 x 5	Эластичные круги 54С М10
Расход инструмента, кг на 1000 пластин	0,045	0,6	0,12	0,6	0,06	0,2 круга
Разовая загрузка пластин, шт.	300...1100	900...3000	400	400	400	60
Продолжительность обработки загрузки ($\rho = 40$ мкм), мин	30	120	120	120	30	30 секунд
Штучное время, мин	0,01...0,03	0,05...0,16	0,3...0,4	0,3...0,4	0,1..0,15	0,1...0,15
Форма округления	Дуга окружности					Фаска + дуга окружности
Пылевыведение	Отсутствует	Умеренное	Умеренное	Очень сильное	Умеренное	Отсутствует
Уровень шума	Умеренный		Сильный			Умеренный

Литература

1. Хаёт, Г. Л. Сборный твердосплавный инструмент / Г. Л. Хаёт, В. М. Гах, К. Г. Громаков и др. / – М.: Машиностроение, 1991. – 256 с.: ил. – ISBN 5-217-00452-5.

2. Хаёт, Л. Г. Упрочнение твердосплавного режущего инструмента поверхностным деформированием: обзор / Л. Г. Хаёт, В. М. Гах, В. И. Левин. – М.: НИИмаш, 1981. – 54 с.: ил.

3. А. с. 1135620 СССР, МКИ В23 В 31/06. Устройство для округления режущих

кромок / А. В. Ковшик, Н. А. Мойсеенко (СССР). – № 2591310/25-08 ; заявл. 17.03.78 ; опубл. 23.01.85 ; Бюл № 3. – 2 с.: ил.

4. Скругление режущих кромок пластин эластичными шлифовальными кругами / Л. П. Меркулов, Г. Б. Костин, Г. Г. Тонких, Л. П. Зленко // Современные инструментальные материалы на основе тугоплавких соединений. – М.: Металлургия, 1985. – С. 86–90.

5. 5 А. с. 1060321 СССР, МКИ В23 В 27/16. Режущая пластина / В. М. Гах, В. А. Загуменный (СССР). - №3333978/25-08; заявл. 21.08.81; опубл. 15.12.83; Бюл. №46. – 3с.: ил.