



УКРАЇНА

(19) UA (11) 68264 (13) C2
(51) МПК (2006)
B24B 39/00
B06B 1/06

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) УЛЬТРАЗВУКОВИЙ ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ДЕФОРМАЦІЙНОГО ЗМІЦНЕННЯ І РЕЛАКСАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

1

(21) 2003119872
(22) 04.11.2003
(24) 15.02.2007
(46) 15.02.2007, Бюл. № 2, 2007 р.
(72) Прокопенко Георгій Іванович, Луговський Олександр Федорович, Чорний Валерій Іванович, Мовчанюк Андрій Валерійович, Клейман Якоб Ісакович, СА, Кудрявцев Юрій Філіпович, СА
(73) Прокопенко Георгій Іванович, Луговський Олександр Федорович, Чорний Валерій Іванович, Мовчанюк Андрій Валерійович, Клейман Якоб Ісакович, СА, Кудрявцев Юрій Філіпович, СА
(56) SU 1759611 A1 07.09.1992
DE 4126399 A 11.02.1993
SU 472782 05.06.1975
RU 2179919 C2 27.02.2002
UA 47536 C2 15.07.2002
SU 1074705 A 23.02.1984
UA 13936 A 25.04.1997
GB 1143789 26.02.1969
US 3680643 01.08.1972
US 3937055 10.02.1976
(57) Ультразвуковий інструмент для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки, що містить корпус із захисним чохлам і кришкою, в якому встановлений ультразвуковий перетворювач, з'єднаний із трансформатором коливальної швидкості, що оснащений віброізоляційним ущільненням і

2

має стійку йому пневмокамеру, а також державку з ударними елементами, при цьому ультразвуковий перетворювач змонтований з можливістю осьового зворотно-поступального руху і взаємодії з пневмокамерою, який відрізняється тим, що додатково в корпусі вмонтовані датчики осьового зворотно-поступального руху ультразвукового перетворювача і його температури, які включені в систему запуску генератора ультразвукових коливань, на корпусі також закріплена ручка з еластичним чохлам і з можливістю повороту навколо осі корпусу, додатково встановлений в корпусі із зазором на напрямлячах ковзання металевий стакан, який охоплює ультразвуковий перетворювач із трансформатором коливальної швидкості, останній вузловою площиною через віброізоляційне ущільнення зв'язаний із крайкою стакана, куди також прикріплена циліндрична насадка, встановлена коаксіально вихідному кінцю трансформатора коливальної швидкості, в якому виконана порожнина, замкнена з боку ударних елементів, а державка закріплена на вільному кінці насадки з можливістю повороту навколо її осі і швидкого знімання, при цьому пневмокамера виконана у вигляді порожнини між кришкою і дном стакана, а ультразвуковий перетворювач - у вигляді складеного п'єзокерамічного.

Винахід відноситься до області технологічного використання енергії ультразвукових коливань і може бути застосований в машинобудівній, суднобудівній та інших галузях промисловості, зокрема для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки металевих поверхонь і зварювальних швів.

Поверхнєве зміцнення металевих виробів і зварних швів, як заключна технологічна операція, значно збільшує працездатність деталей машин, підвищує їх якість і строк служби. На сьогоднішній день значне поширення отримали методи поверхневої обробки з допомогою пластичної деформа-

ції, такі як обробка кульками, роликми, дробеструменевий наклеп, віброобкатування та інші. Значно підвищився інтерес до високоенергетичних видів обробки поверхні, до яких відноситься і поверхнєве зміцнення з допомогою ультразвукових коливань. Результати випробувань і практика експлуатації показують, що при обробці металів і особливо високоміцних матеріалів, ультразвуковий спосіб є достатньо ефективним. В свою чергу, продуктивність і якість процесу ультразвукової обробки, зручності в роботі в значній мірі залежать від конструкції ультразвукового інструменту.

(13) C2

(11) 68264

(19) UA

Відома ультразвукова головка для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки [а. с. СРСР № 472782, МПК В24В39/04, 1975] у вигляді послідовно з'єднаних перетворювача, трансформатора коливальної швидкості (далі ТКШ) і державки з отворами на вихідному торці, в яких розміщені інструменти, що мають форму ступінчастих стрижнів. В даній головці державка виконана в формі спрямованого стакану, закріплена своєю вузловою площиною до опорного елемента, що розміщений також в вузловій площині трансформатора, а стрижні в ній розміщені з можливістю осьового зміщення відносно поверхні, що обробляється.

