

# Том 3

# Технології

# машинобудування

УДК 62-114

**Клеопа С.В., Глушков А.И., студенты гр. 131м-17-1****Научный руководитель: Дербаба В.А., к.т.н. доц. кафедры технологии горного машиностроения***(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина)*

## **ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СТАНКОВ С ЧПУ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

При организации нового производства возникает потребность в выборе оптимального и экономически выгодного современного оборудования для выполнения заданных целей.

На основе изученной информации по данному вопросу и собственного опыта определить основные критерии по выбору современного оборудования предназначенного для механической обработки.

На сегодняшний день практически каждое предприятие, занимающееся механической обработкой, имеет в своем распоряжении станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

При использовании станков с ЧПУ сроки подготовки производства сокращаются на 50-75%, а общая продолжительность цикла изготовления продукции на 50-60%. Вместе с тем резко сокращается объем слесарно-доводочных и других работ. Экономия средств на проектирование и изготовление технологической оснастки составляет 30-85%.

### *Критерии выбора станков*

Приобретение станочного оборудования для осуществления обработки заготовок в организации нового производства относится к непростым задачам. Эффективное решение вопроса определяется специальными инженерными знаниями, профессиональными навыками, приобретенным опытом, а также конкретными производственными нуждами. Среди критериев выбора универсальных станков с ЧПУ выделяют:

- конструкция (составная или цельная), габаритные размеры, масса станины;
- размеры рабочей зоны;
- тип силового агрегата: электродвигатель или сервопривод;
- скорость механической обработки заготовки и точность ее выполнения;
- система управления оборудованием, возможность установки других систем;
- возможность установки дополнительных осей;
- технические характеристики шпинделя: скорость и диапазон вращения, плавность разгонки и остановки;
- мощность привода;
- устройство инструментального магазина; кол-во возможных установленных инструментов;
- тип охлаждения рабочего инструмента: воздушное или водяное;
- присутствие системы охлаждения шпинделя;
- дополнительные опции, устанавливаемые под заказ;
- стоимость оборудования.

Выбор и применение станка с ЧПУ (рис.1) к технологии изготовления детали "Рычаг задний правый" (рис.2)

Нашим опытом подбора современных станков с ЧПУ было разработано технологический процесс для детали "Рычаг задний правый". Изготовление данной

детали до появилення багато осевих станків с ЧПУ было довольно сложным, так как требовало множественное количество переходов и операций, а как следствие и большое количество станков.

Станок оснащён наклонным шпинделем и поворотным столом для одновременной 5 – ти осевой обработки с высокой производительностью. Данный станок оснащён одним столом с максимальным размером 1500 мм x 1500 мм и максимальной грузоподъемностью 1500 кг. Подъемная платформа, расположенная около со станком предназначена для удобного доступа в зону обработки, также доступна опционально.

Оптимальная 5 – ти осевая обработка для средних / маленьких деталей:

- 5 – ти осевая одновременная обработка сложных контуров.
- Простой доступ в зону обработки.
- Жесткая конструкция станка для тяжелых процессов обработки.
- Роликовые линейные направляющие, используемые для осей X, Y, и Z.
- Роликовые бегунки используются для поворотных осей B и C.



Рис. 1 Современный токарно-фрезерный станок с ЧПУ

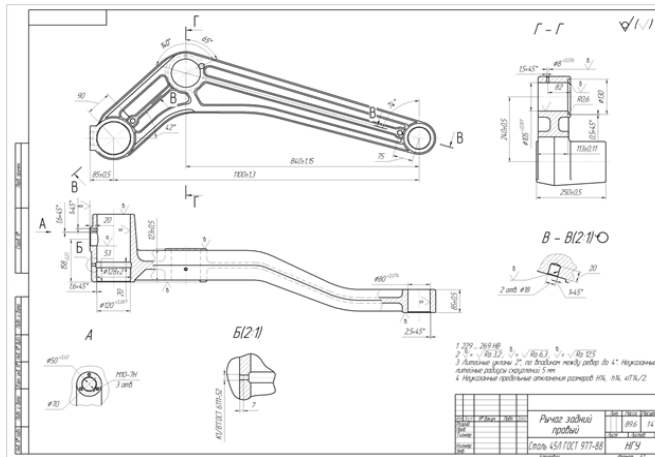


Рис. 2 Деталь «Рычаг задний»

### Перечень ссылок

1. Ловыгин А. А., Теворовский Л. В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
2. Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М. Системы числового программного управления: Учеб.пособие. - М.: Логос, 2005. - 296 с.

