

УДК 621.7

Е. С. Киселёв, д.т.н., профессор, **К. С. Жирухин**, аспирант
(Ульяновский государственный технический университет, г. Ульяновск, Россия)
Тел. +7 937 457 71 04; E-mail: kirill.zhirukhin@haltec.ru)

ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОСМЕННЫХ ПАЛЕТНЫХ СИСТЕМ НУЛЕВОГО БАЗИРОВАНИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

В статье описаны преимущества быстросменных палетных систем нулевого базирования и эффективность их использования в технологических процессах. Использование быстросменных палет рассмотрено как эффективный способ сокращения продолжительности вспомогательных переходов установки и переустановки заготовок деталей. Приведены основные конструктивные решения, обеспечивающие точность и жесткость крепления элементов системы (оснастки) на станке.

Ключевые слова: система нулевого базирования, традиционные зажимные приспособления, подготовительно-заключительное время, зажим заготовки.

E. S. Kiselev, K. S. Zhirukhin

APPLICATION OF QUICK-CHANGE ZERO-BASED PALET SYSTEMS TO INCREASE THE PRODUCTIVITY OF RUSSIA ENTERPRISES

The article describes the advantages of quick-change zero-based pallet systems and the effectiveness of their use in technological processes. The article presents the system of quick-change pallets as an effective way to reduce the duration of auxiliary operations to install and reinstall parts. It shows the basic design solutions, providing the accuracy and rigidity of the mounting of the system (snap) on the machine.

Keywords: zero-based system, traditional clamping fixtures, preparatory and final time, workpiece clamping.

1. Введение

Сохранение положительной тенденции по увеличению объёмов машиностроительного производства продукции, – основная цель, стоящая перед российской промышленностью на сегодняшний день и в ближайшем будущем. В период пиковой загрузки производства как никогда важно повысить эффективность работы существующего на предприятиях оборудования, увеличить производительность и сократить простои. Стратегия наращивания производственных мощностей только за счёт закупки нового оборудования не является панацеей из-за усложнившейся ситуации с недостаточным количеством отечественных и импортом современных обрабатывающих центров ведущих мировых производителей станкостроения, а также дефицита квалифицированных кадров для их рациональной эксплуатации. Влияние возросших простоев оборудования, вызванных проблемами с поставками запасных частей или вовсе их недоступностью на рынке, также трудно переоценить

Таким образом, необходимо максимально повысить эффективность использования уже имеющихся мощностей. Помимо сокращения различных видов производственных потерь в дискретных механообрабатывающих производствах следует первоочередное внимание уделять уменьшению машинно-автоматизированного и подготовительно-заключительного времени. В последние десятилетия тенденция сокращения данных показателей является приоритетной в металлообработке. Мировые и отечественные производители непрерывно разрабатывают всё новые конструкции режущего инструмента (как корпусного, так и цельного твердосплавного), а также составы и технологии нанесения износостойких покрытий, способные работать на более высоких режимах резания. Одновременно инженеринговые компании внедряют

всё новые методы и стратегии механической обработки, оптимизируя традиционные технологии и управляющие программы.

Вторым по порядку, но не по значимости, параметром, влияющим на производительность, является сокращение подготовительно-заключительного времени, затрачиваемого на подготовку к выполнению сменного задания (подготовку инструментальных наладок, установку, выставление и привязку зажимной оснастки с заготовками на станке).

2. Основное содержание и результаты работы

Относительно недавно в мировой промышленности появились новые решения по сокращению времени на наладку инструмента, оснастки и заготовок. Условно их можно разделить на два направления. Первое, применительно к инструментальным наладкам, – это использование быстрозажимных гидравлических оправок и специализированных машин для настройки инструмента вне станка. Второе направление, применительно к заготовке и приспособлению, – использование быстросменных палетных систем нулевого базирования. В мировой практике применение быстросменных систем нулевого базирования явилось новой формой подготовки производства со снятием стружки с заготовки. Её сущность заключается в том, что стол каждого станка дополнительно оснащается данной системой. Быстросменная система нулевого базирования (например, система VERO-S Aviation) никогда с него не снимается, а все стандартные и специальные приспособления устанавливаются на стол станка исключительно через неё. К сожалению, как показывает практика, лишь небольшой процент российских механообрабатывающих производств осведомлён о существовании и преимуществах таких систем, и ещё меньший процент уже использует в существующих технологиях механической обработки. Данная статья посвящена обзору особенностей системы нулевого базирования, её преимуществ и недостатков.