Відома ультразвукова головка має високий рівень вібрацій, що виникають при обробці виробів, а також високочастотних шумів, які супроводжують кавітацію в охолоджуючій рідині. Це обумовлено тим, що ТШК виконаний як одне ціле з опорним елементом в вузловій площині і має жорсткий зв'язок із корпусом пристрою, а останній не забезпечує захисту від вібрації та високочастотних шумів, що негативно діє на оператора, який виконує обробку. Використання рідинної системи охолодження вимагає підведення шлангів до ручного інструменту для подачі рідини, що знижує зручність при роботі оператора в складних умовах (наприклад, на мостах). Пошкодження магістралі охолоджуючої рідини призводить до перегріву і виходу із ладу відомого пристрою, а заміна зношених інструментів вимагає достатньо довгого часу, що знижує надійність і зручність в роботі з ним, зменшує продуктивність обробки.

Відома також ультразвукова головка для деформаційного зміцнення металевих поверхонь [патент України №13936, МПК В24В39/04, 1997], що містить послідовно з'єднані п'єзокерамічний перетворювач (ПКП), трансформатор коливальної швидкості (ТКШ) і державку в формі спрямованого стакану з отворами на вихідному торці, в яких розміщені інструменти, що мають форму ступінчастих стрижнів. Згідно винаходу, державка виконана з можливістю вільного повороту навколо ТКШ і встановлена на його кінці за допомогою пружини, при цьому отвори на вихідному торці державки розміщені з нерівномірним зміщенням їх центрів від їх симетричного осового розміщення, а інструменти у своїй верхній частині мають форму, що плавно розширюється до торця, а між ними і торцем ТКШ встановлена пластина із високоміцного матеріалу.

Відомий пристрій (навіть встановлений в корпус) не має ніяких елементів захисту від вібрацій і критичного нагріву перетворювача. Закріплення державки на кінці ТКШ приводить при роботі із-за тертя до додаткового нагріву державки і перетворювача, а також до розбивання елементів кріплення державки (пружини, проточки), що знижує надійність і зручність при експлуатації.

Попадання вологи при експлуатації на електроди ПКП може призвести до їх закорочування і відмови в роботі.

Найбільш близьким до запропонованого пристрою по сукупності ознак і технічному результату є ультразвуковий інструмент для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки [а.с. СРСР

№1759611, МПК В24В39/04, 1992], що містить корпус з кришкою, встановлений в корпусі магнітострикційний перетворювач (МСП), жорстко з'єднаний з ТКШ, державку з ударниками у вигляді ступінчастих стрижнів і систему охолодження. Згідно винаходу він оснащений еластичними манжетами, через які ТКШ з'єднаний з корпусом, встановленою в кришці корпусу співвісно з МСП пневмокамерою з регулятором тиску, розміщеним на корпусі концентрично з ним захисним чохлом, закріпленою на кришці рукояткою з еластичним чохлом, а також встановленими в корпусі і кришці концентрично відносно МСП шумопонижуючими вкладнями, при цьому ТКШ змонтований з можливістю зворотного-поступального руху, а МСП змонтований з можливістю взаємодії з пневмокамерою.

У відомому пристрої є тільки дві ступені віброзахисту: еластичні манжети і захисний чохол, що є недостатнім для зменшення рівня високо- і низькочастотних вібрацій, що виникають при обробці більшості виробів. Використання рідинної системи охолодження знижує надійність і зручність при експлуатації відомого пристрою і створює кавітаційний шум, а шумопоглинальні свинцеві вкладні додають ваги ручному інструменту. Використання пневмокамери з регулятором тиску вимагає додаткової пневмомагістралі, що ускладнює роботу з інструментом, знижує його експлуатаційну надійність.

У відомому пристрої ударники розміщені в отворах державки з можливістю тільки осьового зміщення відносно поверхні, що обробляється. Це призводить до нерівномірності обробки. Тривала експлуатація пристрою також веде до зношування торця трансформатора коливальної швидкості, а заміна зношених ударників вимагає достатньо тривалого часу.

