

**V**  
**PROBLEMY OGÓLNE**  
**WSPOMAGANIA MONTAŻU**



**Leonid AKUŁOWICZ****Michail CHEJFEC****Elena ZEWIELEWA**

Uniwersytet Połocki, Nowopołock, Białoruś

**Władimir BORODAWKO**

ZNP „CENTR”, Mińsk, Białoruś

**PROJEKTEKTOWANIE I PRODUKCJA MECHATRONICZNYCH SPAWALNICZO-  
MONTAŻOWYCH URZĄDZEŃ TECHNOLOGICZNYCH DO PRODUKCJI WYROBÓW  
ARMATUROWYCH**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРОИЗВОДСТВО МЕХАТРОННЫХ  
СВАРОЧНО-СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ  
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**ВВЕДЕНИЕ**

Синтез новых прецизионных, информационных и измерительных наукоемких технологий дает основу для проектирования и изготовления интеллектуальных мехатронных модулей и систем. Мехатронные машины и системы объединяются в мехатронные комплексы на базе единых интеграционных платформ. Цель создания таких комплексов - добиться сочетания высокой производительности и одновременно гибкости технико-технологической среды за счет возможности ее реконфигурации, что позволит обеспечить конкурентоспособность и высокое качество выпускаемой продукции на рынках XXI века.

Новые технологии основаны, как правило, на использовании концентрированных в пространстве и во времени потоков энергии физических полей. Использование источников концентрированной энергии радикально интенсифицирует технологические процессы современного производства.

Проектирование технологических комплексов (ТК) разделяется на два этапа:

- 1) структурный обобщенный синтез, при котором рассматриваются принципиальные схемы решения, отвечающие исходным технологическим условиям;
- 2) параметрический оптимизационный синтез, в ходе которого ранее найденное схемное решение, являющееся принципиальной реализацией заданного технологического способа, воплощается в рациональные конструктивные формы в виде совокупности конкретных механизмов, блоков, устройств и элементов ТК.

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРЕССИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Технологические модули и комплексы в своем развитии за последние 30 лет [1-4] прошли ряд этапов (рисунок 1).

По сравнению с универсальным станочным оборудованием 70-ых годов прошлого века компьютерно-управляемое производство начала, использующее, с приходом на рабочие места персональных компьютеров, компоненты искусственного интеллекта, позволяет повысить эффективность оборудования и при обеспечении все более возрастающих требований к качеству продукции увеличить производительность в десятки раз.

С середины 80-х годов подъем промышленного производства стран СНГ, особенно в наукоемких сферах, прервался и остановился на рубеже перехода от обрабатывающих центров к гибким производственным системам в то время, когда промышленно развитые страны начали овладевать элементами интеллектуального производства.

Развитие средств микроэлектроники явилось базой для создания мехатронных систем, которые включают как электромеханическую часть, так и электронно-управляющую (построенную на основе использования компьютеров или микропроцессоров) [5, 6].

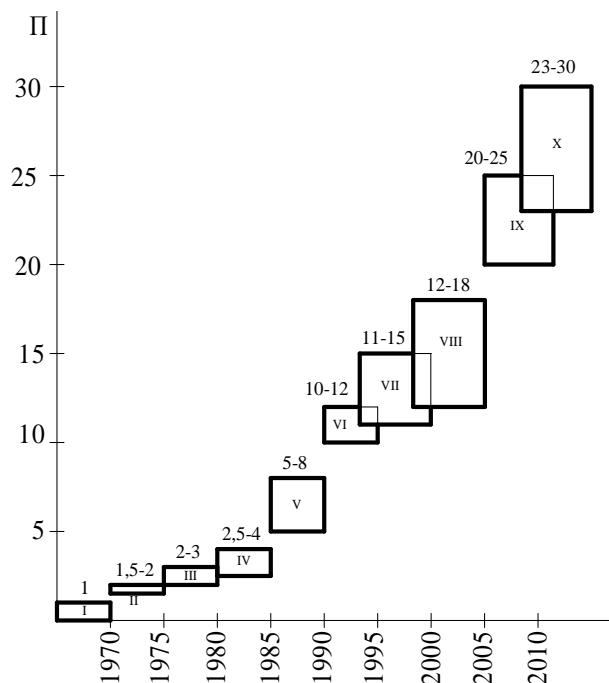


Рис. 1. Этапы развития технологических модулей и комплексов: П – производительность оборудования, возрастающая со временем: I – универсальное оборудование с производительностью, принятой за 1, II – оборудование с числовым программным управлением, III – робототехнические комплексы, IV – обрабатывающие центры, V – гибкие производственные системы, VI – компьютерно-управляемое производство, VII – мехатронные технологические комплексы, VIII – компактное интеллектуальное производство, IX – компьютерное сопровождение жизненного цикла изделий, X – виртуальные предприятия

Rys. 1. Etapy rozwoju modułów technologicznych (P – wydajność urządzeń): I – uniwersalne, II – ze sterowaniem programowym, III – zrobotyzowane kompleksy, IV – centra obróbkowe, V – elastyczne systemy produkcyjne, VI – CIM, VII – mechatroniczne kompleksy, VIII – zwarta intelektualna produkcja, IX – komputerowa symulacja cyklu życia wyrobu, X – wirtualne przedsiębiorstwo

Мехатронные системы обеспечивают синергетическое объединение узлов точной механики с электротехническими, электронными и компьютерными компонентами с целью проектирования и производства качественно новых установок, модулей, систем и комплексов машин с интеллектуальным управлением их функциями.

Новые этапы развития гибкой автоматизации производственных систем связаны, прежде всего, с предельной концентрацией средств производства и управления, а также с сокращением сроков конструирования, проектирования, технологической подготовки и изготовления изделий. В результате на основе мехатронных технологических комплексов появляется компактное интеллектуальное производство (CIM - Compact Intelligent Manufacture), базирующееся на сочетании интенсивных технологий, прогрессивного технологического оборудования и интегрированной системы управления.

Современный уровень развития информационных технологий в промышленности обеспечивает переход к использованию технологий создания, поддержки и применения единого информационного пространства на всех этапах жизненного цикла продукции от ее проектирования до эксплуатации и утилизации, т.е. к CALS-технологиям (Continuous Acquisition and Life-cycle Support) [4].

Единое информационное пространство позволяет интегрироваться разрозненным комплексам компактного производства в виртуальное предприятие. Виртуальное предприятие, создаваемое из различных пространственно удаленных подразделений, не имея единой юридической организационной структуры, обладает единой информационной структурой для использования компьютерной поддержки всех этапов жизненного цикла продукции.

Проведенный анализ возрастающей эффективности технологических комплексов показывает необходимость формирования единой методологии их проектирования, учитывающей совместное использование инструментов и энергии, программных и аппаратных средств управления с начальных стадий разработки оборудования.

### **СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Ключевой задачей проектирования ТК является разработка универсальной структуры, обеспечивающей бесперебойную работу и гибкую переналадку оборудования. Рациональные надежность и адаптивность обеспечиваются при синтезе структуры, основанном на анализе элементов и исследовании кортежей ТК [7].

Технологический комплекс в общем случае рассматривается как иерархически построенная система «человек – машина», включающая следующие уровни [7, 8]:

I) функциональные элементы (ФЭ), такие как главное движение, движение подачи, движение инструмента и перемещение потока энергии;

II) функциональные подсистемы (ФПС) в виде агрегатных блоков и установок;

III) функциональные системы (ФС), обеспечивающие рабочие, транспортные движения, питание и удаление, а также обслуживание;

IV) технологические модули (ТМ) или агрегатные станки, энергетические и информационные машины;

V) автоматические и полуавтоматические линии и участки, образующие ТК.

Каждая подсистема  $n$ -го уровня является элементом подсистемы  $(n+1)$ -го уровня. Состав ТК, каждой ФС и ФПС, входящих в ТМ, а также функции составляющих их ФЭ соответствуют содержанию тех технологических операций, для которых создается данный технологический комплекс.

Каждая ФПС состоит в общем случае из нескольких ФЭ, в названии которых фигурируют названия выполняемых ими функций (движений). Функциональная подсистема данного вида в ходе технологического процесса выполняет определенную типовую функцию, т.е. типовую технологическую операцию.

Технологические основы проектирования ТК обеспечивают разработчика информацией, необходимой для создания технологических процессов, средств их оснащения и автоматизации. Они содержат рациональные режимы сборки по всем операциям технологического процесса, сведения о конструкции приспособлений, рабочих органов оборудования, установок, программное

обеспечение и схемы сопряжения рабочих, обслуживающих, информационных машин и агрегатов технологической системы.

Рациональные режимы и конструкции получают путем оптимизации основных параметров, которые описывают аналитическими и статистическими моделями. В статистических моделях используют многофакторное планирование экспериментов, дисперсионный, регрессионный и ковариационный анализ.

Структурный синтез и параметрическая оптимизация завершаются пространственно-временным совмещением требуемого сочетания функциональных элементов на множестве компоновок технологического модуля [9, 10].

### СВАРОЧНО-СБОРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

В машиностроении распространение получили технологические комплексы для обработки материалов резанием, в заготовительных и сборочных производствах.

При производстве строительных конструкций из монолита и сборного железобетона около 40% материальных и трудовых затрат приходится на сварные арматурные изделия: арматурные сетки, плоские и пространственные каркасы из проволоки диаметром 3...8 мм. Большая номенклатура этих изделий и частая сменяемость объекта производства требуют гибкой автоматизации оборудования для их изготовления.

Концепция решения проблемы состоит в создании технологических комплексов на основе синтеза унифицированных механизмов, агрегатов и систем, интегрированных в блоки и модули, включающие механическое, сварочное оборудование, системы электрооборудования и программного управления. В состав технологических комплексов входит оборудование для правки, сварки, вырубки проволоки, укладки готовых сеток в пакет.

Общий вид технологических комплексов изготовления сварных арматурных изделий приведен на рисунках 2 и 3.



Рис. 2. Технологический комплекс по изготовлению пространственных каркасов из проволоки диаметром 3 ... 6 мм

Rys. 2. Technologiczny kompleks wytwarzania przestrzennych zbrojeń z drutu  $\phi 3-6$  mm

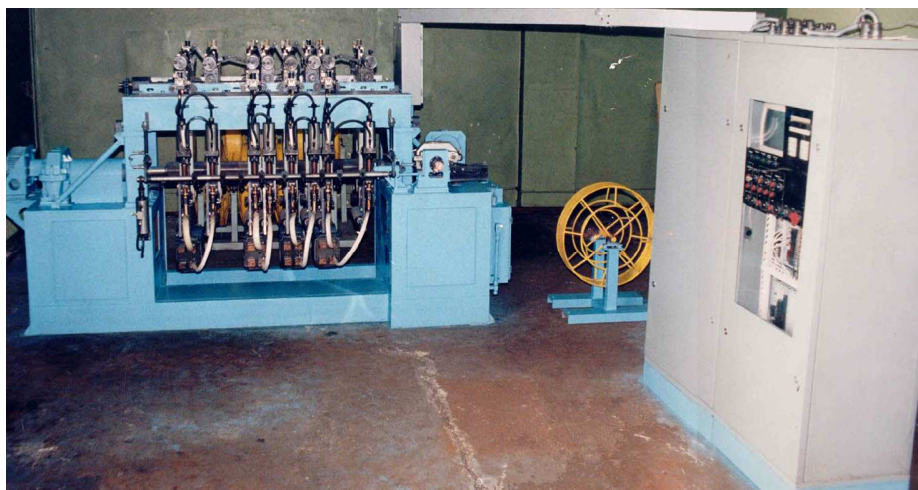


Рис. 3. Технологический комплекс по изготовлению арматурных сеток из проволоки диаметром 3 ... 6 мм.