УДК 621.9.047

**Єсаулова Ю.Р.****Науковий керівник: Ласкін В.М.***(Національна металургійна академія України, м.Дніпро, Україна)*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ТЕРТЯ**

Якість поверхні значно впливає на експлуатаційні властивості деталей. Відомо, що 80..85% машин виходить з експлуатації в результаті зношування деталей, і тільки 15..20% - з інших причин. На величину і інтенсивність зносу поверхонь в рухомих сполученнях машин безпосередній вплив надає шорсткість, а на зносостійкість поверхонь тертя впливає розташування поверхонь. При поєднанні поверхонь, що мають однаковий напрямок нерівностей при їх перпендикулярному напрямку до руху знос досягає максимального значення, а поверхні, що мають довільний мікрорельєф, завдяки наявності поглиблень, мають кращу тепловіддачу, дозволяють розмістити більше мастила і краще її утримувати, що сприяє зменшенню зносу.

У машинобудуванні широко застосовуються різні методи отримання зносостійкого поверхневого шару деталей, що працюють в умовах тертя. Однак повністю усунути знос поверхонь тертя неможливо, тому виникає необхідність відновлювати зношені поверхні цінних відповідальних деталей, так як виготовлення нових деталей (або їх закупівля) при ремонті машин і виробів може виявитися значно дорожче їх відновлення. Одним з найбільш простих і доступних методів, який можна використовувати для відновлення поверхонь є електроерозійний. При цьому методі досягається велика міцність зчеплення легуючі матеріалу з матеріалом основи, відбувається зміцнення оброблюваної поверхні, обладнання просто по конструкції і зручно в експлуатації. У роботах [1,2,3] розглянуті питання підвищення сплошності покриття, зниження шорсткості легованої поверхні і чистової обробки зміцнених поверхонь для знову виготовлених деталей. Однак з точки зору застосування даних методів для відновлення зношених поверхонь тертя дані методи вивчені мало.

Метою даної роботи є вивчення технологічних можливостей застосування електроерозійного зміцнення і подальшої чистової обробки для відновлення зношених поверхонь тертя і розробка інтегрованих технологічних процесів відновлення поверхонь.

Найбільш простим, не вимагає спеціального устаткування і хімічної обробки (екологічно чистим) способом, що не руйнує оброблювану поверхню, є обробка еластичними металевими дротяними кругами з діаметром дроту 0,2-0,3 мм.

Після операції попередньої обробки виконуються кілька операцій електроіскрового легування. При цьому для обробки зовнішніх циліндричних поверхонь доцільно застосування роторних головок, які дозволяють значно підвищити продуктивність обробки, суцільність покриття, механізувати процес електроерозійного зміцнення. Роторна голівка легко встановлюється на супорті токарного верстата і підключається до генератора. Конструкція роторної головки передбачає установку в ній 10 пружних електродів призматичної форми.

Після легування твердим сплавом більш ефективно застосування еластичних металевих дротяних кіл з діаметром дроту 0,15-0,2 мм.

Після закінчення операції електроіскрового легування необхідно здійснювати чистову обробку відновленої поверхні з метою зниження шорсткості. В якості методу для чистової обробки застосовується алмазне вигладжування [3,4] і притирання.

На рисунку 1 наведено приклад визначення оптимального режиму для умов технологічного процесу нанесення покриття на оправку ХПТ, виготовленої із сталі 50ХФА при потужності установки рівній  $W = 200 \dots 400$  Вт.