В основу винаходу поставлено задачу створення ультразвукового інструменту для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки, який буде мати підвищену кількість ступенів віброізоляції, а нагрів інструменту буде зменшено за рахунок зниження втрат в ультразвуковому перетворювачі, конструктивних елементів і контролем температури за найбільш критичним до нагріву конструктивним елементом (ультразвуковим перетворювачем), що знизить рівень усіх видів вібрацій і шумів, які виникають при обробці виробів, і підвищить безпечність, надійність і зручність при експлуатації пристрою.

Для вирішення поставленої задачі в ультразвуковому інструменті для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки, що містить корпус із захисним чохлом і кришкою, в якому встановлений ультразвуковий ПКП, з'єднаний із ТКШ, що оснащений віброізоляційним ущільненням і має співвісну їм пневмокамеру, а також державку з ударними елементами, при цьому ультразвуковий перетворювач змонтований з можливістю осьового зворотного-поступального руху і взаємодії з пневмокамерою, згідно винаходу, додатково в корпусі вмонтовані датчики осьового зворотного-поступального руху ультразвукового ПКП і його температури, які включені в систему запуску генератора ультразвукових коливань, на корпусі також закріплена ручка з еластичним чохлом і з можливі-

стю повороту навколо осі корпусу, додатково встановлений в корпусі із зазором на напрямниках ковзання металевий стакан, який охоплює ультразвуковий перетворювач із ТКШ, останній вузловою площиною через віброізоляційне ущільнення зв'язаний із крайкою стакану, куди також прикріплена циліндрична насадка, встановлена коаксіально вихідному кінцю ТКШ, в якому виконана порожнина замкнена з боку ударних елементів, а державка закріплена на вільному кінці насадки з можливістю повороту навколо її осі і швидкого зйому, при цьому пневмокамера виконана в виді порожнини між кришкою і дном стакану, а ультразвуковий перетворювач - у вигляді складеного п'єзокерамічного.

У відомому пристрої в якості ультразвукового перетворювача використаний магнітострикційний, який має більш ніж в 2 рази менший к.к.д. ніж в п'єзоелектричного і вимагає інтенсивного водяного охолодження. Кавітація в системі охолодження створює додаткове джерело високочастотних шумів. Перехід на п'єзоелектричний перетворювач, що не вимагає рідинного охолодження, видаляє джерело кавітаційних високочастотних шумів і систему захисних свинцевих вкладишів, які тільки підвищують вагу інструменту. Також зменшується загальна електрична потужність, що споживається ультразвуковим генератором, і кількість тепла, що виділяється ультразвуковим перетворювачем. Для захисту перетворювача від зовнішніх впливів (волога, пил, продукти обробки металевих поверхонь) він вставлений з невеликим зазором в металевий стакан. Велика бічна площа випромінення тепла від нагрітого п'єзокерамічного перетворювача із металевими частотознижувальними накладками до стакану забезпечує низький тепловий опір між ними, що означає ефективну передачу тепла до металевого стакану, який охолоджується контактом із металевою насадкою, за рахунок конвективного теплообміну виступаючої із корпусу його частини, а також внаслідок примусової прокачки через зазори (отвори) в напрямниках повітря, що знаходиться в пневмокамері при періодичному натискуванні на ручку інструменту, яке виникає в процесі обробки.

Іншим джерелом тепла є ударні елементи, які передають тепло при ударах в вихідний кінець ТКШ (кінець меншого діаметру) і державці. Для створення теплового опору поширенню цього тепла до п'єзокерамічних елементів перетворювача в вихідному кінці ТКШ зроблено глуху протоčku (порожнину), а державка закріплена на насадці, що не має теплового контакту із перетворювачем і до того ж сама розсіює тепло в навколишнє середовище.

Внаслідок того, що ультразвуковий перетворювач в режимі холостого ходу (або при недостатньому контакті ударних елементів з металевою поверхнею) гріється із-за відсутності стоку ультразвукової енергії, то в запропонованому пристрої встановлено датчик зміщення ультразвукового перетворювача, який включає ультразвуковий генератор тільки після надійного контакту ударників із поверхнею і автоматично вимикає після зняття сили мінімального притиску ударників. Введення датчика температури, що контролює нагрів п'єзокерамічних елементів чутливих до перегріву, гара-

нтує відключення ультразвукового генератора інструменту при можливому перегріві в умовах екстремальної експлуатації. Наступне включення інструменту можливе тільки після зниження температури до допустимої, що підвищує надійність його роботи.