Традиционно зажимные приспособления или непосредственно заготовки монтируются на стол станка с помощью прихватов и метизов (рисунки 1). В зависимости от сложности изготавливаемой детали, её габаритов количество переустановок и прихватов может варьироваться от одного до пяти и более раз. Для исключения прогиба и дополнительных деформаций достаточно часто приходится применять кустарные прокладки, подбор толщины и выставление которых также требует значительных временных затрат. Время, затрачиваемое на монтаж и демонтаж прихватов, их перестановку может занимать от 50 до 80 % от подготовительно-заключительного времени и до 40% от общего штучно-калькуляционного времени изготовления детали. Кроме того, в случае изготовления тонкостенных нежестких деталей возникает риск коробления изготавливаемой детали из-за неравномерной нагрузки от прихватов и перераспределением технологических остаточных напряжений (ТОН) между переходами и операциями. Процесс закрепления заготовок данным методом сопровождается возникновением сопутствующих временных потерь на выставление приспособления или изготавливаемой детали относительно системы координат станка с использованием индикаторов часового типа или контактных щупов, установленные в шпинделе станка. При таком методе крепления в ряде случаев жёсткость изготавливаемой детали бывает недостаточной, что влечёт за собой снижение качества изделия или занижение режимов резания, о необходимости повышения которых упоминалось выше.

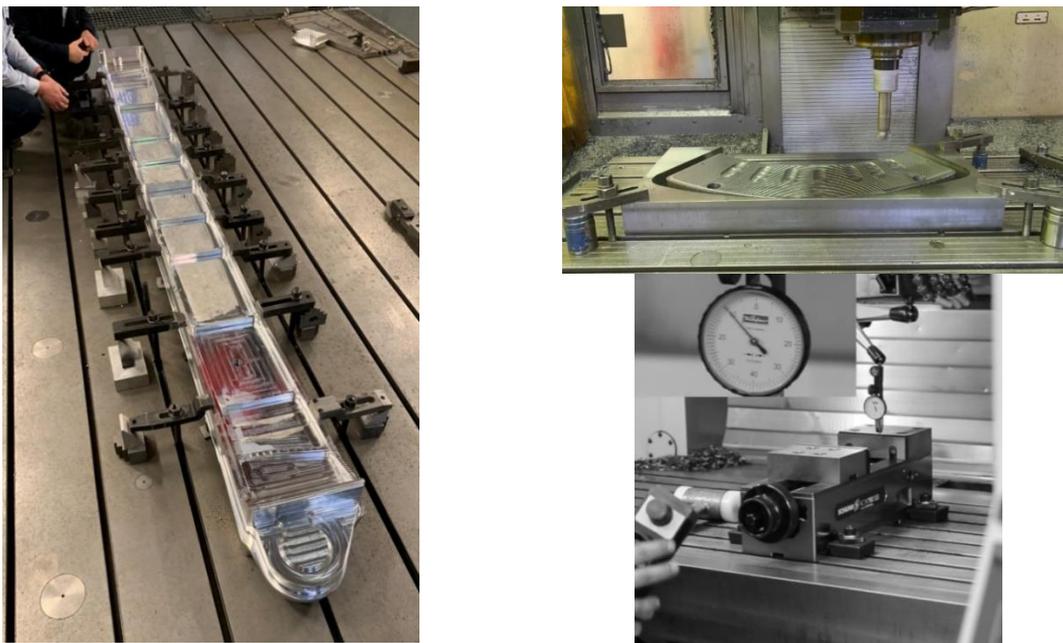


Рисунок 1. Традиционный вид крепления заготовок и приспособлений различной сложности и типов на станках фрезерной - расточной группы

Современные мировые достижения научно-технического прогресса предлагают использование быстросменных палетных систем нулевого базирования [1]. Реализация установки и зажима при этом способе выглядят следующим образом:

1. На стол станка устанавливается базовая станция системы, оснащённая гнездами (модулями) для зажимных элементов. Размеры и конфигурация станции могут варьироваться от стандартных решений до специализированных, закрывающих весь стол станка. На рисунок 2 представлена станция с шестью зажимными элементами, закрывающая собой 95% площади стола станка. В данном примере зажимные модули располагаются по сетке 200x200 мм (межосевое расстояние), высота подъёма заготовки относительно стола станка 60мм (высота станции).

2. В приспособление, в оснастку или даже в заготовку монтируются зажимные пальцы различным способом крепления. На рисунок 3 изображено три типа зажимных пальцев. Первые два варианта с помощью винтового соединения (сквозное и одностороннее крепление винтом или шпилькой M12 и M10 соответственно). Последний вариант с типом крепления «ласточкин хвост» - за счёт двух подвижных элементов.