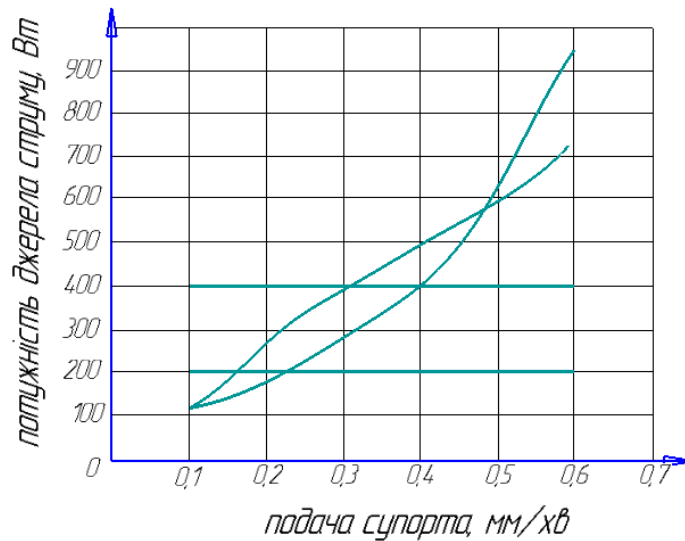


Рис. 1 - Приклад оптимізації

#### Перелік посилань:

1. А.Г. Бойцов, В.А. Смоленцев, Л.А. Хворостухин Упрочнение поверхностей деталей комбинированными способами. М.: Машиностроение.- 1991.- 144с.
2. Проволоцкий А.Е. Повышение качества поверхностей, обработанных электроискровым методом // Электронная обработка материалов. 1988. №2 с. 83-84.
3. Проволоцкий А.Е. Негруб С.Л., Ласкин В.М. Использование возможностей эластичных кругов при обработке поверхностей после электроискрового упрочнения
4. Б.А. Эйзнер О формировании шероховатости поверхности при электроэрозионном методе обработки // Электронная обработка материалов. 1988. №2 с.

УДК 621.32

**Приходько Д.А., ст.гр. АТмм14-1****Научный руководитель: Кривда В. В., к.т.н., доц. кафедры ААХ***(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина)***ЛАЗЕРНЫЕ ФАРЫ ГЛАВНОГО СВЕТА**

Активно работает над внедрением лазерных фар в свои модели и компания Audi. Первенцами стали Audi R18 e-tron quattro и концептуальный Audi Sport quattro Laserlight. Причем R18 e-tron quattro уже нынешним летом поступит в продажу в Германии по цене 210000 евро. Особенность фар этого автомобиля – их лазерные модули активизируются при скорости 60 км/ч и выше. Ниже этой границы дорогу освещают обычные светодиоды. Каждая лазерная фара R18 e-tron quattro включает четыре мощных лазерных диода. Диаметр их тела свечения – 300 микрон. Диоды генерируют синий луч с длиной волны 450 нм. В специальном флуоресцентном преобразователе синий свет становится белым с цветовой температурой 5500 Кельвинов. Этот свет обеспечивает минимальную усталость глаз. Дальность лазерного луча – 500 метров.

Компания Audi решила в первую очередь опробовать свои лазерные фары на лемановском прототипе Audi R18 e-tron quattro, который будет участвовать в гонках на выносливость. Лазерный модуль для BMW (рис.1) разработан инженерами специального подразделения компании Osram – SpecialLightingDivision. Интересно то, что маркетологов компании не смутила довольно сложная конструкция нового узла, влияющая на себестоимость автомобиля в целом. Для них более важны те преимущества, которые получит не только владелец машины с новыми фарами, но и все участники дорожного движения.



Рис.1 Лазерный модуль для BMW

Лазерные фары концепт-кара Audi Sport quattro Laserlight (рис.2) – еще одно доказательство серьезных намерений компании Audi в области внедрения в ее модели фар нового типа.

По сравнению с фарами с другими источниками света (лампами накаливания, газоразрядными, классическими светодиодами) лазерные имеют целый ряд преимуществ. «Вытекают» они из того, что лазерное излучение монохромно и когерентно, т. е. волны имеют одинаковую длину и постоянную разность фаз. Во-

первых, оно формирует пучок света, приближенный к параллельному, т. е. позволяет управлять освещением конкретных зон. Во-вторых, сила света лазерного светового луча в 10 раз выше классических галогенок, ксенона и светодиодов. Дальность лазерного луча света составляет до 600 метров, в то время как обычный дальний свет освещает от 200 до 300 метров. При этом важно то, что даже в режиме ближнего света (классический ближний свет «работает» на дистанции 60–85 м) лазерные фары не будут слепить, так как лучи строго направлены, и если в зоне освещения появится человек, специальный режим сможет отключить ту часть диодов, лучи которых попадают в его глаза.



Рис.2 Конструкция лазерной фары Audi

**Перечень ссылок:**

1. Электронный ресурс [<https://www.autocentre.ua/opyt/tehnologii/fary-golovnogo-sveta-lazernyy-proryv-58920.html>]

УДК 621.91+9.02

Пуголовкина А.Г., студентка гр. ИМмм-14-1

Научный руководитель: Дербаба В.А., к.т.н., доцент кафедры ТГМ

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г.Днепр, Украина)

### ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА СТАНДАРТА ISO9001 ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Режущий инструмент является составной частью комплексной автоматизированной системы станка с ЧПУ. Тщательному выбору и подготовке инструмента для станков с ЧПУ должно уделяться особое внимание. Это связано с высокой стоимостью этого оборудования и необходимостью достижения максимальной производительности и более высокой точности обработки. Для обеспечения автоматического цикла работы станков требуется более высокая степень надежности работы инструмента [1].