В запропонованому пристрої ультразвуковий перетворювач разом із ТКШ через віброізоляційне ущільнення контактує із металевим стаканом, що встановлений в корпусі із зазором на напрямниках прямолінійного руху. Тобто сам стакан боковою поверхнею не зв'язаний жорстко із корпусом, що знижує передачу вібрацій на нього. Поздовжні вібрації стакану амортизуються і демпфуються пневмокамерою, пружиною, гумовими прокладками і тертям його бічної поверхні по напрямниках прямолінійного руху.

Для зручності притиску ударників під час роботи передбачена друга ручка, що вільно повертається навколо корпусу і має амортизуючий м'який чохол. Під час притиску до металевої поверхні інструмент отримує стійкість, ним стає зручно маніпулювати (сканувати по поверхні), а амплітуда вібрацій і ударів, що все таки може досягнути рук оператора, ще падає, перерозподілившись між двома руками, які створюють зусилля притиску. Таким чином додача ще однієї ступені амортизації і демпфування вібрацій у вигляді вільного зміщення стакану із перетворювачем в корпусі і встановлення додаткової ручки на корпусі дозволяє знизити рівень вібрацій і ударів широкого спектру, що виникають при обробці, особливо при максимальних амплітудах, до значно нижчого значення, ніж у відомому пристрої.

Додаткове вільне зміщення ударників навколо осі насадки покращує рівномірність обробки поверхні і підвищує ресурс роботи торця ТКШ, тобто інструменту, а заміна ударників при експлуатації відбувається оперативно, що дає можливість урізноманітнити обробку різними ударними елементами, підвищити продуктивність праці. Сутність винаходу пояснюється рисунками, де

на Фіг.1 показаний запропонований ультразвуковий інструмент у розрізі,

на Фіг.2 - перетин А-А на Фіг.1,

Фіг.3 - перетин Б-Б на Фіг.1.

Ультразвуковий інструмент для деформаційного ущільнення і релаксаційної обробки містить ультразвуковий складений п'єзокерамічний перетворювач 1, що складається із двох п'єзокерамічних шайб 2, притиснутих частотознижувальною накладкою 3 за допомогою стяжної шпильки 4 до лінійно-ступінчастого ТКШ 5, виготовленого, наприклад, із титанового сплаву, який має вихідний кінець 6 меншого діаметру. Останній має порожнину 1, виконану у виді глухого отвору. Ультразвуковий перетворювач 1 і ТКШ 5 вставлені з невеликим зазором в герметичний металевий стакан 8 так, що його крайка 9 зв'язана з вузловою площиною ТКШ 5 через віброізоляційне ущільнення 10. До крайки 9 прикріплена своїм торцем опресована циліндрична насадка 11, яка розміщена коаксіально вихідному кінцю 6 ТКШ. На вільному кінці насадки 11 встановлена державка 12 у формі стакану з можливістю повороту навколо її осі. На внутрішній боковій поверхні насадки 11 є кільцева протоčka,

куди заходять виступи 13 державки для фіксації в осьовому напрямі. Державка 12 має пази 14, які ділять її бокову стінку на сектори 15, що можуть пружно радіально деформуватися при зйомі і установці державки. Як варіант закріплення державки 12 може прикручуватися до насадки 11 з допомогою накидної гайки (на кресленнях не показана) при збереженні вільного обертання навколо осі. В отвори вихідного торця державки 12 поміщені ударні елементи 16, що мають проти випадання із них конусне розширення в бік вихідного кінця 6 ТКШ. Стакан 8 встановлений із зазором в корпус 17 на двох напрямниках ковзання 18, виготовлених, наприклад, із текстоліту. Вони мають наскрізні отвори 19, що з'єднують зовнішнє середовище із пневмокамерою 20, яка утворена повітряною порожниною між дном 21 стакану 8 і задньою кришкою 22, закріпленою на корпусі 17. Для запобігання випаданню стакану 8 із корпусу він має штифт 23, що рухається в пазі 24. Дно 21 стакану впирається в кришку 22 через пружину 25, що має на своїх торцях гумові прокладки 26. В корпус вмонтовано оптичний датчик 27 (працює на просвіт) осьового зворотно-поступального руху ультразвукового перетворювача 1, закріпленого в стакані 8, на дні 21 якого закріплена шторка 28, датчик температури 29 і герметичні електроізолювані вводи 30 для подачі напруги на ультразвуковий перетворювач 1. На передній частині корпусу 17 з можливістю повороту навколо його осі закріплена ручка 31 з еластичним чохлом 32. До кришки 22 прикріплена (приварена) рукоятка 33, що має отвір 34, через який від ультразвукового генератора 35 заводиться кабель в корпус 17 через герметизуюче ущільнення 36. Контакти ввівів 30 з'єднані в стакані з електродами п'єзоелементів 2, а проводами кабелю із виходом ультразвукового генератора 35. Оптичний датчик 27, датчик температури 29 також підключені проводами кабелю до системи запуску ультразвукового генератора 35. На рукоятку 33 і корпус 17 одягнуті еластичні трубки (наприклад, із пористої гуми) відповідно 37 і 38.