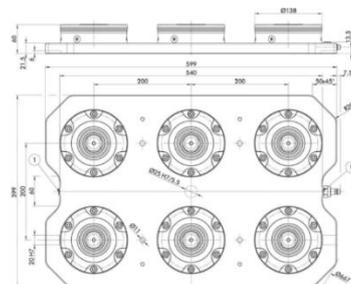


Рисунок 2. Шестимодульная станция нулевого базирования



Рисунок 3. Зажимные пальцы системы нулевого базирования

Сам зажимной элемент (модуль) станции в зависимости от производителя может иметь разную конструкцию, но в большинстве случаев представляет собой самоблокирующийся механизм (см. рис. 4), фиксирующий зажимной палец [2].



Рисунок 4. Механизм зажима пальцев нулевого базирования

Перед монтажом приспособления, оснастки или заготовки, оснащённой зажимными пальцами, производится подвод сжатого воздуха к станции нулевого базирования для разжима зажимных модулей. Далее производится установка на станцию приспособления, оснастки или заготовки, после чего подвод сжатого воздуха убирается и происходит зажим (под действием пружин) пальцев. Таким образом, воздух необходим лишь для открытия модулей, разжима и извлечения установленного элемента на станции нулевого базирования.

Производители высококачественных быстросменных палетных систем нулевого базирования гарантируют обеспечение принципа базирования высокой степени

Основные преимущества, которыми обладает быстросменная палетная система нулевого базирования:

- за счёт конструкции системы – сокращается время смены приспособлений или заготовок (от десятков секунд до пары минут). По сравнению с традиционными методами сокращение временных затрат на переналадку в 2-3 раза;

- за счёт принципа нулевого базирования – отсутствуют временные затраты на выставление заготовки и привязки к системе координат станка;

- высокое втягивающее (до 28 кН) и удерживающее усилия (до 75 кН) гарантируют надёжное и максимально жёсткое закрепление, что позволяет увеличивать режимы резания без ущерба качеству изготавливаемой детали;

- универсальность системы – может применяться на всех типах оборудования, реализовывая концепцию палет-спутников для быстрого и точного перемещения между различными единицами оборудования;

- высокая гибкость системы – возможно закрепление любого типа заготовок методом прямого закрепления, а также стандартных и специальных зажимных приспособлений.

- высокий ресурс и ремонтпригодность системы. Ведущие мировые производители гарантируют не менее 1000000 циклов зажима или 12-15 лет бесперебойной работы.

Эволюцией палетных систем нулевого базирования являются системы нулевого базирования прямого закрепления сложных заготовок с компенсацией поворотов и деформаций, возникающих в заготовке при обработке [3, 4]. В данном виде систем нулевого базирования ряд точек крепления заготовки детали имеют способность «дышать», двигаться, когда это требуется для уменьшения деформаций заготовки при ее закреплении.

При этом происходит подстраивание оснастки под деформируемые поверхности заготовки при снятии напряжений, при ее раскреплении. Новая разновидность системы позволяет осуществлять высокопроизводительную механическую обработку, нивелируя деформации, вызываемые технологическими остаточными напряжениями в заготовке. Применяя систему нулевого базирования, можно частично или полностью исключить необходимость операции стабилизации, которым подвергают нежёсткие тонкостенные заготовки из алюминия.

Ведущая российская инжиниринговая компания ООО «ХАЛТЕК-ДоАЛЛ» (г. Ульяновск) доказала на практике возможность полного исключения операций стабилизации при изготовлении одной из авиационных деталей типа «шпангоут», что позволило сократить производственный цикл более чем в 2 раза [5]. Сравнение показателей норм времени представлено на рисунок 7.

Таким образом, сокращая время простоя станка при переналадках путем подготовки наладки вне станка и последующей смены приспособлений за секунды, происходит кратное сокращение затрат и увеличение производительности. Ниже представлен график сравнения затрат на переналадку с применением традиционных способов и быстросменных палетных систем.

Даже при количестве переналадок до 1 шт. в смену быстросменные системы нулевого базирования способныкратно сократить затраты (для объективности картины на момент написания статьи затраты представлены в валюте) традиционных способов и быстросменных палетных систем (рисунок 8).