Рис.1 Прогрессивный токарный инструмент

Режущий инструмент для станков с ЧПУ должен удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечение высоких и стабильных режущих характеристик;
- удовлетворительное формирование и отвод стружки;
- обеспечение заданных условий по точности обработки;
- универсальность применения для типовых обрабатываемых поверхностей различных деталей на разных моделях станков;
- быстросменность при переналадке на другую обрабатываемую деталь или замене затупившегося инструмента.

Этими характеристиками вполне обладает инструмент, предлагаемый представительствами таких известных фирм, как SandvikCoromant, MitsubishiCarbide, KENNAMETAL, ISCAR, Walter, SecoTools и ряд других [2].

На станках с ЧПУ наибольшее распространение получил сборный инструмент со сменными многогранными пластинами с современным износостойким покрытием (СМП). Широкое применение СМП обусловлено следующими факторами:

- обеспечивает значительную экономию дефицитных режущих материалов;
- существенно сокращается время подналадки инструмента (СМП могут быть замены без снятия корпуса инструмента из револьверной головки, в ряде случаев не требуется после замены СМП привязка инструмента);



- возможность быстрого подбора режимов резания путем замены пластин;
- стабильное получение одинаковой величины шероховатости при прочих равных условиях;
- надежное дробление стружки;
- исключается необходимость в заточке инструмента.

В качестве режущего материала для инструмента станков с ЧПУ используют твердые сплавы, керамику, сверхтвердые синтетические материалы и быстрорежущие стали. По классификации ISO твердые сплавы независимо от химического состава подразделяются, в зависимости от их пригодности для обработки определенных материалов, на три группы. Каждая группа обозначается буквой и цветом (синим, желтым или красным) и разделена на подгруппы, характеризующие конкретное назначение твердых сплавов: P (синий) - сплавы для обработки углеродистой, легированной, высоколегированной и инструментальной сталей; M (желтый) – сплавы для обработки нержавеющей и жаропрочных сталей, титановых сплавов; K (красный) – сплавы для обработки чугунов, цветных металлов, закаленной стали, пластмасс и древесины [3.4].

Обрабатываемые материалы	Условия резания	Марка сплава	Скорость резания, м/мин	ISO
P Углеродистые, легированные стали	Непрерывное резание	NC5330	270(220~320)	P15
				P20
	Непрерывное резание	NCM325	250(150~300)	P25
				P30
Прерывистое резание	NCM335	230(120~280)	P35	
			P40	
M Нержавеющие стали	Непрерывное резание	NC5330	200(150~250)	M10
				M20
	Прерывистое резание	NCM325	180(140~230)	M30
K Чугуны	Непрерывное резание	NC5330	170(130~220)	K20
				K30

Рис. 2 Группы применяемости материалов и сплавов

Основным направлением повышения работоспособности твердых сплавов является нанесение на поверхность инструмента износостойких покрытий (TiCN, TiC, TiAlN), повышающих его стойкость в 3–4 раза по сравнению с классическими двухкарбидными СМП. В качестве покрытий применяют, в основном, карбид титана и нитрид титана.

Поскольку различие в стойкости покрытого и непокрытого инструментов возрастает с повышением скорости резания, следует работать на более высоких скоростях резания для повышения производительности труда и самое главное – качество обработанной детали.

#### Перечень ссылок:

1. Моделирование процессов резания : учебное пособие / Петраков Ю.В., Драчёв О.И. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 240 .
2. Справочник прогрессивного инструмента Korloy 2013 (Южная Корея)
3. Справочник по инструменту SECO 2006 (Швеция)
4. Основной каталог HoffmannGroup 2010 (Германия)

УДК 621.73.07

Половина А.О., Коваленко Р.С., ст.гр.131м-17

Научный руководитель: Пацера С.Т., к.т.н, профессоркафедры ТГМ

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина)

## ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТОЧНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ОПРАВОК В ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

Прогрессивный вспомогательный инструмент важный составляющий эффективности производства в машиностроении. К нему предъявляется много различных требований, например, удобный доступ ко всем обрабатываемым поверхностям заготовки. В настоящее время для этого используется следующий инструмент – термозажимной патрон тонкого исполнения, который обеспечивает хороший доступ к заготовки и термозажимной удлинитель с предельно длинным тонким корпусом, который обеспечивает хорошую досягаемость при обработке трудно доступных мест. Широко используются патроны *Weldon*. Эти патроны предоставляют высокую производительность обработки при любых условиях. Но, диаметр патронов *Weldon* бывает слишком велик. Так же очень распространены цанговые патроны. Обеспечивают хороший доступ к заготовке. Но, в некоторых случаях, диаметр зажимной гайки бывает слишком большой.

