

of the protuberance of the gear-cutting instrument depend on the parameters of the cut surface of the spline joint

In the general case, the profile modification of a wheel tooth is created by a profile of the cutter rails, made in the form of two straight sections, each of which forms a corresponding involute on the wheel tooth: the main section of the rails is the involute of the working profile and the part of the prominence is an involute of single inside. Therefore, the worm milling cutters are designed based on the synthesis of the main rail, both for obtaining a rational shape and size of the allowance for the subsequent finishing of the gear rim, and for creating a profile modification wheel specified by the drawing.

The profile modification of the teeth of the wheel during the toothing is created by a modified cutter tooth, made in the form of two involute sections with different profile angles of the initial contour. The contact of the cutting edges with the processed tooth profile is carried out along three pairs of engagement lines that intersect at the pole. The section of the cutter profile - the main involute and evolutive of the prominence - is formed on the wheel tooth, respectively, involute sections - of the working profile and lower inside. Technological methods for processing large-sized elements of spline joints by introducing advanced gear processing schemes and improved tools provide improved performance, accuracy and quality due to connections with modification of a gear cutting tool of a worm milling cutter for shafts and a gear cutting cutter for twisting shaft.

Keywords: *technological means, pretreatment, large-sized involute spline joints, bushings, shafts, modification of a gear-cutting tool, trough of teeth, accuracy, quality, performance.*

Рецензент: проф., д-р техн. наук Добротворський С. С.
Стаття постуила 24.01.2019 р.

УДК 621.91

Пермяков О. А., Іщенко М. Г., Киркач О. Б., Шепелев Д. К.

КОМПОНУВАННЯ МОБІЛЬНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ РЕМОНТУ НЕДЕМОНТУЄМИХ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ ТУРБОАГРЕГАТУ

У статті розглянуто загальний похід до аналізу і синтезу компонок металорізальних верстатів для вирішення актуального технологічного завдання механічної обробки недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів при їх ремонті. Агрегатно-модульний принцип створення верстатів заснований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально і конструктивно закінчених вузлів і агрегатів. Даний піхід дає можливість виконати систематизацію, типізацію компонок і уніфікацію конструкцій мобільного портативного технологічного обладнання, що дозволяє ефективно вирішувати поставлене технологічне завдання.

Ключові слова: *верстат, агрегатно-модульний принцип, компоновка, турбоагрегат, ремонт недемонтуємих деталей.*

Вступ. Актуальною виробничою задачею заводу «Турбоатом» є ремонт деталей та вузлів, які експлуатують в Україні та за кордоном турбоагрегатів. Недоцільність, а іноді і технічна неможливість демонтажу великогабаритних деталей унеможливорює їх поточний ремонт в умовах заводу. У цьому випадку ефективним і єдино можливим є використання мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки відновлених і приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

турбоагрегатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агрегатно-модульний принцип розробки і виробництва металорізальних верстатів, який застосовують в даний час, заснований на використанні уніфікованих або нормалізованих функціонально і конструктивно закінчених вузлів і механізмів (модулів), що випускаються або верстатобудівними фірмами (обмежено для своїх моделей верстатів), або вироблених спеціалізованими фірмами, що випускають досить широкий ряд різних вузлів і механізмів для різних типорозмірів верстатів [2, 3, 4].

Метою даної статті є аналіз компоувальних схем і уніфікація конструкцій верстатів, створених по агрегатно-модульному принципу, для механічної обробки недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів.

До технологічного металорізального обладнання, створюваному на основі принципу агрегування, повною мірою стосується визначення «унікальне обладнання», оскільки практично кожна така верстатна система не має повних аналогів. Багаторічна практика створення і експлуатації верстатів агрегатно-модульної структури постійно вказує на те, що правильний вибір і раціональна побудова компоновки здійснює великий вплив на їх якість.

У багатьох випадках створення спеціальних і універсальних верстатів цей вплив виявляється вирішальним. Вплив компоунання на якість верстата проявляється за двома напрямками. По-перше, через структуру, правильний вибір якої забезпечує необхідну універсальність або спеціалізацію і відповідність ряду технологічних і інших вимог. По-друге, через вибір раціональних конструкторських рішень, розмірних пропорцій і розташування вузлів в просторі, чим забезпечуються високі техніко-економічні показники якості.