Rys. 3. Technologiczny kompleks (TK) wytwarzania siatek armaturowych z drutu  $\phi 3-6$  mm

Технические характеристики ТК для изготовления сеток шириной до 1600 мм

Techniczne charakterystyki TK wytwarzania siatek o szerokości do 1600 mm

Напряжение питающей сети, В.....	380
Установленная мощность сварочных трансформаторов, кВА.....	160
Количество сварочных трансформаторов (ТК-301), шт.....	4
Установленная мощность электродвигателей, кВт.....	8,6
Количество электродвигателей (ДР-4), шт.....	2
Количество сварочных блоков, шт.....	8
Габариты свариваемых сеток и каркасов, мм	
длина.....	100-12000
ширина.....	140 - 1600
Количество продольных проволок, шт.....	1 - 8
Количество поперечных проволок, шт.....	1
Шаг продольных проволок, мм.....	100 и более
Шаг поперечных проволок, мм.....	50 и более
Количество переменных шагов поперечных проволок в одном изделии, мм.....	не ограничивается
Производительность, шагов/мин.....	10 - 30
Система управления.....	микропроцессорная
Давление питающей сети, МПа.....	0,4 - 0,6
Габаритные размеры ТК, мм	
длина.....	3860
ширина.....	6900
высота.....	2300
Масса, т.....	5,1

## Технические характеристики ТК для изготовления пространственных каркасов

## Techniczne charakterystyki TK wytwarzania przestrzennych zbrojeń

Напряжение питающей сети, В.....	380
Установленная мощность сварочных трансформаторов, кВА.....	400
Количество сварочных трансформаторов (ТК-401), шт.....	4
Установленная мощность электродвигателей, кВт.....	13,1
Количество электродвигателей (ДР-4), шт.....	4
Количество сварочных клещей, шт.....	9
Габариты свариваемых изделий (блоков), мм	
длина.....	до 6500
ширина.....	2600
высота.....	110 и 50
Количество продольных проволок, шт.....	8
Количество одновременно подаваемых	
поперечных проволок, шт.....	2
Шаг продольных проволок, мм.....	по конструкции изделия
Шаг поперечных проволок, мм.....	по конструкции изделия
Система управления.....	микропроцессорная
Давление питающей сети, МПа.....	0,4 - 0,6
Габаритные размеры машины, мм	
длина.....	22800
ширина.....	5800
высота.....	3800
Масса, т.....	17

Технологические комплексы соответствуют современным требованиям технологии и обеспечивают высокую эффективность их применения в условиях серийного, мелкосерийного и единичного производства широкой номенклатуры сварных арматурных сеток и каркасов при высокой производительности за счет следующих преимуществ:

- изготовление сварной арматуры из бухт или кассет с проволокой позволяет исключить заготовительные операции правки и резки проволоки на стержни, транспортировку стержней, сэкономить до 10% арматурной проволоки и снизить трудоемкость изготовления до 40%;
- быстрое освоение производства новых изделий с минимальными затратами на переналадку (до 10 минут) без остановки технологического комплекса за счет возможности автономной подготовки рабочих программ на компьютере;
- стабильность технологических процессов, возможность многократного точного воспроизведения процесса изготовления изделия по заданной программе;
- соответствующее стандартам высокое качество арматурных изделий, стабильность геометрических формы и размеров, качества сварки и размеров осадки сварных соединений;
- возможность автоматизации планово-диспетчерских работ, получения точной оперативной информации о ходе производства.

**ВЫВОДЫ**

Интеграция электромеханики и микроэлектроники при компоновке машин привела к появлению комплексных интегрированных мехатронных модулей движения рабочих органов



и узлов машин, а также создаваемого на их основе оборудования. Такая интеграция требует использования систем компьютерного управления движениями, деталями, инструментами, источниками энергии, транспортными и другими механизмами.

В результате составляющие части мехатронных комплексов не просто дополняют друг друга, но и объединяются таким образом, чтобы образованная система обладала качественно новыми свойствами.

Элементы интегрированных мехатронных комплексов выбираются разработчиком на стадии функционального проектирования, а затем обеспечивается необходимая конструкторская и технологическая поддержка при производстве и эксплуатации модуля. В этом радикальное отличие мехатронных систем от традиционных, когда пользователь самостоятельно объединяет в систему разнородные механические, электронные и информационно-управляющие устройства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сироткин, О. Технологический облик России на рубеже XXI века / О. Сироткин // Экономист. – 1998. – № 4. – С. 3–9.
2. Технологические аспекты конверсии машиностроительного производства / А.С. Васильев [и др.]. – Тула: ТулГУ, 2003. – 271 с.
3. Информационные технологии в наукоемком машиностроении: Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса / А.Г. Братухин [и др.]; под общ. ред. А.Г. Братухина. – Киев: Техника, 2001. – 728 с.
4. Интеллектуальное производство: состояние и перспективы развития /Л.М. Акулович [и др.]; под общ. ред. М.Л. Хейфеца и Б.П. Чемисова. – Новополоцк: ПГУ, 2002. – 268 с.
5. Медведев, В.С. Мехатроника в системе машиностроительных научно-технических дисциплин / В.С. Медведев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1998. – №2. – С. 110–116.
6. Бушуев, В.В. Мехатронные системы в станках / В.В. Бушуев // СТИН. 1998. – №9 – С. 19 – 22.
7. Артоболевский, И.И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие: в 7 т. / И.И. Артоболевский. – М.: Наука, 1979. – Т.1. – 496 с.
8. Акулович, Л.М. Проектирование технологических комплексов на базе высокоэффективных технологий / Л.М. Акулович, М.Л. Хейфец, Е.З. Зевелева, А.А. Садюкович // Машиностроение: Сб. науч. тр. Вып.18; под ред. И.П. Филонова. – Мн.: УП «Технопринт», 2002. – С.84–89.
9. Артоболевский, И.И. Основы синтеза систем машин автоматического действия / И.И. Артоболевский, Д.Я. Ильинский. – М.: Наука, 1983. – 280 с.
10. Хейфец, М.Л. Проектирование мехатронных технологических комплексов высокоэффективной обработки деталей машин / М.Л.Хейфец, Е.З.Зевелева, Л.М. Акулович // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Сер. В, Прикладные науки. – 2004. – №1. – С. 59–65

## DESIGNING AND PRODUCTION MECHATRONIC OF WELDING-ASSEMBLY TECHNOLOGICAL COMPLEXES FOR PRODUCTION OF REINFORCING PRODUCTS

**Abstract.** The analysis of efficiency of technological complexes is conducted. It is recommended to conduct designing welding-assembly technological complexes on the basis of synthesis of the unified gears, units and the systems integrated into blocks and modules, including mechanical, welding equipment, systems of an electric equipment and program management.

**Bogusław REIFUR**

Politechnika Wrocławska

Wrocław, Polska

## PROBLEMY TECHNOLOGICZNE W POŁĄCZENIACH MONTAŻOWYCH MINI I MIKRO PRODUKTÓW

Zagadnienia technologii mikro i mini stanowią nierozwalny związek z problemami montażowymi w zakresie koncepcji, projektowania a szczególnie problemów technologicznych połączeń montażowych. Dotyczy to szczególnie problematyki wzajemnych połączeń mikro i mini elementów, a także dokładności i powtarzalności tych połączeń.

Dynamiczny rozwój inżynierii materiałowej oraz technologii wytwarzania umożliwia coraz szerszą miniaturyzację części i urządzeń w takich dziedzinach jak: elektronika, motoryzacja, lotnictwo, biotechnologia, medycyna, farmaceutyka, uwypuklając jednocześnie problemy natury montażowej. Obecnie zapotrzebowanie na mini- i mikrourządzenia jest ogromne. I choć ich wykorzystanie w życiu codziennym jest tak szerokie, wytwarzanie mikrourządzeń jest skomplikowane i stwarza wiele problemów. Próby wytwarzania monolitycznych mikrocześci nie zawsze przynoszą oczekiwane rezultaty. Produkowane zatem mikrouządzenia składają się najczęściej z różnych mikrocześci, zarówno pod względem materiałowym jak i konstrukcyjnym.

Proces mikromontażu jest operacją obejmującą wiele czynności typowych dla montażu części w zwykłej skali, takich jak: chwytanie, manipulowanie, łączenie uwypuklając specyfikę procesu. Biorąc pod uwagę sposób montażu wykorzystywany w produkcji mikrourządzeń, montaż ręczny jako najbardziej elastyczny często staje się niemożliwy ze względu na małe rozmiary produktów. W rezultacie mikromontaż z uwagi na realizowane połączenia montażowe staje się sektorem o istotnym znaczeniu z powodu szczególnych potrzeb zautomatyzowania procesów produkcyjnych i montażowych.

### PROBLEMY TECHNOLOGICZNE

Mikromontaż jest kluczowym procesem w produkcji urządzeń, których poszczególne części wchodzące w ich skład mają wielkości nie przekraczające milimetra a problemy montażu mikroelementów opisywane są przez pryzmat klasycznego montażu, nie biorąc przy tym pod uwagę realiów mikroświata. Problemy technologiczne występujące podczas wykonywania operacji połączenia mikroelementów wynikają głównie z występującego efektu skali związanego z rozmiarem części i oprzyrządowania technologicznego. Najczęściej występujące problemy zostały przedstawione na rys. 1.

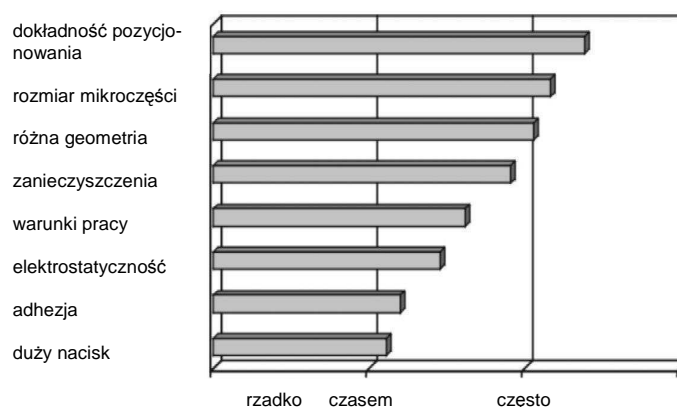
Problemy technologiczne występujące w procesach połączeń elementów mini i mikro można sklasyfikować ze względu na kilka czynników:

Połączenia mikrocześci:

- zaprojektowanie konstrukcji mikrocześci pod kątem sposobu łączenia,
- zaprojektowanie odpowiedniego sposobu łączenia elementów,
- dokładne dopasowanie mikrocześci względem siebie jak i względem narzędzia,
- zbyt duża powierzchnia zajęta przez połączenie,
- mniejsza wytrzymałość części w miejscu połączenia,
- wymagania odnośnie wprowadzenia dodatkowych operacji,
- wielkość zanieczyszczeń, które w porównaniu do wielkości łączonych elementów wpływają na niezawodność pozycjonowania i trwałości połączeń.

Mikroczęści i mikrochwytyki:

- zaprojektowanie części zgodnie z zasadami mikromontażu,
- odpowiedni dobór mikrochwytyka do zadań montażowych,



Rys. 1. Problemy technologiczne w mikromontażu [1]

- odpowiednie zabezpieczenie podczas operacji transportowania i składowania.

Występujące siły:

- siły przyczepności pomiędzy chwytykiem a mikrocześcią, uniemożliwiające jej uwolnienie z chwytyka i dokładne umiejscowienie a także przyciąganie części przez mikrochwytyk,
- siły przyczepności pomiędzy mikrocześciami powodujące przyciąganie jednej części przez drugą, co uniemożliwia dokładne pozycjonowanie mikrocześci.

Systemy wizyjne:

- odpowiedni dobór systemów wizyjnych niezbędnych do wykonania operacji mikromontażowych.