Абсолютно новый тип гидрозажимного патрона Гарант с углом контура 3 градуса. Этот патрон изготовлен при помощи совершенно новой аддитивной технологии изготовления. Этот новый способ делает абсолютно новую конструкцию.

По сколько система закрыта, больше нет необходимости перекрытий торцевой заглушки камер высокого давления. С помощью этого достигается исключительно тонкая форма с углом контура рабочей части в 3 градуса. Кроме того, для такой конструкции нет опасности выхода из строя патрона из-за перегрева.

На примере фрезерования заготовки с высокой стенкой, мы демонстрируем возможности различных типов патронов. Мы будем сравнивать:

- тонкий термозажимной патрон с углом контура 3 градуса.
- стандартный гидрозажимной патрон.
- и новый гидрозажимной патрон GARANT.

Новый патрон GARANT(компании HoffmannGroup) так же близко подходит к стенке как и тонкий термозажимной патрон и превосходит стандартный гидрозажимной патрон. Чем еще выделяется наш новый гидрозажимной патрон GARANT, он может обеспечить большую силу резания и гарантирует абсолютную надежность процесса.

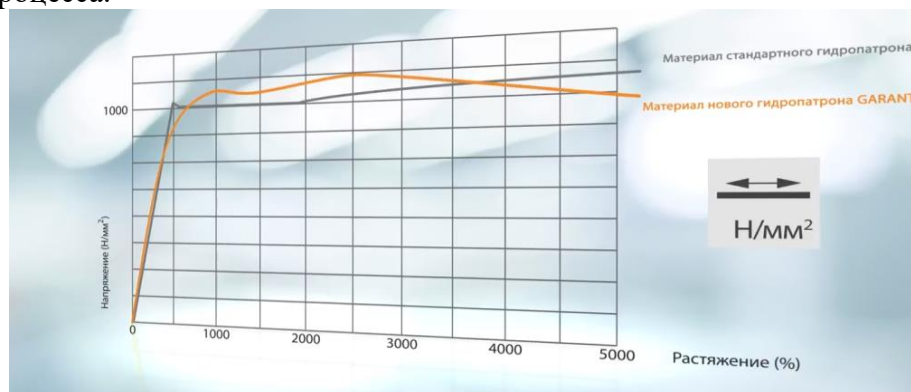


Рис.1 Результат испытаний на растяжение

Етодемонстрируется результатом испытаний на растяжение (рис.1) образцов материала стандартного гидropатрона и нового тонкого гидрозажимного патрона GARANT, изготовленного по аддитивной технологии. Другой немало важный момент, это усилие закрепление и максимальный передаваемый крутящий момент.

Новейшие варианты гидрозажимных патронов GARANT, демонстрируют высокие показатели надежности. Согласно требованиям, термозажимной патрон и гидropатрон при диаметре зажима в 12 мм, должны обеспечить сопротивление крутящему моменту в минимум 145 Н/м (рис.2). Усилие закрепление будет проверяться с помощью динамометрического ключа к имитатору реж. инструмента будет прикладываться нагрузка, пока он не начнет проворачиваться в патроне. При использовании термозажимного патрона, имитатор проворачивается в моменте 180 Н/м. При использовании нового патрона GARANT, имитатор проворачивается при 195 Н/м.