Значним внеском у розвиток теорії компоновок металорізальних верстатів є робота Ю. Д. Врагова [1]. Він запропонував представляти компоновку верстата як структуру блоків: одного стаціонарного та кількох рухомих, розділених лінійними або круговими напрямними. Поняття блокової структури верстата і способи сполучення блоків дозволяє позначати будь-яку компоновку за допомогою структурних формул. Для опису просторового компоунання і можливості використання математичного апарату в структурних формулах використовують систему позначень осей координат, що відповідає рекомендаціям ІСО. Структурна формула компоунання - це певна послідовність символів, що позначає блоки компоунання, яка розкриває координатну приналежність і спосіб сполучення блоків. Приклади структурних формул компоновок верстатів приведені в таблиці 1.

Структурні формули можуть мати різні ступені уточнення. Запропонований спосіб позначення компоновок верстатів структурними формулами і запропонований на їх основі метод структурного аналізу дозволив Ю. Д. Врагову досконально розглянути особливості та принципи побудови компоновок багатоопераційних верстатів.

Очевидно даний підхід можливо застосувати для структурного аналізу і синтезу компоновок металорізального обладнання для ремонту недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів. Особливістю таких верстатів є мобільність або можливість їх використання за місцем служби машини, яку ремонтують, а також те, що роль стаціонарного блоку (станіни) верстата може виконати сама деталь, що відновлюється.

Аналіз типажу і техніко-технологічних характеристик сучасних силових агрегатів дозволяє зробити висновок, як про різноманіття вибору уніфікованої елементної бази для створення верстатів і систем агрегатно-модульної конструкції, так і про перспективність даного технологічного обладнання.

Нижче наведені приклади реалізованих на заводі «Турбоатом» компоновок мобільного портативного технологічного обладнання для механічної обробки, відновлених і

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

приєднувальних поверхонь недемонтуємих великогабаритних деталей і вузлів турбоагрегатів.

Таблиця 1 – Приклади структурних формул компоновок верстатів

Верстат	структурна формула	пояснення
Вертикальний консольно-фрезерний	$XYZO\hat{C}_v$	X - стіл, Y - салазки, Z - консоль, Про - станина, вертикальний шпиндель
Токарний	$COZXbWd$	Z - шпиндель, O - станина, Z - поздовжній супорт, X - поперечні санчата, b - поворотні санчата, W - задня бабка, d - поворотна різцетримач
Зубодовбальний	$D_v uOX \cdot C / \hat{Z}_v$	Dv - поворотний стіл, u - рух врізання, O - станина, X - горизонтальне переміщення (налагоджувальне) головки шпинделя, штоссель з обертальним і поступальним рухом

На рис. 1 приведена компоновка портативного розточувального верстата для спільної обробки 9 осьових отворів з $\varnothing 128$ мм до $\varnothing 144H7$ мм у фланцевому з'єднанні валу генератора і валу турбіни гідроагрегату Средньодніпровської гідроелектростанції.

До складу виробу входять: машина розточувальна; машина пневматична (привід); підставка для установки машин; деталі кріплення підставки, машин і налагодження пристосування; запасних деталей комплекту.

На рис. 2 показана компоновка портативного дреля для обробки отворів $\varnothing 30H7$ в циліндрі і корпусі робочого колеса Лардж ГЕС (Індія).

На рис. 3 наведено приклад реалізованих компонувань мобільного портативного верстата для фрезерування паза під шнур ущільнювача в нижньому кільці направляючого апарату гідротурбіни Кременчуцької ГЕС. Мобільний верстат складається з опори, фрезерної головки, що включає в себе пристрій вертикальної подачі, механізму горизонтальної подачі і приводу горизонтальної подачі. Перед обробкою, верстат опорою поз. 1 встановлюється центрувальними виступами в отвори $\varnothing 280A$, центрується, щодо осі паза, який фрезерують, розміченій на нижньому кільці направляючого апарату, і закріплюється.