### MIKROCZĘŚCI – SPOSOBY ŁĄCZENIA

Rozwój inżynierii materiałowej i technologii wytwarzania spowodował powstanie szerokiej gamy mikrocześci i mikroukładów, których wielkość jest często mniejsza od jednego milimetra. Ze względu na swoje wymiary wyroby mini i mikro są w większości przypadków niewidoczne gołym okiem, jednakże ich znaczenie w telekomunikacji, przemyśle zegarowym, medycynie, przemyśle motoryzacyjnym i chemicznym rośnie dynamicznie [1]. W tabeli 1 przedstawiono skalę, w jakich produkowane są części montażowe, możliwe dokładności ich pozycjonowania oraz instrumenty potrzebne do ich wizualizacji.

Przy projektowaniu wszelkich mikroukładów należy, więc mieć głównie na uwadze ich późniejszy montaż. W szczególności, projektując mikrocześć bierze się pod uwagę trzy główne aspekty:

- funkcję, którą każda część ma spełniać wewnątrz mikroukładu,
- metodę łączenia mikrocześci tworzących funkcjonalną całość,
- pewność, że mikrocześci mogą być odpowiednio manipulowane w trakcie procesu mikromontażu.

Warto zauważyć, że te trzy punkty są uszeregowane w zależności od ich znaczenia. Innymi słowy, funkcjonalność mikrocześci jest ważniejsza niż metoda łączenia, która jest z kolei ważniejsza od zgodności z procesem montażu.

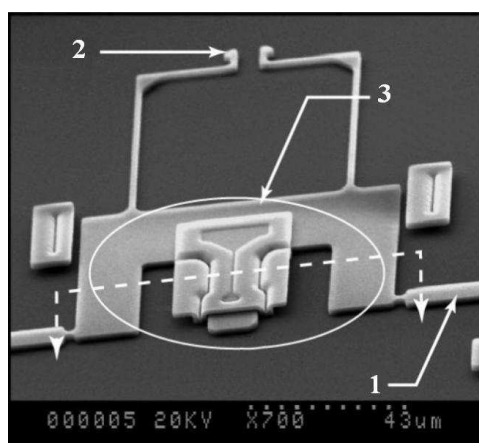
Niezależnie od kształtu lub funkcji, którą dana mikrocześć spełnia, wymaga się przy jej projektowaniu zwrócenia uwagi na trzy szczególne elementy. Po pierwsze, wszystkie mikrocześci są projektowane z uwzględnieniem elementu zabezpieczenia części do podłoża, który pozwala na ich bezpieczne przecho-

wywane i transportowanie oraz łamanie się w pewny i przewidywalny sposób, gdy mikrochwytak łapie część (ang. *Tether feature*).

Po drugie, powinny posiadać element służący do łączenia ich z innymi mikroczęściami podczas operacji montażu (ang. *Micro-joint feature*). Po trzecie i najważniejsze, należy zaprojektować powierzchnie lub elementy chwytne, za które mikrocześć będzie łapana przez mikrochwytak i nie zostanie uszkodzona (ang. *Interface feature*). Element ten umożliwia chwytać różne części, posiadające taki sam element chwytny, za pomocą jednego chwytaka. Pozwala to obniżyć koszty związane z wytwarzaniem różnych mikrochwytaków dla różnych mikrocześci. Wszystkie konieczne do zaprojektowania elementy zostały przedstawione na rys. 2 [2].

Tabela 1. Dokładności pozycjonowania i instrumenty wizualizacji części montażowych w zależności od skali [3]

Skala	Wielkość	Dokładność pozycjonowania	Instrument potrzebny do wizualizacji
Nano	< 500 nm	< 250nm	SEM/TEM*
Mikro	0,5 $\mu\text{m}$ – 500 $\mu\text{m}$	0,25 $\mu\text{m}$ – 2,5 $\mu\text{m}$	Mikroskop optyczny
Mezo	500 $\mu\text{m}$ - 5 cm	2,5 $\mu\text{m}$ – 25 $\mu\text{m}$	Zwykła optyka
Makro	> 5 cm	>25 $\mu\text{m}$	Zwykła optyka
SEM – Scanning Elektron Microscope			
TRM – Transmission Elektron Microscope			



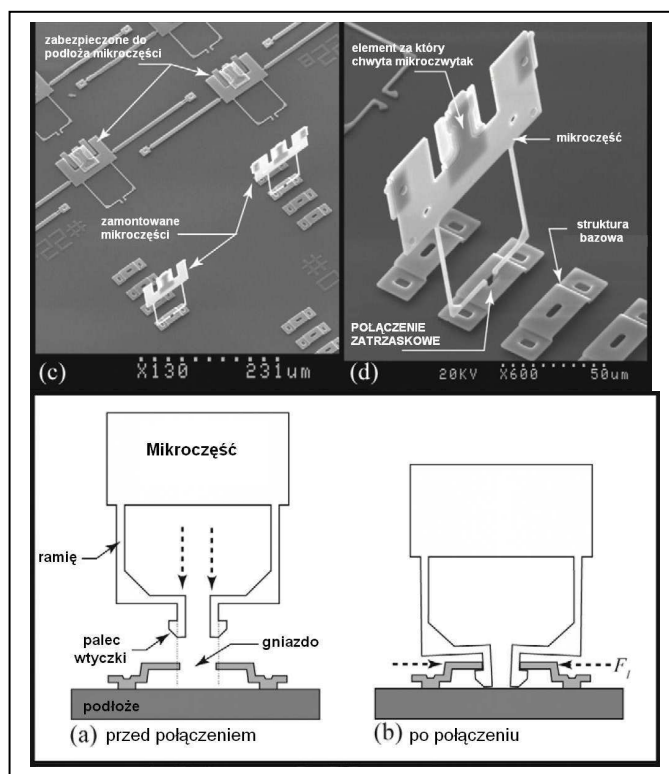
Rys. 2. Trzy szczególne elementy, które należy zaprojektować: 1 – element mocujący do podłoża (ang. *Tether feature*), 2 – element łączący mikrocześć (ang. *Micro-joint feature*), 3 – element, za który chwyta mikrochwytak (ang. *Interface feature*) [6]

Mikromontaż określany jako montaż różnych mikrokomponentów z submikronową precyzją leży między konwencjonalnym montażem w skali makro (w przypadku, gdy wymiary elementów są większe niż 1 mm) oraz szybko powstającej dziedzinie montażu w skali nano (gdzie rozmiar części jest mniejszy niż 1  $\mu\text{m}$ ). Problemy dokonywania połączeń na poziomie  $\mu\text{m}$  należą do jednych z najtrudniejszych zadań procesu montażu. Tylko niektóre z tradycyjnych metod łączenia znajdują ograniczone zminiaturyzowane zasto-

sowanie. Zaistniała więc konieczność opracowania specjalnych technik łączenia mikroczęści. Oprócz połączeń czysto mechanicznych (mikrolity, mikrorzepy, połączenia kształtowane, połączenia wciskowe, połączenia typu zatrask, stosowane są też znane jak klejenie, spawanie laserowe, lutowanie [3, 4, 5, 6, 7] oraz nowego rodzaju metody wykorzystujące mikrotechnologię krzemową np. bonding anodowy i fuzyjny.

Nowe technologie wytwarzania mikro elementów umożliwiają wykorzystanie rzeczywistych połączeń typu zatrask rys. 3 (obraz SEM).

System łączący składa się ze stożkowej wtyczki związanej z jedną mikroczęścią oraz z gniazda będącego elementem części bazowej drugiej mikroczęści rys. 2a. Połączenie tworzy się, gdy wtyczka jest włożona do gniazda, tworząc połączenie z wciskiem między palcem wtyczki a wewnętrzną krawędzią gniazda rys. 2b.

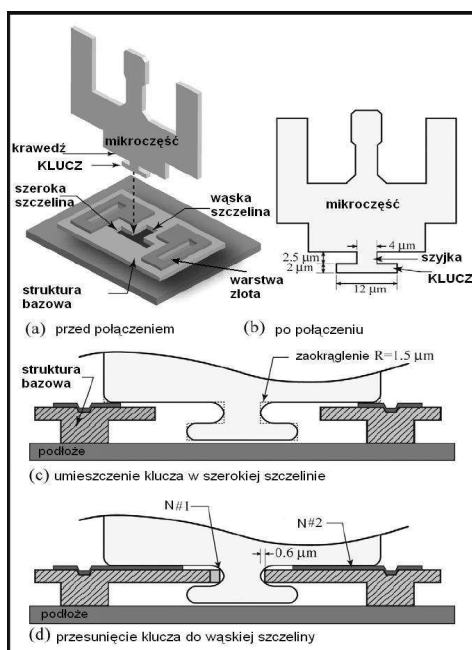


Rys. 3. Schemat połączeń typu zatrask a, b; dwa obrazy SEM c, d [4]

Geometria palca wtyczki została zaprojektowana w taki sposób, że jeśli została już raz włożona do gniazda nie może być z niego usunięta, tworząc trwałe połączenie. Projektując odpowiednio luz ujemny między wtyczką i gniazdem można stworzyć połączenie o określonej sztywności połączenia. Im większy luz ujemny, tym większa sztywność złącza. Połączenie może być również zaprojektowane z „luźnym pasowaniem” w przypadku gniazda o okrągłym kształcie a ta konfiguracja może zostać wykorzystana do stworzenia połączenia obrotowego. Połączenia z dużym luzem ujemnym są wymagane do uzyskania sztywnych połączeń. W praktyce oznacza to jednak, że zadanie umieszczenia wtyczki w gnieździe o dużym luzie ujemnym (pasowanie wciskowe) jest powtarzane wiele razy zanim nie uzyska się prawidłowego wyrównania części [8].

Kolejne z tego typu połączeń – typu klucz składające się z dwóch geometrycznych elementów wymaganych do uzyskania połączenia przedstawiono na rys. 4.

Połączenie typu klucz działa na zasadzie blokady mechanicznej między kluczem a gniazdem, a tarcie między mikroczęścią a strukturą bazową uniemożliwia wysuwanie się klucza z gniazda. Połączenia typu klucz zostały stworzone w celu zapewnienia kompaktowej metody łączenia mikroczęści. Dla przykładu, przy użyciu połączeń typu zatrzask mikroczęści pozostają w pewnej odległości, wynikającej z długości ramion, od struktury bazowej, tak jak pokazano na rys. 3a. Rezultatem tego jest umieszczenie mikroczęści wysoko ponad podłożem. W przypadku niektórych zastosowań, takich jak montaż cewki mikrotransformatora jest to korzystne. Jednak w innych przypadkach pożądanym może być połączenie, gdzie brzeg jednej mikroczęści spoczywa bezpośrednio przy drugiej. W odróżnieniu od konstrukcji połączenia zatrzaskowego, klucz jest stosunkowo niewielkich rozmiarów. Wymiary klucza są pokazane na rysunku 4 b. Gdy klucz włożony jest do gniazda, znajdującego się na strukturze bazowej, cała jego struktura znajduje się w gnieździe tak, że żaden element nie wystaje. Wynikiem jest kompaktowe połączenie, umożliwiające stykanie się krawędzi mikroczęści, jak pokazano na rys. 4b, do górnej powierzchni struktury bazowej.