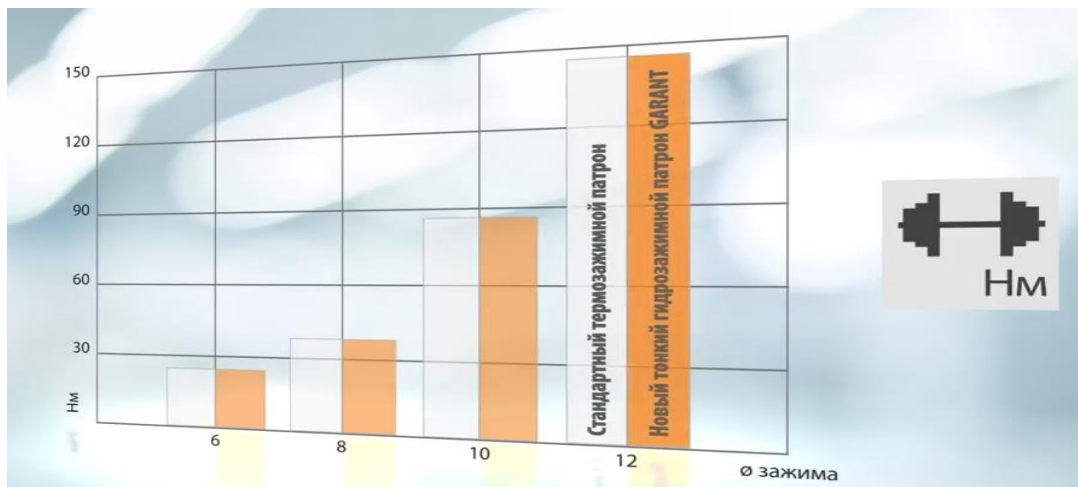


Рис.2 График показателей сопротивления кручению

При длительной работе, патрон нагревается и это снижает удерживающую силу. Чтобы смоделировать эту ситуацию, был нагрет патрон до 120 градусов. Затем повторили испытание на предел крутящего момента для проверки влияния температуры. Хорошо видно, что при повышении температуры, усилие закрепления нашего нового патрона увеличивается.

Другой положительной характеристикой является высокая температура устойчивости нового гидropатрона GARANT до 120 градусов. Это результат того, что у патрона закрытая камера высокого давления, поэтому нет необходимости в торцевой заглушке.

Вывод: с данным патроном мы имеем быструю смену инструмента, гибкость закрепления, благодаря переходным втулкам, высокую точность закрепления и виброгасящие свойства, они наглядно проявляются в сравнении с термозажимным патроном.

#### Перечень ссылок:

1. Ловыгин А. А., Теворовский Л. В. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM-система. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 279 с.
2. Справочник HoffmannGroupC43 2013г.
3. Электронный ресурс: [<https://www.hoffmann-group.com/RU/ru/horu/>]

УДК 621.9

Пуголовкина А.Г., студентка гр. ИМмм-14-1

Научный руководитель: Богданов А.А., к.т.н., доцент кафедры ТГМ

(Государственное ВУЗ «Национальный горный университет», г.Днепр, Украина)

### ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

В данной работе определяется рациональная область использования оборудования с учетом основных затрат на изготовление одной детали.

Стоимость станков с ЧПУ значительно превышает стоимость станков с ручным управлением. Кроме того, возникают дополнительные затраты на подготовку управляющих программ управления, наладку инструмента, обслуживание механизмов станка и устройств ЧПУ. Обработка на станках с ручным управлением связана с использованием технологической оснастки (кондукторов, копиров и т.д.), большими затратами времени на наладку технологической системы по сравнению с оперативным временем.

В условиях применения дорогостоящего оборудования необходимо более тщательно выполнять технологические разработки, выбирать режущий и вспомогательный инструмент, более полно использовать технологические возможности станка, правильно выбирать модель станка и номенклатуру обрабатываемых на нем деталей.

Цель работы – экономическое обоснование применения станка с ЧПУ и сверлильного станка с кондуктором при обработке отверстий в детали (Рис.1).

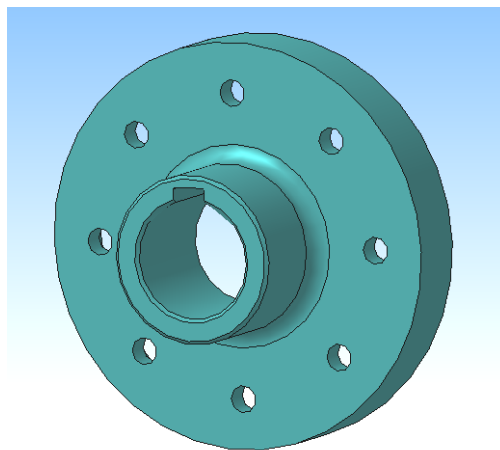


Рис. 1 – 3Dмодель созданная с помощью КОМПАС - 3D

Исходные данные для расчета приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оборудование	Сверлильный	Станок с ЧПУ
$t_{шт}$ , мин	7	6
$K_m$	1	0,33
Ц, тыс. д.е.	60	300
$C_{п,д.е.}$	Кондуктор	Управляющая программа
	$2000+100 \cdot 20=4000$	1000

Расчет экономического обоснования выбора станка производим по следующим формулам:

$$C = C_3 + C_{ao} + \frac{C_{\Pi}}{K \cdot \Pi} \quad (1)$$

$$C = t_{шт} \cdot T \cdot K_M + t_{шт} \cdot \frac{0,2 \cdot Ц}{4000 \cdot 60} + \frac{C_{\Pi}}{2\Pi} \quad (2)$$

где  $C$  – себестоимость обработки детали, д.е.

$C_3$  – затраты на зарплату, д.е.;

$C_{ao}$  – амортизация и обслуживание, д.е.;

$C_{\Pi}$  – затраты специальные для данной номенклатуры и, следовательно, зависящие от программы ( $\Pi$ ), д.е.