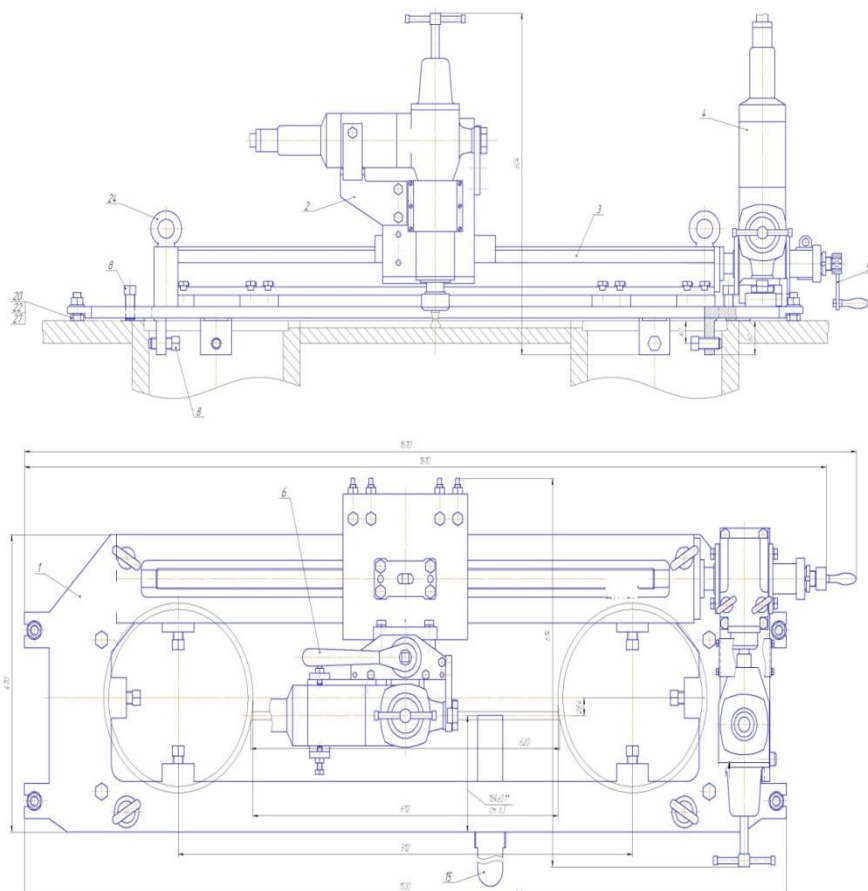


Рисунок 3 – Компонування OXZCv мобільного портативного фрезерного верстату

ВИСНОВКИ

Актуальною залишається задача систематизації компоновок новостворюваного мобільного портативного технологічного обладнання, створюваного за агрегатно-модульним принципом, з метою типізації компоновальних схем і подальшої уніфікації конструкцій верстатів для механічної обробки великогабаритних деталей, які недемонтують і вузлів турбоагрегатів.

Перелік використаних джерел:

1. Врагов, Ю. Д. Анализ компоновок металлорежущих станков : (основы компонетики) / Ю. Д. Врагов. – М. : Машиностроение, 1978. – 208 с.
2. Ito Yoshimi Modular Design for Machine Tools. – McGraw-Hill, 2008. – XXIV. 504 p.
3. Пермяков, А. А. Анализ компоновок современных агрегатных станков с поворотно-делительным барабаном / А. А. Пермяков, Ю. В. Тимофеев, И. Э. Яковенко // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПИ»: сб. науч. тр. – Харьков : НТУ «ХПИ». – 2015. – Темат. вып. : Технологии в машиностроении, № 40 (1149). – С. 96–101.
4. Пермяков, А. А. Современные силовые агрегаты как элементная база создания станков и систем агрегатно-модульной конструкции / А. А. Пермяков // Високі технології в машинобудуванні = High technologies in machine engineering : зб. наук. пр. – Харків : НТУ

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

Машинобудування і зварювальне виробництво

«ХПІ», 2015. – Вип. 1 (25). – С. 123-133.

5. *Пермяков, А. А.* К вопросу об унификации установочно-зажимных приспособлений агрегатированного оборудования / *А. А. Пермяков, И. Э. Яковенко* // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Технології в машинобудуванні = Bulletin of National Technical University «KhPI»: coll. of sci. papers. Ser.: Techniques in a machine industry. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 33 (1205). – С. 38–42.

6. *Пермяков, А. А.* Моделирование структур и систем управления циклом агрегатированных технологических систем на основе конечных автоматов / *А. А. Пермяков, О. Ю. Приходько, С. Е. Слипченко* // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Технології в машинобудуванні = Bulletin of National Technical University «KhPI»: coll. of sci. papers. Ser.: Techniques in a machine industry. – Харків: НТУ «ХПІ», 2016. – № 33 (1205). – С. 74–80.

7. *Яковенко, И. Э.* Оптимизация режимов резания при обработке инструментальными блоками / *И. Э. Яковенко, А. А. Пермяков* // Вестник Нац. техн. ун-та «ХПІ»: сб. науч. тр. – Харьков, 2015. – Темат. вып.: Технологии в машиностроении, № 4 (1113). – С. 89–92.

8. *Яковенко, И. Э.* Ранжирование технологических компоновок агрегатированного оборудования на базе инструментальных блоков / *И. Э. Яковенко, А. А. Пермяков* // Вісник Нац. техн. ун-ту «ХПІ»: зб. наук. пр. Сер.: Технології в машинобудуванні = Bulletin of the National Technical University «KhPI»: coll. works. Ser.: Techniques in a machine industry. – Харків, 2017. – № 26 (1248). – С. 99–104.