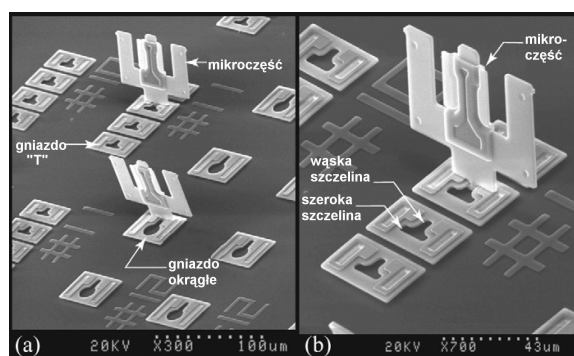


Rys. 4. Połączenie typu klucz [8]

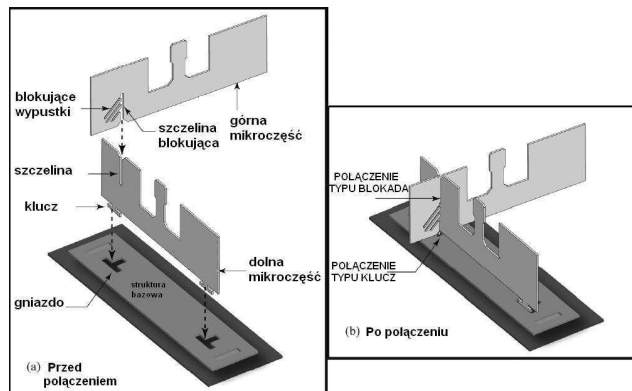
Interesującym z punktu widzenia procesu łączenia jest połączenie typu klucz. Klucz znajdujący się na jednej mikroczęści jest jej najniższym punktem, gdy jest ona ustawiona prostopadle do podłoża przez mikrochwytnik. Szerokość klucza wynosi 12 μm a szersza szczelina ma 18 μm. Istnieje zatem 6 μm luz boczny, gdy klucz znajduje się w szerokiej szczelinie rys. 4c. Kreskowany obszar reprezentuje przekrój struktury bazowej. Szyjka klucza ma 2,5 μm wysokości, więc nie ma problemów z przemieszczeniem go do wąskiej szczeliny. Krawędź mikroczęści ma niewielki lub żaden kontakt z górną częścią struktury bazowej. Należy dodać, że geometria klucza została dostosowana przez zaokrąglenia krawędzi, które są następstwem mikroobrobki. Po włożeniu klucza do szerokiej szczeliny na prawidłową głębokość, zakłada się, że klucz jest w

konfiguracji rys. 4c. Mikroczęść jest następnie przesuwana tak, aż szyjka klucza wejdzie do wąskiej szczeliny. Została ona zaprojektowana jako mały trapez o szerokości  $6\text{ }\mu\text{m}$  na wejściu i tylko  $5\text{ }\mu\text{m}$  w dalszej części. To przewężenie  $1\text{ }\mu\text{m}$  ma za zadanie zniwelować luz w trakcie wkładania klucza do wąskiej szczeliny, co przedstawione jest na rysunku 4d. Przesunięcie klucza do samego końca pozwoli zaklinować mikroczęść na boki, a co za tym idzie całkowicie zniwelować luz. Dodatkowo krawędź mikroczęści zostanie wciśnięta na warstwę złota, jak pokazano na rysunku 4d. jako N#2. Tarcie statyczne pozwala utrzymać mikroczęść na pożądanym miejscu. Obrazy SEM udanych połączeń typu klucz pokazują połączenia z gniazdem w kształcie litery T oraz gniazdem okrągłym na rys. 5a, b. [8].

Kolejne połączenia typu blokada - rygiel używane są do montażu trzech lub więcej mikroczęści ze sobą, aby utworzyć sześcienną mikrostrukturę. Do stworzenia wspólnego połączenia typu blokada wymagane są trzy rodzaje mikroczęści przedstawione na rys. 6. Połączenie to uzyskuje się w dwóch etapach. W pierwszym, dolna mikroczęść jest dołączana do struktury bazowej za pomocą połączenia typu klucz (rys. 6a) lub typu zatrzask. Kolejnym krokiem jest wyrównanie ze sobą i włożenie szczeliny górnej mikroczęści do szczeliny dolnej mikroczęści tworząc ich wspólne połączenie. Uzyskane w ten sposób połączenie przedstawione jest na rys. 6b.



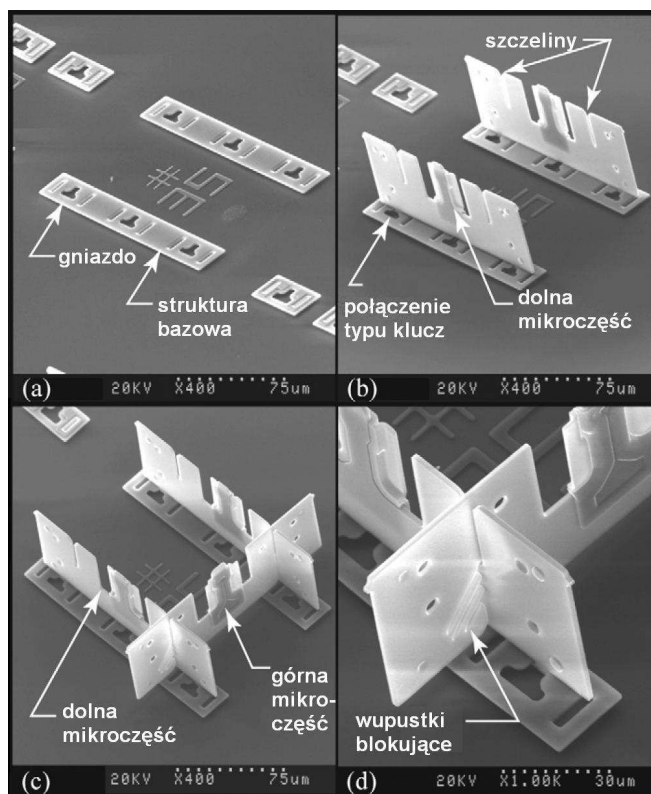
Rys. 5. Połączenia typu klucz w gniazdem o kształcie „T” i okrągłym. Obrazy SEM [8]



Rys. 6. Połączenie typu blokada [8]







Rys. 8. Obrazy SEM połączenia typu blokada [8]

*Bonding fuzyjny to sposób* łączenia podłoży krzemowych w wysokiej temperaturze bez udziału zewnętrznego pola elektrycznego jest nazywane bondingiem fuzyjnym, bezpośrednim lub termicznym. Płytki o płaskich, gładkich i czystych, zaktywowanych powierzchniach są doprowadzane do zetknięcia. Między powierzchniami wytwarza się słabe połączenie (tzw. połączenie spontaniczne). Siłę połączenia zwiększa się poprzez wygrzewanie. Bonding wysokotemperaturowy umożliwia łączenie powierzchni hydrofilowych oraz hydrofobowych [9].

Innym bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na proces technologiczny mikromontażu są warunki środowiska. Jego elementy takie jak: wilgotność, temperatura, wibracje, ciśnienie powietrza, prędkość przepływu powietrza, zanieczyszczenia bezpośrednio wpływają na zadania montażowe. Warunki środowiskowe takie jak temperatura i wilgotność mogą mieć wpływ na siły adhezji i mikrotribiologiczne właściwości mikroczęści. Inne parametry jak: np. wysoka częstotliwość lub niska częstotliwość drgań mechanicznych mogą doprowadzić do zakłóceń w procesie mikromontażu. Z kolei czystość powietrza może zmienić ładunek elektrostatyczny mikroczęści i narzędzi, co może przeszkadzać w procesie montażu itd. Biorąc pod uwagę powyższe problemy najlepszym ich rozwiązaniem jest wykonywanie operacji mikromontażowych w Clean room'ach. Dzięki temu możliwe jest prowadzenie kontrolowanego procesu odbywającego się w ściśle nadzorowanym środowisku. W zależności od wymaganej czystości atmosfery pomieszczenia clean room dzielone są na klasy, w których definiuje się ilość i poziom zanieczyszczeń na metr sześcienny atmosfery. Klasy te przedstawiono w tabeli 2 [10].

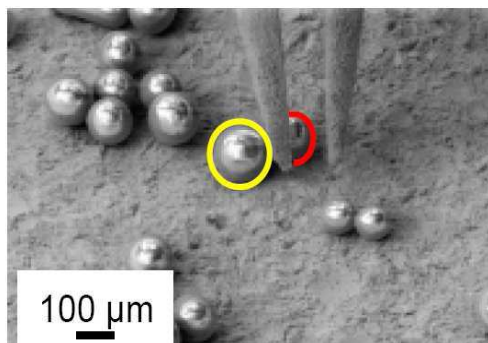
Tabela 2. Klasyfikacja clean room [13]

Klasy Clean room	maksymalna wartość liczby dopuszczalnych cząstek/m <sup>3</sup>					
	≥ 0,1 μm	≥ 0,2 μm	≥ 0,3 μm	≥ 0,5 μm	≥ 1 μm	≥ 5 μm
ISO Klasa 1	10	2				
ISO Klasa 2	100	24	10	4		
ISO Klasa 3	1000	237	102	35	8	
ISO Klasa 4	10000	2370	1020	352	83	
ISO Klasa 5	100000	23700	10200	3520	832	29
ISO Klasa 6	1000000	237000	102000	35200	8320	293
ISO Klasa 7				352000	83200	2930
ISO Klasa 8				3520000	832000	29300
ISO Klasa 9				35200000	8320000	293000

### MIKROCZĘŚCI I MIKROCHWYTAKI

W procesie mikromontazu nie należy zapominać o problemach technologicznych związanych z zagadnieniami chwytania, przenoszenia i doboru chwytaka w zależności od wykonywanych zadań. Występujący problem sił adhezyjnych między chwytakiem a mikroczęściami p rys. 9 4.10 zależy od:

- siła mostka cieczowego (siła międzyziarnowa kohezji- ang. the liquid bridge force) wynikająca z kondensacji kapilarnej wody, gdy wilgotność powietrza wokół dwóch stykających się powierzchni jest wysoka (ponad 60% RH);
- siła wiązania wodorowego pomiędzy cząsteczkami wody, adsorbowanej na dwóch powierzchniach, gdy wilgotność jest stosunkowo niska;
- siła van der Waalsa, kiedy zaadsorbowanych cząsteczek wody na powierzchni prawie nie ma.



Rys. 9 Problemy przylepiania [6]

Efekt przyczepiania jest nie tylko problemem montażu, ale również powoduje również problemy podczas produkcji mikrostruktur [11]. Dotyczy on również sił elektrostatycznych wynikających z generowania ładunków i przeniesienia ładunków podczas kontaktu i mają one istotny wpływ na mikromanipulowanie. W kontaktowym manipulowaniu siły elektrostatyczne są zwykle traktowane jako źródła zakłóceń, ale również są wykorzystywane jako siły napędowe w dwuwymiarowym samodzielnym montażu w suchych ośrodkach.

Problemy technologiczne zależą w większości od odpowiedniego doboru mikrochwytaka do wykonywanych zadań a przy ich wyborze należy się kierować według następujących zasad:

- stosować materiały o małej kontaktowej różnicy potencjałów między chwytem a mikroczęścią.
- stosować materiały przewodzące, na których nie tworzą się wysoce izolacyjne rodzime tlenki.
- utrzymać małą powierzchnię styku. Zamiast płaskich preferowane są kuliste końcówki mikrochwytaka. Powierzchnia styku może być również zmniejszona przez zwiększenie chropowatości końcówki chwytaka. To, także znacznie zredukuje siły van der Waalsa.
- duży nacisk styku spowodowany siłami adhezyjnymi, może powodować lokalne odkształcenia w miejscu kontaktu. Deformacja ta zwiększa powierzchnię styku, a tym samym siły przyczepności. Preferowane są, więc twarde materiały.
- napięcie powierzchniowe może być redukowane przy pomocy suchego otoczenia i hydrofobowych powłok. Atrakcyjną alternatywą jest montaż mikroczęści zanurzonych w cieczy, tzw. montaż fluidalny, który eliminuje siły elektrostatyczne oraz napięcie powierzchniowe. Napięcie powierzchniowe jest również wykorzystywane, aby przyczepność mikroczęści do podłoża w docelowej lokalizacji była większa niż do chwytaka
- ładunki swobodne, występujące w jonizowanym powietrzu mogą łączyć się i neutralizować ładunki powierzchniowe.