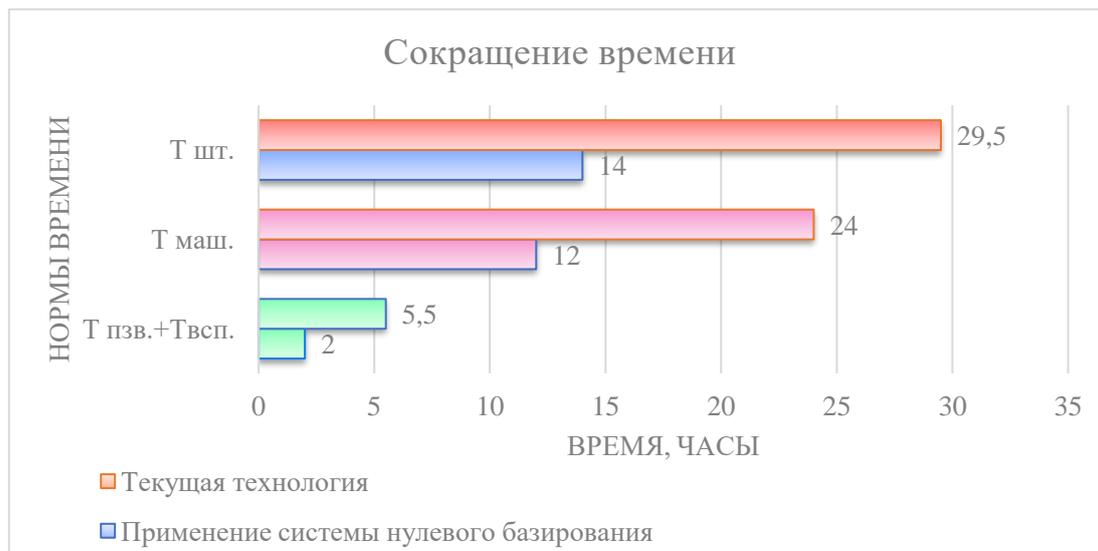


Рисунок 7. Сокращение цикла производства изделия с применением быстросменной системы нулевого базирования

3. Заключение

На сегодняшний день проблема трудозатрат на переналадки и подготовку производства недооценена на отечественных предприятиях. Быстросменные палетные системы нулевого базирования имеют огромный потенциал в части кратного сокращения времени на переналадку и снижения времени простоя станка. Безусловно, такие системы должны обладать высоким ресурсом и надёжностью, инвестиции в которые окупятся в течении нескольких месяцев.

Технологии с применением быстросменных систем нулевого базирования доказывают свою эффективность не только в сокращении временных затрат на производство конструктивно сложных деталей, но и обеспечивают высокую жёсткость технологической системы, возможность полноценной пятиосевой обработки. Все это позволяет существенно увеличить режимы резания, уменьшить себестоимость, изготавливаемой детали и повысить рентабельность действующего производства.



Рисунок 8. Сравнение затрат при традиционной переналадке и с применением быстросменных систем нулевого базирования

Современная зажимная оснастка – быстросменные системы нулевого базирования позволяют снизить издержки производства за счёт уменьшения машинного и подготовительно-заключительного времени, исключения дополнительных и затратных операции стабилизации, что скажется на существенном снижении себестоимости конечного продукта в целом и на увеличении его конкурентоспособности.

Быстросменные системы нулевого базирования применяются не только при мелкосерийном и единичном производстве. В промышленно-развитых странах запада и Азии они все чаще используются при крупносерийном и массовом поточном производстве. Последнее позволяет снизить затраты при смене номенклатуры выпускаемой продукции. Такие системы все чаще становятся неотъемлемой составляющей роботизированных комплексов при безлюдном производстве. В настоящее время ряд отечественных предприятий уже успешно используют данную оснастку, ещё часть находится на заре внедрения и применения данных систем. В сегодняшних реалиях необходимо максимально распространить данную концепцию по всем предприятиям страны, что, несомненно, позволит вывести российскую промышленность на мировой уровень.

ЛИТЕРАТУРА:

1. *Factories of the Future* / T. Tolio et al. (eds.). – Milan, Italy: Dipartimento di Meccanica Politecnico di Milano. 2019. – 494 с. – ISBN 978-3-319-94357-2.

Кротов С. Системы быстрого базирования и предъявляемые к ним требования на примере SCHUNK VERO-S /С. Кротов // СТАНКОИНСТРУМЕНТ. – 2016. – №4. – С. 70-74.

2. Kiselev E. S. High-tech technology for increasing the efficiency of manufacturing nonrigid parts from titanium and aluminum alloys / E. S. Kiselev, M. V. Nazarov. // *Hightech technology in machinery*. – 2020. – №7 (109). – pages. 12-19.

3. Добротворский, С. С. Опыт создания современных технологий изготовления нежестких деталей с применением передовых CAD/CAM/CAE систем /С. С. Добротворский, М. И. Гасанов, Е. В. Басова. // *Вісник ХПІ*. – 2015. – №4 (1113). –С.37-40.

4. Khramov A., Application of the Modern Stationary Work holding Systems for Increase Capacity and Quality of Non-Rigid Aircraft Parts/Khramov A., Semdyankin I.,

5. Kiselev E. // *Matec web of Conferences* 346. – 2021. – 03076 (2021) ICMTMTE, <https://doi.org/10.1051/matec conf/2021 34 603076>.

Поступила в редколлегию 08.02.2024