Пермяков А. А., Ищенко М. Г., Киркач А. Б., Шепелев Д. К.

О КОМПОНОВКЕ МОБИЛЬНЫХ СТАНКОВ ДЛЯ РЕМОНТА НЕДЕМОНТИРУЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ТУРБОАГРЕГАТОВ

В статье рассмотрен общий подход к анализу и синтезу компоновок металлорежущих станков для решения актуальной технологической задачи механической обработки недемонтируемых крупногабаритных деталей и узлов турбоагрегатов при их ремонте. Агрегатно-модульный принцип создания станков основан на использовании унифицированных или нормализованных функционально и конструктивно законченных узлов и агрегатов. Данный подход дает возможность выполнить систематизацию, типизацию компоновок и унификацию конструкций мобильного портативного технологического оборудования, позволяющего эффективно решать поставленную технологическую задачу.

Ключевые слова: станок, агрегатно-модульный принцип, компоновка, турбоагрегат, ремонт недемонтируемых деталей.

Permyakov A. A., Ishchenko M. G., Kirkach A. B., Shepelev D. K.

COMPONENTS OF MOBILE MACHINES FOR REPAIRING NON-REPAIRED PARTS AND KNOTS OF TURBO-APPLIANCES

The article describes a general approach to the analysis and synthesis of the configurations of metal-cutting machine tools for solving the actual technological problem of mechanical processing of non-dismantled large-sized parts and assemblies of turbine units during their repair.

The actual production task of the Turboatom plant is the repair of parts and assemblies of turbine units operated in Ukraine and abroad. The inexpediency, and sometimes the technical

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>

impossibility of dismantling large-sized parts, makes it impossible to make current repairs in the factory. In this case, it is effective and only possible to use mobile portable technological equipment for mechanical processing of reconditioned and connecting surfaces of non-dismantled large-sized parts and units of turbine units. The unit-modular principle of creating machines is based on the use of standardized units and units. This campaign makes it possible to carry out systematization, typing of layouts and unification of the structures of mobile portable technological equipment, allowing to effectively solve the set technological problem. The definition of «unique equipment» is fully applicable to technological metal-cutting equipment created on the basis of the principle of aggregation, since almost every such machine tool system has no complete analogues. The long-term practice of creating and operating machines of an aggregate-modular structure constantly indicates that the right choice and a rational layout design have a great influence on their quality. In many cases, the creation of special and universal machines, this influence is decisive. The influence of the layout on the quality of the machine is manifested in two ways. First, through the structure, the correct choice of which provides the necessary universality or specialization and compliance with a number of technological and other requirements. Secondly, through the choice of rational design performances, dimensional proportions and the location of nodes in space, which ensures high technical and economic quality indicators.

Keywords: machine tool, aggregate-modular principle, layout, turbine unit, repair of non-dismantled parts.

Рецензент: професор, д-р техн. наук Хавин Г. Л.

Статья поступила 29.01.2019 р.

УДК 621.791.011

Носовський Б. І., Буріков С. В.

ПРИМУСОВЕ ПЕРЕНЕСЕННЯ ЕЛЕКТРОДНОГО МЕТАЛУ ПРИ ЗВАРЮВАНІ В СЕРЕДОВИЩІ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ

Актуальність роботи полягає в тому, що при зварюванні в середовищі вуглекислого газу один з головних недоліків підвищене розбризкування електродного металу внаслідок коротких замикань краплею дугового проміжку, тому дослідження примусового перенесення електродного металу при зварюванні в середовищі вуглекислого газу є актуальним.

Досягнення зменшення розбризкування металу при зварюванні в середовищі вуглекислого газу виконується за рахунок примусового перенесення дрібних крапель рідкого металу.

Дослідити процес взаємодії коливань на торці електрода з краплею рідкого металу неможливо, так як дуговий процес випромінює великий світловий потік, крапля не прозора і побачити що відбувається всередині неї неможливо. Тому в якості рідкої краплі електродного металу дослідження проводилися на водяній краплі при кімнатній температурі.

При дослідженні встановлено, що при впливі коливань торця електрода на краплю спотворюється її форма. Появу виступів ймовірно можна пояснити виникненням потоків рідини всередині краплі.

У процесі спостереження виявлено, що в краплі виникають кільцеві потоки, причому з ростом частоти коливань торця швидкість обертання потоків збільшується. При досягненні резонансної частоти крапля відривається від торця.

Режим доступу: <http://sap.pstu.edu>