Biorąc pod uwagę problemy technologiczne wynikające z zastosowania chwytaków kontaktowych w operacjach mikro manipulowania najlepszym sposobem ich zapobiegania jest zastosowanie chwytaków bezkontaktowych. Techniki te mają mnóstwo zalet a niektóre z wymienionych korzyści nie ogranicza się tylko do manipulowania mikrokomponentami:

- siły powierzchniowe mogą być całkowicie zaniebane.
- tarcie jest znacznie zredukowane, co umożliwia wysoką rozdzielczość i dokładność ruchu urządzeń poprzez unikanie tarcia poślizgowego.
- manipulowanie skomplikowanych (kruchych, świeżo malowanych, wrażliwych lub mikronowych wielkości) elementów jest możliwe, ponieważ unika się dużego lokalnego nacisku, który ma miejsce w kontakcie mechanicznym. Możliwe jest także przenoszenie elastycznych mikroczęści.
- unika się zanieczyszczeń wytwarzanych przez niego jak i tych znajdujących się na chwytaku [12].

## PODSUMOWANIE

Przedstawione w treści artykułu problemy należą do grupy przysparzających najwięcej kłopotów w mikromontażu. Innego rodzaju problemy dotyczą braku norm, standardów, unifikacji i standaryzacji. Brak jest możliwości wykorzystania tego samego rodzaju mikroczęści do różnych mikrokonstrukcji. Ten problem jest szczególnie ważny w związku z dążeniem do automatyzacji procesów mikromanipulacyjnych i montażowych.

## LITERATURA

1. Kunt Emrah Deniz, Design and realization of a microassembly Workstation, Sabanci University, 2006
2. [http://www.iof.fraunhofer.de/departments/precision-engineering/microassembly/index\\_e.html](http://www.iof.fraunhofer.de/departments/precision-engineering/microassembly/index_e.html)
3. Van Brussel H., Annals of the CIRP: Assembly of microsystems, Vol. 49 (2), 2000

4. Reifur Bogusław Aspekty budowy systemów połączeń składowych układów MEMS-micro-Electro-mechanical-Systems. *Technologia Automatyzacja Montażu* 3/2007
5. Han Hongtao, Weiss Lee E., Reed Michael L., Micromechanical Velcro, *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 1, No.1, 1992
6. Weck Manfred, Peschke Christian, Assembling Hybrid Microsystems, IAP Workshop - Advanced Mechatronic Systems Lovain-la-Neuve, 2003
7. Lu Zhe, Chen Peter C. Y., Lin Wei, Force Sensing and Control in Micromanipulation, *IEEE transactions on systems, man and cybernetics. Part C, Applications and reviews* vol. 36 nr 6, 2006
8. Dechev Nikolai., Mills James K, Leghorn William L., Mechanical Fastener Designs For Use In The Microassembly Of 3d Microstructures, 2004 ASME International Mechanical Engineering Congress and RD&D Expo, USA, 2004
9. Dziuban Jan, *Technologia i zastosowanie mikromechanicznych struktur krzemowych i krzemowo-szklanych w technice mikrosystemów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 2004
10. Menz Wolfgang, Mohr Jürgen, Paul Oliver, *Microsystem technology*, John Wiley & Sons Inc, 2001
11. Chandra Santanu, A Numerical Study For Liquid Bridge Based Microgripping And Contact Angle Manipulation By Electrowetting Method, 2007
12. Vandaele Vincent, Lambert Pierre, Delchambre Alain, Non-contact handling in microassembly: Acoustical levitation, *Precision Engineering* 4/ 2005, ELSEVIER,
13. Whyte William, *Cleanroom Technology: Fundamentals of Design, Testing and Operation*, John Wiley & Sons Inc, 2001

#### ASSEMBLY CONNECTIONS OF MINI AND MICRO PRODUCTS- TECHNOLOGICAL PROBLEMS

**Abstract.** Zagadnienia technologii mikro i mini stanowią nierozdzielny związek z problemami montażowymi w zakresie koncepcji, projektowania a szczególnie problemów technologicznych połączeń montażowych. Dotyczy to szczególnie problematyki wzajemnych połączeń mikro i mini elementów, a także dokładności i powtarzalności tych połączeń. W artykule przedstawiono wyżej wymienione zagadnienia w aspekcie problemów połączeń technologicznych mini i mikro produktów.

Katarzyna ANTOSZ  
Dorota STADNICKA  
Politechnika Rzeszowska  
Rzeszów, Polska

## DOSKONALENIE PROCESU PRODUKCJI MIESZADEŁ Z WYKORZYSTANIEM MAPOWANIA STRUMIENIA WARTOŚCI

### MIXER ARMS PRODUCTION PROCESS DEVELOPING WITH USING VALUE STREAM MAPPING

#### WSTĘP

Konkurencyjny rynek i postępująca globalizacja wymuszają na przedsiębiorstwach ciągłe cięcia kosztów. Ceny wyrobów, które kształtuje rynek dają małe szanse na zyski przedsiębiorstwom niegospodarnym i takim, które nie poszukują oszczędności. Klient wybierając wyrób jest skłonny za niego zapłacić tyle, ile wyrób jest dla niego wart. Według Philipa Kotlera „całkowita wartość wyrobu dla klienta jest sumą korzyści, jakich oczekuje on od danego produktu, czy usługi.” [2] Możemy jednocześnie powiedzieć, że wartość tworzą te działania w procesie wytwarzania wyrobu, za które klient jest skłonny zapłacić, czyli działania, które kształtują wyrób. W czasie przechodzenia z operacji na operację wartość rośnie. Niestety nie wszystkie operacje powodują wzrost wartości [1].

Mapowanie strumienia wartości jest metodą umożliwiającą dokonanie analizy procesów realizowanych w firmie pod kątem występującego w nich marnotrawstwa w łatwy i prosty sposób. Z jej pomocą można zidentyfikować czynności nietworzące wartości. Jest metodą niewymagającą ponoszenia kosztów na oprogramowanie komputerowe do analiz, ani specjalnego sprzętu, czy określonych kwalifikacji personelu, a jednocześnie skuteczną. Metoda z powodzeniem była stosowana w zakładach Toyoty, jest promowana przez Mike’a Rothera i Sohna Shook’a a w Polsce przez Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej [4]. W dostępnych źródłach literaturowych spotyka się jednakże mało praktycznych przykładów zastosowania metody w praktyce, co przecież ułatwiłoby zrozumienia procesu mapowania i stosowania narzędzi szczupłej produkcji w różnego rodzaju sytuacjach produkcyjnych. W niniejszej pracy autorzy prezentują prace nad doskonaleniem przepływu strumienia wartości występującego w średniej wielkości firmie produkcyjnej wytwarzającej wyroby w wielu rodzajach, co powoduje konieczność wdrażania specyficznych rozwiązań.

#### CEL I ETAPY WDRAŻANIA VSM

Głównym celem mapowania strumienia wartości jest pokazanie jak wartość jest generowana w procesie i na jakich stanowiskach pracy. Wartość przepływa przez różne stanowiska, a praca na nich wykonywana dodaje wartość do wyrobu procesu, bądź nie. Jak już wspomniano wartość w procesie produkcyjnym tworzą te działania, za które klient jest skłonny zapłacić. Klient nie chce płacić za powstałe w procesie niezgodności, za poprawki, czy za straty generowane przez realizowaną nadprodukcję, zapasy, zbędne czynności, oczekiwanie itp.

Mapowanie strumienia wartości pozwala na zidentyfikowanie tych działań, które stanowią czyste marnotrawstwo. Straty w procesie najłatwiej jest znaleźć po całościowym przedstawieniu przebiegu procesu w postaci graficznej i wskazaniu przepływu wartości oraz przepływu materiałów w procesie. Po opracowaniu mapy łatwo zidentyfikować te miejsca, w których materiały, wyroby w toku produkcji, czy wyroby gotowe zatrzymują się w jednym miejscu na dłuższy czas, zamiast płynąć do klienta. [3]

Mapowanie strumienia wartości składa się z kilku etapów, do których zalicza się:

1. Wybór rodziny wyrobów.
2. Wybór menedżera strumienia wartości.
3. Zebranie informacji o procesie.
4. Opracowanie mapy stanu aktualnego.
5. Analiza mapy: poszukiwanie strat, identyfikacja problemów, proponowanie rozwiązań.
6. Opracowanie mapy stanu przyszłego.
7. Opracowanie planu wdrożenia stanu przyszłego.
8. Wdrażanie.
9. Ocena wyników. [4]

### Rodzina wyrobów

W pierwszym etapie wybierana jest rodzina wyrobów, dla których powstanie mapa. Za rodzinę wyrobów uważamy te wyroby, które przechodzą przez te same stanowiska pracy i operacje technologiczne, przy czym nie konieczne każdy rodzaj wyrobów musi przejść przez wszystkie stanowiska, przez które przechodzą wyroby innego rodzaju. Najłatwiej wyjaśnić definicję rodziny wyrobów na przykładzie (tab. 1).

Tab. 1. Identyfikacja rodziny wyrobów. Źródło: opracowanie własne

Wyroby	Operacje									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Wyrób 1	+	+	+	+		+	+		+	
Wyrób 2	+	+	+	+		+	+		+	
Wyrób 3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
Wyrób 4	+				+			+	+	+
Wyrób 5	+				+	+			+	
Wyrób 6	+	+					+	+	+	+
Wyrób 7	+	+					+	+	+	+

Rodzina wyrobów

Wyrób 1, wyrób 2 i wyrób 3 przechodzą przez operacje technologiczne 1, 2, 3, 4, 6, 7 i 9, a wyrób 3 przechodzi dodatkowo przez operacje 5 i 8, można więc uznać, że wszystkie one należą do jednej rodziny wyrobów i jest możliwe przedstawienie strumienia przepływu wartości w procesie produkcyjnym tych wyrobów na jednej mapie.

### Menedżer strumienia wartości

Menedżer strumienia wartości jest dla rodziny wyrobów tym, kim jest właściciel dla swojego procesu. Jego zadaniem ma być nadzór nad przepływem strumienia wartości i reagowanie na pojawiające się problemy. Ta jedna osoba powinna posiadać kompleksowe, aczkolwiek nie konieczne szczegółowe informacje, na temat tego, co się dzieje z wytwarzanymi wyrobami. Menedżer odpowiada za to, aby wartość płynęła, bez względu na to, w jakim wydziale i w jakiej komórce organizacyjnej przedsiębiorstwa wyrób się aktualnie znajduje. Menedżer powinien mieć odpowiedzialności i uprawnienia do podejmowania decyzji związanych z pracą wszystkich komórek organizacyjnych, przez które płynie strumień określonej rodziny wyrobów.

### Zebranie informacji o procesie

Informacje o procesie, przez który przepływają wyroby zbierane są „z natury”. Oznacza to, że aby stworzyć mapę stanu aktualnego powinniśmy przejść drogę, którą fizycznie pokonują wyroby „od drzwi do drzwi”, zmierzyć ile czasu spędzają na poszczególnych stanowiskach pracy, gdzie i jak długo oczekują na kolejną operację oraz w jaki sposób dostają się do klienta. A w szczególności zbieramy następujące informacje:

- wymagania dostawców dotyczące zamawianych ilości, rodzajów wyrobów oraz sposobu dostawy,
- wymagania naszej firmy dotyczące terminów składania zamówień przez klientów,
- wymagania naszych dostawców dotyczące zamawiania materiałów dla wytwarzania analizowanej rodziny wyrobów,

- rodzaje operacji produkcyjnych,
- czasy trwania operacji,
- czasy przebrożeń,
- dostępność stanowisk pracy,
- zmienność pracy w organizacji,
- liczba operatorów maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie,
- sposób planowania produkcji i przydzielania zadań produkcyjnych,
- planowanie wysyłek do klienta,
- zapasy materiałów, wyrobów w toku produkcji oraz wyrobów gotowych,
- sposobów komunikacji w procesie między klientem a naszą organizacją, organizacją a dostawcą, działem sterowania produkcją organizacji a wydziałami produkcyjnymi.

#### **Opracowanie mapy stanu aktualnego**

Opracowanie mapy stanu aktualnego polega na graficznej prezentacji działań realizowanych w procesie za pomocą określonych symboli graficznych.

#### **Analiza mapy stanu aktualnego**

Analiza mapy stanu aktualnego polega na poszukiwaniu marnotrawstwa, aby następnie wyszczuplić strumień wartości.