Ультразвуковий інструмент для деформаційного зміцнення і релаксаційної обробки працює наступним чином. Перед початком обробки ударні елементи 16 вводять в механічний контакт з металевою поверхнею, що буде оброблятися, рукояткою 37 і ручкою 32 добиваються осьового зміщення стакану 8 (3-5мм) поки шторка 28, що закріплена на його дні 21 не перекриє зону спрацювання оптичного датчика 27. Останній запускає ультразвуковий генератор 35, який подає напругу резонансної частоти на ультразвуковий п'єзокерамічний перетворювач 1, що збуджує в ньому поздовжні ультразвукові пружні механічні коливання. ТКШ 5 підсилює амплітуду коливань до 20ммк на торці вихідного кінця 6. Так як ударні елементи 16 знаходяться із ним в контакті, то вони також починають із-за ударної взаємодії робити коливання, рухаючись в отворах державки 12. При цьому енергія ударів, одержана ударними елементами 16 від ультразвукового перетворювача, витрачається на деформування поверхні, що обробляється, і на їх пружний відскок назад. Інструмент притискається до поверхні із зусиллям 40-60Н, пружина 25 дефо-

рмується на відповідну величину, повітря в пневмокамері 20 стискується і починає виходити через пази 14 і зазор між корпусом 17 і стаканом 8 попутно охолоджуючи його. Надавши інструменту поступальний рух в напрямі перпендикулярному його осі, обробляють виріб, охоплюючи всю необхідну поверхню.

Втрати, що виникають в п'єзокерамічному ультразвуковому перетворювачі нагрівають його. За рахунок великої бічної поверхні тепло передається металевому стакану 8, який починає розсіювати його разом із насадкою 11 шляхом конвективного теплообміну і примусовою прокачкою повітря в зазорі між корпусом і стаканом при періодичному натискуванні на ручку 31 і рукоятку 33 інструменту (змінюється об'єм пневмокамери 20), що виникає при обробці (наприклад, скануючій). Інше джерело тепла в інструменті - ударні елементи 16, що гріються при ударних процесах, одночасно нагріваючи державку 12 і торець вихідного кінця 6. Частину тепла державка розсіює сама, а частину передає насадці 11, тому температура державки незначна, а ударні елементи не перегріваються. Нагрів торця вихідного кінця 6 локалізується, так як поширенню тепла до п'єзоелементів 2 чинять перепони низька теплопровідність титану (матеріал ТКШ) і порожнина 7, що збільшують тепловий опір. У випадку експлуатації при підвищених зовнішніх температурах і можливих порушеннях технологічного режиму, коли температура ультразвукового перетворювача може досягнути критичних значень, передбачено постійний контроль температури датчиком 29 і відключення ультразвукового генератора при нагріві перетворювача до заданої температури.