$\Pi$  – программа выпуска, шт/год;

$K$  – коэффициент стабильности данной программы ( $K=2$ ).

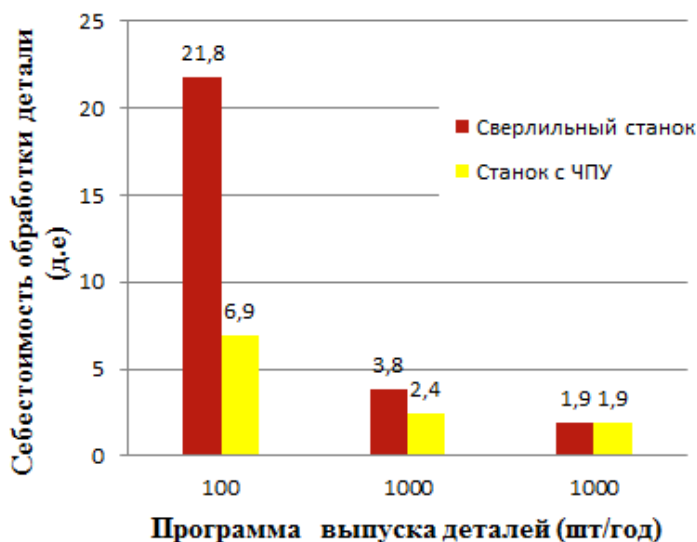
$T$  – тариф часовой оплаты – 12 д.е./час;

$K_M$  – коэффициент многостаночного обслуживания;

$Ц$  – цена оборудования, д.е.;

$\Phi_v$  – годовой фонд времени в часах при 2-х сменной работе.

На основании проведенных расчётов строим диаграмму зависимости себестоимости обработки детали от программы выпуска  $C=f(\Pi)$ .



Из диаграммы следует, что при программе выпуска деталей  $\Pi = 100$  шт/год целесообразно применять станок с ЧПУ, т.к. себестоимость обработки детали меньше, чем при использовании сверлильного станка с кондуктором. С увеличением программы выпуска деталей  $\Pi = 1000$  шт/год и  $\Pi = 10000$  шт/год себестоимость обработки примерно одинаковы.

Таким образом, для обработки деталей с разными программами выпуска на предприятии экономически выгоднее использовать станки с ЧПУ.

#### Перечень ссылок:

1. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: учебник / А.Н. Ковшов – 2-е изд. испр. – СПб.: Издательство "Лань", 2008. – 320 с.: ил.

УДК 621.7:004.356

**Теліпко О.М., Мікяшко Р.О, ст.гр. ІМмм-15-1****Науковий керівник: Бохан Н.С., асистент кафедри ТГМ***(Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», м Дніпро Україна)*

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТРИВИМІРНОГО ДРУКУ В МАШИНОБУДУВАННІ**

Розробка та впровадження нових виробничих технологій є важливим завданням для машинобудування в умовах стрімкої технологічної конкуренції. Оперативне створення і оцінка прототипів нової продукції в машинобудуванні стали можливими завдяки застосуванню нових цифрових технологій, зокрема 3D друку. За допомогою 3D друку з'являється можливість створити необхідний прототип в найкоротші терміни. Також, з отриманим прототипом можна провести необхідне тестування, перевірити його на відповідність усім параметрам і тим самим значно здешевити виробництво і уникнути можливих проблем. Суть роботи будь-якого 3D принтера полягає у створенні об'ємної тривимірної моделі з багатьох сотень, тисяч шарів матеріалу. Як матеріал використовується пластик, папір, гіпс або метал (алюміній або мідь). Існують два основних принципи роботи 3D принтера, як і звичайні принтери, вони діляться на лазерні та струменеві. Лазерний друк включає в себе стереолітографію (SLA), яка дозволяє створити тривимірну модель згідно комп'ютерним САД-кресленнями. У даному випадку використовується фотополімер, що знаходиться в рідкому стані. Але при просвічуванні спеціальним ультрафіолетовим промінням він застигає і утворює дуже щільний і жорсткий каркас.