#### **Opracowanie mapy stanu przyszłego**

Mapa stanu przyszłego jest graficzną prezentacją propozycji eliminacji marnotrawstwa.

#### **Plan wdrożenia i wdrożenie stanu przyszłego**

Mapa stanu przyszłego to niestety jedynie pewien schemat graficzny. Kolejnym krokiem jest praktyczne wdrożenie zaproponowanych rozwiązań według ustalonego planu z określonymi celami, zadaniami, odpowiedzialnościami i terminami.

#### **Ocena wyników**

Po wdrożeniu planu przychodzi czas na podsumowanie. Dokonywana jest ocena faktycznie uzyskanych korzyści, co konfrontowane jest z nakładami poniesionymi na wprowadzenie zmian.

### **ZNACZENIE SYMBOLI GRAFICZNYCH STOSOWANYCH PRZY OPRACOWYWANIU VSM**

W mapowaniu strumienia wartości używa się określonych symboli graficznych, dzięki czemu proces można przedstawić jasno i przejrzysto, i łatwo zidentyfikować miejsca do doskonalenia. W tabeli 1 przedstawiono symbole oraz ich znaczenie, a w dalszej części niniejszego artykułu zastosowanie.

### **PREZENTACJA DZIAŁAŃ REALIZOWANYCH W ANALIZOWANYM PROCESIE PRODUKCYJNYM**

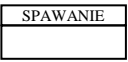





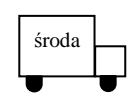
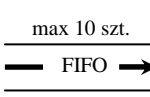


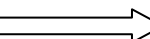





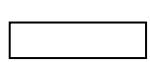

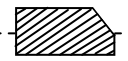
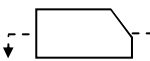


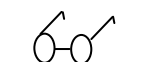

W niniejszej części artykułu przedstawiono proces wytwarzania wybranej rodziny wyrobów, w którym zastosowano metodę mapowania strumienia wartości a wyniki pracy przedstawiono dalej.

#### **Informacje ogólne**

Produkcja analizowanych wyrobów jest tylko niewielkim wycinkiem z całej produkcji realizowanej w firmie. Wyrobami są mieszadła mające postać metalowego pręta z przyspawanym na końcu elementem mieszającym z płaskownika wygiętego na obydwu końcach. Mieszadła są dostępne w pięciu różnych długościach, pięciu średnicach pręta, pięciu średnicach elementu mieszającego oraz trzech szerokościach płaskownika elementu mieszającego. W sumie w rodzinie produktów podlegających analizie znajduje się 375 różnych odmian mieszadeł budowlanych.

W gronie odbiorców mieszadeł znajdują się zarówno producenci narzędzi dla branży budowlanej jak i firmy zajmujące się ich bezpośrednią sprzedażą. Ze względu na to, że mieszadła produkowane są w tak wielu odmianach, występuje długi czas oczekiwania klientów na zamówione wyroby, co stanowi główny problem firmy. Klientom zapewniany jest miesięczny czas realizacji zamówień.

Tab. 2. Symbole graficzne (ikony) wykorzystywane do budowy mapy przepływu strumienia wartości. Źródło: opracowanie własne na podstawie: [4].

Symbol	Znaczenie symbolu	Symbol	Znaczenie symbolu	Symbol	Znaczenie symbolu
	- element procesu wytwórczego		- przedsiębiorstwo zewnętrzne		- operator
	- dane		- kaizen		- supermarket
	- transport		- kolejka FIFO		- bufor lub zapas bezpieczeństwa
	- pchanie		- wyroby gotowe dla klienta		- ssanie
	- przepływ informacji		- przepływ informacji drogą elektroniczną		- zapasy
	- poziomowanie produkcji		- zamówienie codzienne		- kanban sygnałyzyacyjny
	- kanban transportowy		- kanban produkcyjny		- skrzynka na karty kanban
	- karty kanban przemieszczane partiami		- harmonogramowanie typu „idź i zobacz”		- ssanie sekwencyjne

Klienci, jednakże nie są w stanie przewidzieć dokładnie swoich potrzeb na okres dłuższy niż 2 tygodnie i dlatego dokonują korekt zamówień na 14 dni przed terminem ich realizacji. Korekty te powodują konieczność zmiany priorytetów zleceń kierowanych na wydziały produkcyjne. Mimo tego, że Dział Sterowania Produkcją przekazuje zamówienia klientów na produkcję mniej więcej w kolejności ich napływania, zamówienia dzielone są na partie w celu zredukowania liczby czasochłonnych przebrojeń maszyn. Fakt ten powoduje również konieczność zmiany priorytetów zleceń.

#### Wymagania klientów

Klienci zamawiają średnio 20.000 sztuk miesięcznie. Pojedyncze zamówienia są na poziomie od 25 do 100 sztuk - średnio 50 sztuk. Mieszadła pakowane są w pudła ochronne zawierające 5 mieszadeł. Transport gotowych wyrobów do klientów odbywa się transportem własnym raz dziennie. Kolejne zamówienia składane przez danego klienta mogą się od siebie znacząco różnić. Firma wymaga, aby zamówienie było złożone 30 dni przed żądaną datą wysyłki. Często zdarzają się korekty zamówień przez klientów na 2 tygodnie przed terminem realizacji. W trakcie produkcji mieszadeł budowlanych wykonywane są następujące operacje: cięcie metalowych prętów, cięcie płaskownika na element mieszający, gięcie płaskownika w celu uformowania końcówek mieszających, spawanie (łączenie pręta i płaskownika), obróbka wykonanych spawów (mechaniczne usunięcie nadmiaru materiału w spoinie), malowanie wykonywane przez zewnętrzną firmę (kooperanta). Przejście na produkcję mieszadeł o innej długości wymaga 15 minut przebrojenia



urządzeń wykorzystywanych do cięcia, spawania i obróbki spawów. Przejście na produkcję mieszadeł o innej średnicy wymaga godzinnego przebrojenia urządzeń wykorzystywanych do cięcia, spawania i obróbki spawów. Dłuższy czas przebrojenia w przypadku zmiany średnicy wynika z większych wymagań dotyczących jakości.

#### **Współpraca z dostawcami**

Firma współpracuje z dwoma stałymi dostawcami. Jeden z nich dostarcza pręty i oczekuje składania zamówień na 16 tygodni przed dostawą. Drugi dostarcza płaskowniki. Zamówienie do niego musi być złożone 10 tygodni przed dostawą. Dostawa surowca realizowana jest przez obydwu dostawców dwa razy w miesiącu.

#### **Czas pracy**

Analizowana firma pracuje 20 dni w miesiącu w systemie 2-zmianowym na wszystkich wydziałach produkcyjnych. Zmiana trwa 8 godzin. Jeśli istnieje konieczność pracuje się w nadgodzinach. W czasie każdej zmiany są dwie 15-minutowe przerwy. Wszystkie czynności wykonywane ręcznie na czas przerw są wstrzymywane. Przerwy obiadowe są niepłatne.

#### **Sterowanie produkcją**

Dział Sterowania Produkcją wprowadza zamówienia klientów do systemu MRP. Dla każdego zamówienia klienta opracowywane są zlecenia produkcyjne, a następnie przekazywane na poszczególne stanowiska pracy raz na tydzień. Codziennie przekazywane są kierownikom produkcji tzw. listy priorytetów. Zgodnie z nimi kierownicy określają kolejność realizacji zamówień w ramach swoich wydziałów. 6 tygodni przed datą realizacji zamówienia Dział Sterowania Produkcją zamawia pręty i płaskowniki. Jeżeli klient koryguje zamówienie do systemu MRP wprowadzane są zmiany najpóźniej na dwa tygodnie przed realizacją zamówienia, a kierownikom zleca się przyspieszoną realizację określonych zamówień. Dział Sterowania Produkcją opracowuje również dzienny harmonogram wysyłek do klienta, który przekazuje do Działu Wysyłek i na jego podstawie realizowany jest transport do klientów.

#### **Informacje dotyczące procesu**

W procesie produkcji mieszadeł realizowane są następujące operacje:

##### **1. Cięcie** (na pierwszym stanowisku do cięcia są cięte pręty dla produkowanych wyrobów);

- proces wykonywany ręcznie przez jednego operatora
- czas cyklu: 15 sekund (dla maksymalnej średnicy)
- czas przeobrażania: 15 minut (zmiana długości), 1 godzina (zmiana średnicy),
- dostępność: 100%
- zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne:
  - zapas na 10 dni niepociętych prętów oczekujących na wejściu
  - 7.000 szt. prętów pociętych.

##### **2. Cięcie** (na drugim stanowisku do cięcia jest cięty płaskownik dla produkowanych wyrobów);

- proces wykonywany ręcznie przez jednego operatora
- czas cyklu: 15 sekund (dla maksymalnej grubości)
- czas przeobrażania: 15 minut (zmiana długości), 1 godzina (zmiana średnicy)
- dostępność: 100%
- zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne:
  - zapas na 10 dni niepociętych płaskowników oczekujących na wejściu
  - 5.200 szt. płaskowników pociętych.

##### **3. Gięcie** (na stanowisku odbywa się gięcie dwóch końcówek płaskownika z wykorzystaniem wzorca w celu uformowania końcówek mieszających)

- proces wykonywany ręcznie przez jednego operatora zgodnie z wzorcem
- czas cyklu: 30 sekund na uformowanie jednej końcówki.
- czas przeobrażania: 15 minut (zmiana długości), 1 godzina (zmiana średnicy).
- dostępność: 100%
- zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne:
  - 4.800 szt. uformowanych końcówek.

- 4. Stanowisko spawalnicze** (dedykowane tej rodzinie wyrobów);
  - na stanowisku tym spawane są elementy mieszała – prowadnica i element mieszający
  - proces automatyczny, z ładowaniem i rozładowywaniem przez operatora w trakcie pracy urządzenia
  - czas cyklu: operator 10 sekund, maszyna 30 sekund
  - czas przezbajania: 15 minut (zmiana długości), 1 godzina (zmiana średnicy)
  - dostępność: 90%
  - zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne: 3.100 szt. pospawanych elementów.
- 5. Stanowisko obróbki spawów (dedykowane tej rodzinie wyrobów)**
  - proces automatyczny, z ładowaniem i rozładowywaniem przez operatora w trakcie pracy urządzenia
  - czas cyklu: operator 10 sekund, maszyna 30 sekund
  - czas przezbajania: 15 minut (zmiana długości), 1 godzina (zmiana średnicy)
  - dostępność: 100%
  - zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne: 2.900 szt. obrobionych mieszała.
- 6. Malowanie (proces wykonywany u zewnętrznego kooperanta)**
  - czas przejścia dla procesu malowania 4 dni
  - raz dziennie ciężarówka zabiera niepomalowane mieszała i przywozi mieszała pomalowane
  - jednorazowo do kooperanta dostarczanych jest 2.000 szt.
  - zaobserwowane zapasy międzyoperacyjne:
    - 6.000 szt. mieszała pomalowanych.
- 7. Dział Wysyłek**
  - pobiera produkty z magazynu wyrobów gotowych i zajmuje się ich wysyłką transportem własnym do klientów.