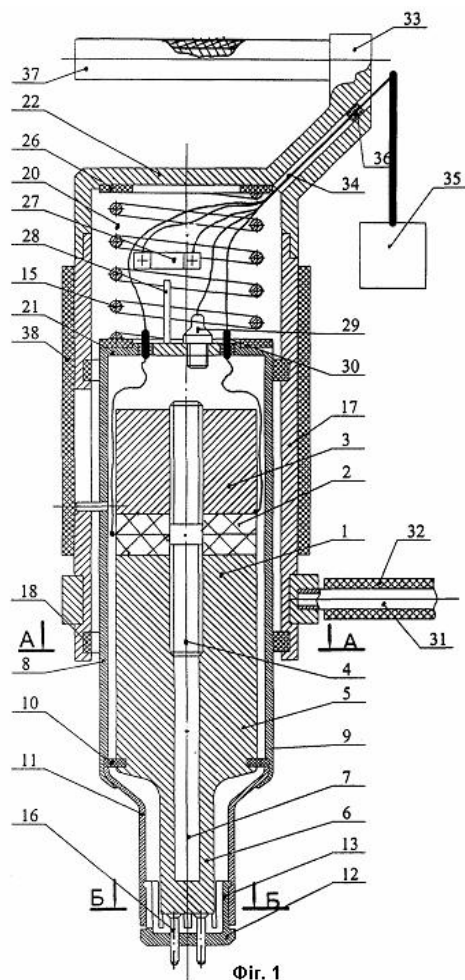
Вібрації (низько- і високочастотні), що виникають при обробці виробів, гасяться ступінчасто віброізоляційним ущільненням 11 і потім за рахунок зворотно-поступального фрикційного руху стакану 8 в напрямниках 18, пружності пружини 25 і повітря в пневмокамері 20 (низькочастотні удари); віброізоляційними властивостями еластичних трубок 37, 38 і еластичного чохла 32, перерозподілом вібрацій між двома точками притиску інструменту (ручка 31 і рукоятка 33). Такий багатоступінчастий (із різним механізмом дії) захист від дії вібрацій, що виникають при обробці, дозволяє добитися зниження рівня цих вібрацій до величин, що значно нижче допустимих. Можливість вільного повороту державки 12 з ударними елементами навколо осі зменшує знос торця вихідного кінця 6 ТКШ, а можливість швидкого зйому державки разом із ударними елементами (несильне осьове зміщення ключем державки 12, сектори 15 пружно зійдуться по радіусу, виступи 13 вийдуть із зачеплення) підвищує зручність в роботі з інструментом.

Використання складеного ультразвукового п'єзокерамічного перетворювача внаслідок попереднього стискування п'єзошайб 2 шпилькою 4 (армування) підвищує його надійність до ударного навантаження, що виникає при експлуатації інструменту. Таким чином, запропонований пристрій із-за використання складеного п'єзокерамічного ультразвукового перетворювача має менше виділення тепла, ніж у відомому (де, навіть, використовується водяна система охолодження), а ство-

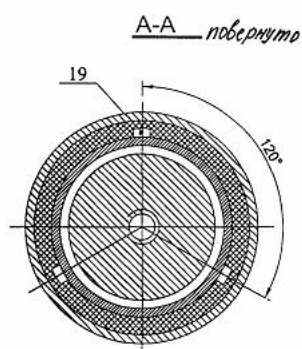
рена система відводу виробленого тепла ефективна і не вимагає примусової подачі охолоджувальної води чи повітря. Це разом із багатоступінчастою системою віброзахисту видаляє джерело акустичних кавітаційних шумів і різко знижує рівень вібрацій нижче допустимих при всіх режимах ударної обробки. Швидка заміна ударників, відсутність шлангів примусового охолодження, блокування можливих перегрівів інструменту, стійкість до вологості і запиленості підвищує його надійність і зручність при експлуатації.

Наприклад, були виготовлені запропоновані пристрої, які при тій же амплітуді коливання торця ТКШ (до 20 мкм) і робочій частоті 22 кГц споживали

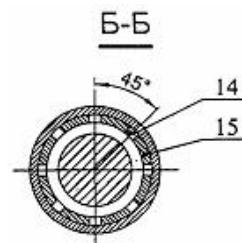
максимум 250 Вт потужності. В той час як у відомому пристрої споживання дорівнювало 900 Вт. Під час роботи не використовувався примусовий відвід тепла від інструменту, який при цьому мав допустиму температуру. Сам інструмент під час роботи не створював акустичних шумів, а вібрації і удари, що виникали під час обробки металевих поверхонь, гасилися системою віброізоляції, яка забезпечувала безпечний режим роботи оператора. Невелика вага блока управління (3 кг) в порівнянні із блоком прототипа (біля 40 кг) забезпечує можливість його переноски безпосередньо оператором, що підвищує зручність і покращує умови праці в порівнянні із прототипом.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3