Технологія лазерного спікання (SLS) відрізняється швидкістю і дешевизною, тут використовується порошок з легкоплавкого пластику. У такому 3D принтері лазер вирізає перетин майбутньої деталі на порошок, який потім розігрівається до температури, необхідної для плавлення, і далі спікається. А також є можливість 3D друку металевих виробів. У даному випадку використовується металева стружка, яка «обліплена» найдрібнішими частинками полімеру. Модель поміщають в спеціальну піч, полімер вигорає, а стружка сплавляється. Третій варіант - це струменевий 3D друк. Сам по собі він схожий на звичайний принтер, але от тільки замість фарби використовується розігрітий пластик. Пластик потрапляє на охолоджену платформу, швидко застигає і утворює шар майбутньої тривимірної моделі. Як і в попередніх варіантах, створення моделі здійснюється пошарово. Ще одна з 3D технологій - це FDM технологія. Вона ґрунтується на використанні полімерної нитки, яка укладається пошарово. Модель, створена у форматі STL, передається в програмне забезпечення, за допомогою якого працюють установки FDM. Технологія DMLS (DirectMetalLaserSintering) - ґрунтується на спіканні металу з використанням лазера. В даний час запущений експеримент виготовлення запасних частин для велосипеда за допомогою даної технології. В якості сировини використовується металевий порошок. Обладнання, що використовується в даній технології, за допомогою лазерного променя сплавляє металевий порошок, поступово створюючи, шар за шаром, всю деталь. Області застосування 3D принтера Для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшої доробки. Вже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. В інженерії такий підхід здатний істотно знизити витрати у виробництві та освоєнні нової продукції. Для швидкого виробництва - виготовлення окремих вузлів або деталей з різних матеріалів, підтримуваних 3D-принтерами. Це рішення економічно

найбільш вигідно для дрібносерійного виробництва. Створення прототипів з частково або повністю прозорою структурою дає можливість оцінити роботу механізму «зсередини» і використовувати при доопрацюванні технологій і виробів. Для ливарного виробництва - виготовлення моделей і створення прес-форм. Для створення необхідних речей і предметів індивідуального використання, ігор, освітніх матеріалів. Для виробництва готових систем з міцного і довговічного матеріалу, наприклад, дана технологія активно використовується для створення моделей і готових частин безпілотних літальних апаратів.

Застосування технології для швидкого прототипування, тобто швидкого виготовлення прототипів моделей і об'єктів для подальшої доведення отримало широке застосування в світі. Уже на етапі проектування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. В інженерії такий підхід здатний істотно знизити витрати у виробництві і освоєнні нової продукції:

- для швидкого виробництва - виготовлення готових деталей з матеріалів, які підтримуються 3D-принтерами. Це відмінне рішення для дрібносерійного виробництва.
- виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва.
- конструкція з прозорого матеріалу дозволяє побачити роботу механізму «зсередини», що зокрема було використано інженерами Porsche при вивченні струму масла в трансмісії автомобіля ще при розробці.
- виробництво різних дрібниць в домашніх умовах.
- виробництво складних, масивних, міцних і недорогих систем. Наприклад, безпілотний літак Polecat [en] компанії Lockheed, велика частина деталей якого була виготовлена методом швидкісної тривимірної друку.

Розробки університету Міссурі, що дозволяють наносити на спеціальний біогель згустки клітин заданого типу. Розвиток даної технології - вирощування повноцінних органів. У медицині, при протезуванні та виробництві імплантатів (фрагменти скелета, черепа [1], кісток, хрящові тканини). Ведуться експерименти по друку донорських органів [2]. Також для виробництва медикаментів. FDA схвалило таблетку, вироблену за допомогою 3D-друку [1].

У медицині Американське управління з санітарного нагляду за якістю харчових продуктів і медикаментів (FoodandDrugAdministration - FDA) в 2015 році схвалив виробництво таблетки за допомогою 3D-друку. Нові ліки Spritam розроблено компанією ArcsciaPharmaceuticals і призначене для контролю судомних нападів при епілепсії. Компанія планує вивести Spritam на ринок в першому кварталі 2016 года [2].

Існують експерименти по друку зброї цілком. Виробництва корпусів експериментальної техніки (автомобілі, телефони, радіо-електронного обладнання)

Харчове виробництво [2]. Після створення 3D-моделі використовуються САПР-системи, що підтримують управління 3D-печаткою. У більшості випадків для друку використовують формат файлу STL, а також в деяких випадках XYZ. Практично всі принтери мають свій власний софт для управління печаткою, причому частина - комерційні, частина з відкритим вихідним кодом Ultimaker - Cura дефекти 3D-друку.

### Перелік посилань:

1. [http://pmoapv.pp.ua/uploads/conference/T746y\\_suchasn.pdf](http://pmoapv.pp.ua/uploads/conference/T746y_suchasn.pdf)
2. <http://www.uk.x-pdf.ru/5mashinostroenie/1216834-22-novi-materiali-tehnologii-mashinobuduvanni-materiali-mizhnarodnoi-naukovo-tehnichnoi-konferencii-ukraina-kiiv-ministers.php>