## MAPA STANU AKTUALNEGO

Dla procesu produkcji przedstawionej rodziny wyrobów opracowano mapę przepływu strumienia wartości, na której przedstawiono stan aktualny (rys. 1). W celu obliczenia długości czasu przejścia obliczono czasy utrzymywania zapasów według wzoru:

$$C_{UZ} = \text{Dostępny czas pracy} / \text{Zapotrzebowanie klienta} \quad (1)$$

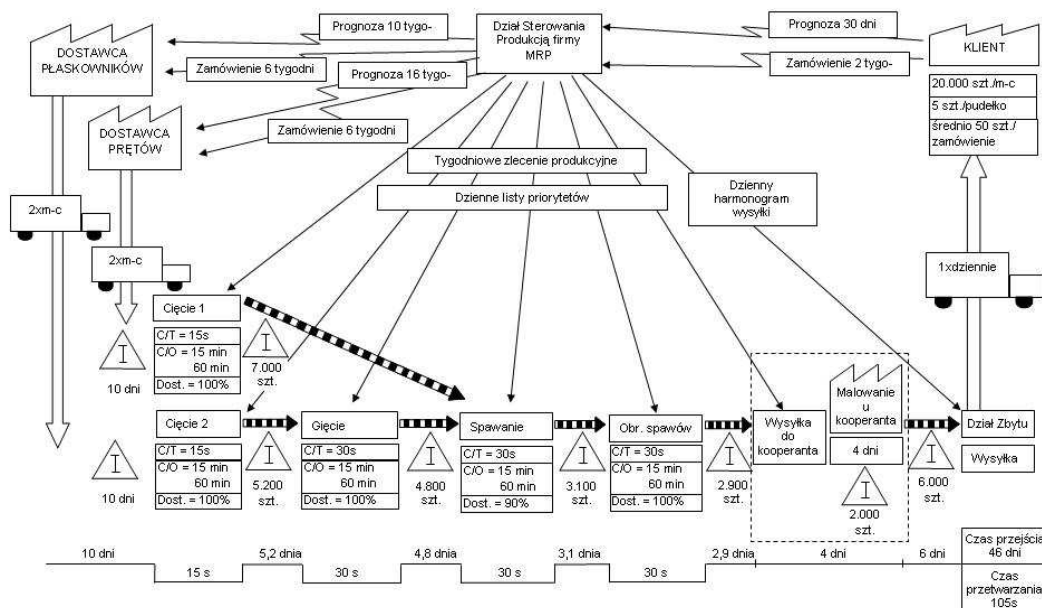
## ANALIZA PROBLEMÓW I PROPOZYCJE DOSKONAŁENIA PROCESU

Głównym problemem z produkcją analizowanej rodziny wyrobów jest fakt, że klient na zamówienie musi czekać 30 dni. A w szczególności występują następujące problemy:

- duże zapasy materiałów, wyrobów w toku produkcji oraz wyrobów gotowych, co wynika między innymi ze zmian w zamówieniu, które są wprowadzane przez klienta na 14 dni przed terminem dostawy,
- 90% dostępność spawarki,
- konieczność częstej zmiany priorytetów,
- rzadkie dostawy materiałów,
- długi czas przejścia wyrobu przez organizację.

Wyrób jest praktycznie przepychany na kolejne stanowiska pracy. Każde stanowisko pracuje na podstawie indywidualnego zlecenia produkcyjnego oraz listy priorytetów. Powoduje to powstawanie zapasów międzyoperacyjnych, które ze względu na zmianę priorytetów utrzymywane są przez długi czas. Dodatkowo na zwiększenie zapasów wpływa fakt istnienia dużej liczby rodzajów produkowanych wyrobów. Konieczne jest, więc zastosowanie całkowicie nowej organizacji pracy i jej planowania.

Klienci zamawiają średnio 20.000 szt. wyrobów miesięcznie, co oznacza, że dziennie klienci kupują 1000 szt., więc w ciągu jednej zmiany firma powinna wyprodukować 500 szt. wyrobów gotowych. Żeby zaspokoić to zapotrzebowanie w przyjętym czasie pracy, co 54 s musi zejść z produkcji wyrób gotowy. Taki jest, więc czas taktu (tab. 3).



Rys. 1. Mapa przepływu strumienia wartości w produkcji mieszadeł – stan aktualny

Źródło: opracowanie własne

Tab. 3. Obliczanie czasu taktu oraz czasu utrzymywania zapasów. Źródło: opracowanie własne.

Czas pracy	Czas pracy na jedną zmianę	Zapotrzebowanie klienta	Czas taktu	Czas utrzymywania zapasów
20 dni w miesiącu	8h x 60 min – 2 x 15 min = 450 min	20.000 szt./m-c	450 min x 60 s/ 500 szt. = 54 s	wielkość zapasów / 1000 szt.
2 zmiany		1.000 szt./dzień		
8 godzin dziennie		500 szt./zmianę		
2 przerwy po 15 min				

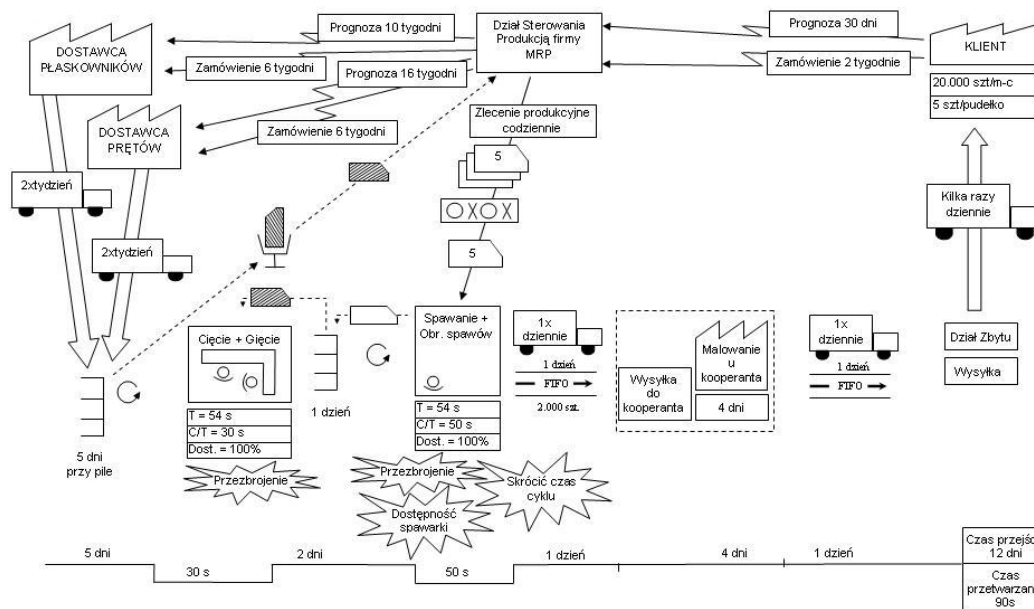
Aby rozwiązać problemy proponuje się zastosowanie wybranych metod szczupłej produkcji, a mianowicie:

- połączenie stanowisk cięcia i gięcia w jedno gniazdo robocze, na którym pracowałoby dwóch pracowników,
- połączenie stanowiska spawania i obróbki spawów w jedno gniazdo robocze z jednym pracownikiem,
- przeprowadzenie sesji Kaizen dla zidentyfikowania przyczyn długich czasów przebrojeń i opracowania metod ich skrócenia,
- przeprowadzenie sesji Kaizen dla zidentyfikowania przyczyn małej dostępności spawarki,
- przeprowadzenie sesji Kaizen dla skrócenia czasu operacji spawania i obróbki spawów,
- zwiększenie częstotliwości dostaw materiałów do dwóch razy na tydzień zamiast dotychczasowych dwóch razy na miesiąc (własnym transportem),
- zastosowanie supermarketu, w którym materiały (pręty i płaskowniki) będą oczekiwały na proces cięcia; supermarket należy usytuować obok piły,
- zastosowanie systemu kanban dla składania zamówień na dostawę określonych rodzajów prętów i płaskowników w zależności od potrzeb produkcji,

- zastosowanie supermarketu pomiędzy gniazdem „cięcie i gięcie” a gniazdem „spawanie i obróbka spawów”; niedogodnością jest mimo wszystko konieczność utrzymywania stosunkowo dużego zapasu ze względu na różnorodność wyrobów zamawianych,
- harmonogramowanie procesu „spawanie i obróbka spawów” poprzez codzienne przekazywanie przez Dział Sterowania Produkcją zleceń produkcyjnych na to stanowisko; dzięki temu znacznie skróci się czas realizacji zamówienia dla klienta i będzie on teraz głównie uzależniony od czasu realizacji operacji malowania u kooperanta; można przeprowadzić negocjacje z kooperantem i zachęcić go do wprowadzenia działań korygujących, które mogłyby skrócić czas przebywania u niego mieszadeł,
- wyroby na wysyłkę do malowania będą oczekiwały w kolejności zamówienia przez klientów w kolejce FIFO na zasadzie „pierwsze weszło pierwsze wyszło”,
- wyroby po przywiezieniu od kooperanta będą bezpośrednio w Dziale Wysyłki przygotowywane do wysłania i wysyłane klientom nawet kilka razy dziennie w kolejności składanych zamówień,
- klienci będą mieli możliwość składania zamówień na 2 tygodnie przed czasem ich realizacji.

### MAPA STANU PRZYSZŁEGO

Na rys. 2 przedstawiono mapę stanu przyszłego z przedstawionymi propozycjami doskonalenia strumienia przepływu wartości.



Rys. 2. Mapa przepływu strumienia wartości w produkcji mieszadeł – stan przyszły

Źródło: opracowanie własne

### WNIOSKI

Zastosowanie mapowania strumienia wartości dla procesu wytwarzania mieszadeł dało możliwość zidentyfikowania głównych problemów występujących w procesie. Opracowana mapa stanu przyszłego pokazuje możliwości doskonalenia przepływu strumienia wartości. Dokładniejsza analiza w ramach sesji

Kaizen pozwoli określić, czy propozycje są możliwe do wdrożenia. Stanowi ona jedynie punkt wyjścia do dalszej analizy procesu, a przedstawione rozwiązanie jest jedynie jednym z wielu możliwych rozwiązań. Optymalne rozwiązanie problemów uwarunkowane jest wieloma czynnikami takimi jak: wyniki analizy kosztów, wyniki analizy zdolności produkcyjnych (pracownicy, maszyny), rodzaj i stopień skomplikowania wyrobu, proces technologiczny i inne.

#### LITERATURA

1. Jones D.T., Womack J.P.: Odchudzanie firmy. Wydawnictwo CIM, Warszawa 2001
2. Kotler P.: Marketing: analiza, planowanie, wdrażanie i kontrola. Gebethener i S-ka, wyd. VI, Warszawa 1994
3. Rother M., Harris R.: Tworzenie ciągłego przepływu. Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001
4. Rother M., Shook J.: Naucz się widzieć. Eliminacja marnotrawstwa poprzez Mapowanie Strumienia Wartości. Wrocławskie Centrum Transferu Technologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2002

#### MIXER ARMS PRODUCTION PROCESS DEVELOPING WITH USING VALUE STREAM MAPPING

**Abstract.** In the work the conception of VSM (Value Stream Mapping), its advantages and basics are presented. The steps of VSM using are shown. An example of a products family, which are produced in a middle enterprise are described. During the mapping process the certain graphical symbols were used. The symbols represent process's actors, information, which are needed in the process and a flow of the information and materials. In the article actual state map and future state map for described process are shown. Actions for process developing are proposed. The potential advantages, which can be achieved after actions introduction, are also presented.

**Michaił SIEDYCH**

Uniwersytet Technologiczny STANKIN  
Moskwa, Rosja

## **TECHNOLOGIA MONTAŻU WALCOWYCH FREZÓW IGIEŁKOWYCH**

### **ТЕХНОЛОГИЯ СБОРКИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ИГЛОФРЕЗ**

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В машиностроении используются такие технологические операции как волочение, антикоррозионное покрытие металла, сварка взрывом и др. Перед выполнением этих операций необходимо с заготовки удалить окалину, ржавчину, окислы, грубые загрязнения и т.д. Перспективным методом очистки металла за наибольшую простоту, дешевизну и экологичность считается иглофрезерование по отношению к таким методам подготовки поверхностей как обработка щётками, шарошками, абразивными кругами, дробеструйная, травление кислотами и др.

**Технология сборки иглофрез.** Существенное влияние на технологию сборки и качество иглофрез оказывает качество изготовления игл. Строгая прямолинейность игл обеспечивает хорошую их ориентацию при сборке, высокую плотность упаковки, хорошую разделяемость на пучки и наоборот, даже небольшая серповидность и волнистость игл существенно затрудняют процесс сборки иглофрез.

Важными технологическими и конструкторскими параметрами игл является допуск на их длину. При большом колебании длины игл проварка массива их корней изобилует рядом дефектов: пережогом и расплавлением выступающих концов игл, непроваром коротких концов, пузырями и раковинами в шве и т.п. Это влечёт за собой неравномерное закрепление игл и как следствие разрушение игольчатого набора.

Первой операцией в технологии изготовления иглофрез является резка проволоки на определённую длину. Её выполняют на игольных автоматах, которые также осуществляют предварительную правку проволоки, но производительность этих автоматов низка, поэтому в промышленности при изготовлении иглофрез используют менее точные, но более производительные способы резки в пучках: резку ножницами, рубку в штампах и др.

Схемы некоторых устройств для реализации этих способов приведены на рис. 1. Резка проволоки ножницами различного типа (рис. 1а) применяется в единичном производстве. При данном способе не достигается стабильного размера длины игл, а производительность процесса низкая. В серийном производстве получил распространение способ рубки проволоки в пучках на штампах (рис. 1б).

Рубка на штампах обеспечивает необходимую производительность и позволяет относительно просто решить вопрос ориентированной укладки игл в промежуточные накопители-пеналы. Последнее значительно облегчает процесс сборки иглофрез.

Предварительно заготовленные пучки проволоки длиной 800...1000 мм и диаметром 8...10 мм подаются на рубку. Эти пучки вставляются в отверстие штампа до упора и перерубаются пуансоном. Отрубленный пучок по наклонному жёлобу штампа выталкивается в приёмный пенал. Каждый последующий отрубленный пучок под действием пуансона перемещает в пенале ранее отрубленный, происходит ориентированная укладка игл в пеналы.

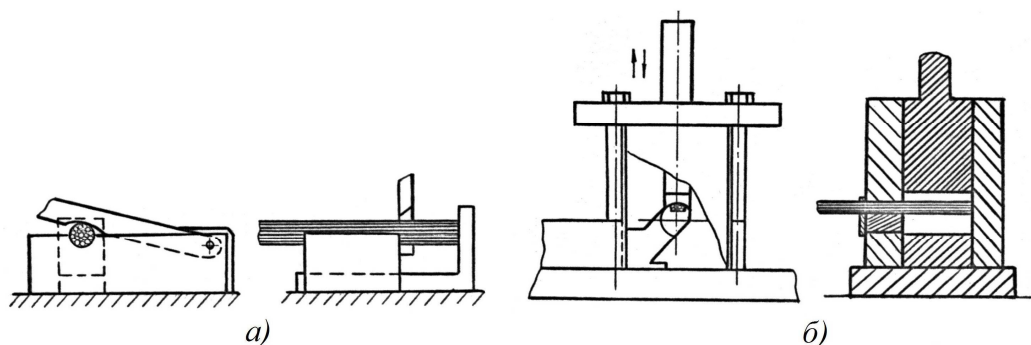


Рис. 1. Способы резки проволоки в пучках: а) резка ножницами; в) рубка в штампе

Rys. 1. Sposoby cięcia drutu w pęczkach; a) nożycami, b) w matrycy

Основным недостатком рубки на штампах в пучках, является нестабильность размеров получаемых игл, вследствие ненадежности прижатия к упору всех проволочек в пучке и сдвиговых деформаций возникающих при рубке. Существенным недостатком является также спайка отдельных игл в пучке, возникающая при затуплении режущих элементов штампа. Кроме того, при рубке на штампах остается неиспользуемый «хвост» пучка, что приводит к значительным (до 5% и более) потерям проволоки.

Необходимо отметить, что рубка на штампах наиболее приемлема при изготовлении игл из кардной проволоки, обладающей прямолинейностью. Рубка стальной проволоки марок 65Г, У8, У10 вследствие сохранения значительной серповидности, после разрезки бунтов из пучка, затруднена.

Следующей операцией технологического процесса изготовления иглофрез является укладка игл в приспособление для их опрессовки. Отрезанные иглы вручную укладывают в специальное сборочное приспособление (рис. 2).

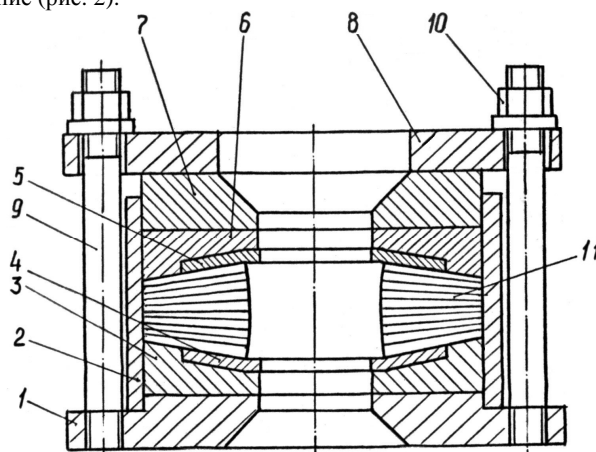


Рис. 2. Приспособление для сборки цилиндрической иглофрезы

Rys. 2. Przyrząd do montażu walcowego freza igłowego

Сборка иглофрезы осуществляется в следующей последовательности. На основании 1 устанавливают обойму 2 с нижним вкладышем 3 и накладкой 4. На накладку 4 производят укладку

игльчатого набора. При укладке обеспечивают радиальное расположение игл, плотное прилегание их торцев к обойме 2 и равномерность высоты укладки по периметру. Не допускается переплетение игл между собой. Количество укладываемых игл определяется по весу расчётным путём, исходя из необходимой плотности иглофрезы. На игльчатый набор устанавливают верхний вкладыш 6 с накладкой 5. Через кольцо 7 и крышку 8 весь набор стягивается шпильками 9 с гайками 10. Собранный приспособление передают на операцию опрессовки.

Следующей операцией технологического процесса изготовления иглофрез является опрессовка. Усилие опрессовки составляет  $50...100 \text{ кг/см}^2$ . Некоторое повышение стойкости инструмента обеспечивает обкатка роликом поверхностей игл в сварной зоне, что обеспечивает выравнивание торцев игл в сварной зоне и повышение качества иглофрез.

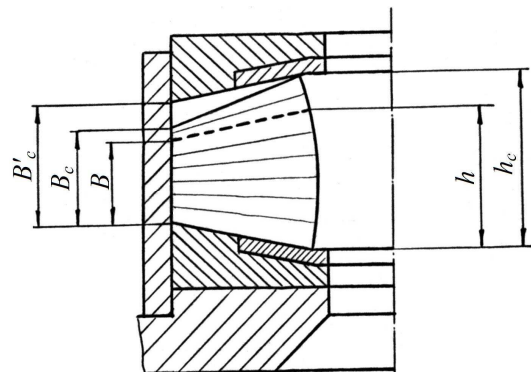


Рис. 3 Схема опрессовки игльчатого набора

Rys. 3. Schemat obciskania zestawu igłowego

Необходимо отметить, что с увеличением ширины иглофрез (высоты игльчатого набора) возрастает неравномерность плотности игльчатого набора в его режущей части. Это обусловлено тем, что возрастает разница между высотой свободно уложенного и спрессованного игльчатого набора. На рис. 3 показана схема опрессовки игльчатого набора. Высота свободно уложенного игльчатого набора по внутреннему диаметру составляет величину  $h_c$ , по наружному диаметру  $H_c$ . После опрессовки (пунктирная линия) высота игльчатого набора составит соответственно  $h$  и  $B$ .  $B_c'$  – расстояние между вкладышами до опрессовки. В связи с тем, что степень опрессовки внутреннего диаметра игльчатого набора значительно выше (составляет до 0,906) степени опрессовки наружного диаметра (составляет 0,6...0,8), в первоначальный момент при опрессовке осуществляется сжатие игл по внутреннему диаметру набора. Рабочие концы верхних игл в наборе под действием усилий опрессовки даже несколько приподнимаются над ниже расположенными, заполняя свободное пространство в пределах размеров  $B_c - B_c'$ . Нижние иглы за счёт перераспределения нагрузки воспринимают усилие опрессовки по всей своей длине с самого начала воздействия. В результате этого плотность игл по наружному диаметру в верхней части набора несколько ниже плотности его нижней части. Этот эффект усиливается с увеличением общей высоты игльчатого набора. Для его устранения необходимо проводить специальные мероприятия.

Большое значение при опрессовке имеет величина угла наклона накладок. При углах больше  $25^\circ...30^\circ$  иглы просто выдавливаются внутрь набора.

Опрессованный набор передают на сварку. Крепление игл обычно осуществляется сваркой ручной электродуговой или сваркой в среде углекислого газа сварочной проволокой по ГОСТ 2246-70. Ручная электродуговая сварка получила более широкое распространение за счёт высокой производительности.



Процесс сварки осуществляют на специальных сварочных стандах (рис.4), обеспечивающих охлаждение режущей части игольчатого набора и его вращение. Для вращения, приспособление с игольчатым набором устанавливают в специальном патроне рис. 4. Охлаждение оснастки с игольчатым набором осуществляется проточной водой. Уровень воды обычно не превышает двух третей длины игл.

Конструкция приспособления, представленная на рис.4 имеет один существенный недостаток, который ухудшает качество сварки и соответственно стойкость иглофрезы. Недостаток заключается в том, что при вращении заготовки иглофрезы в приспособление, игольчатый набор и зону сварки попадают капли воды, таким образом на месте влаги образуется непровар или раковины. Нами разработано приспособление с водоохлаждаемыми полостями исключающее этот недостаток (рис. 5). Использование такого приспособления несколько затрудняет процесс вращения набора при сварке, но полностью исключает попадание влаги в игольчатый набор и зону сварки, что обеспечивает высокое качество сварного шва.

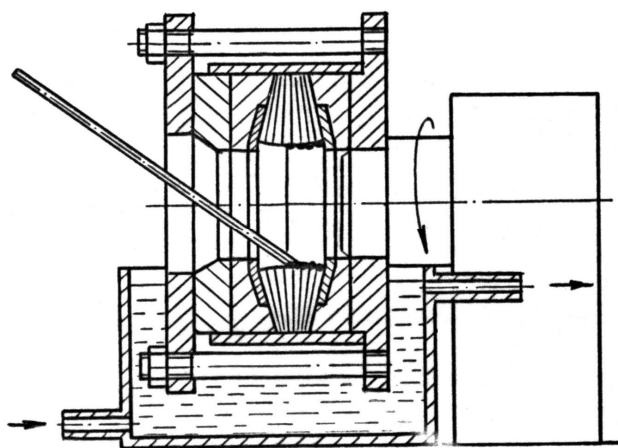


Рис. 4 Сварочный стенд со специальным патроном

Rys. 4. Stanowisko spawalnicze ze specjalnym uchwytem

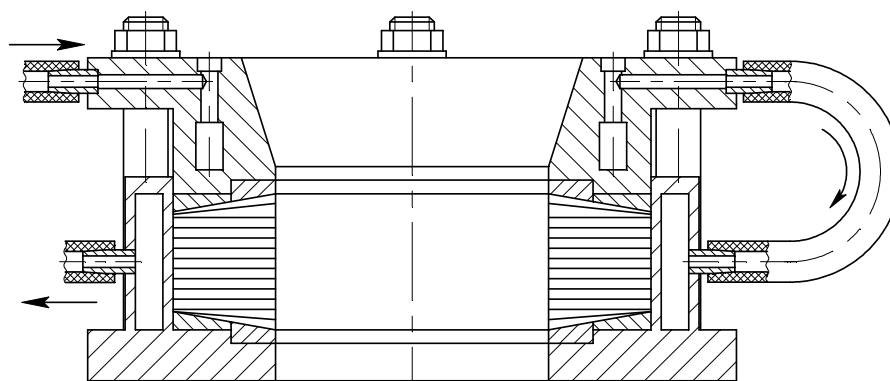


Рис. 5. Водоохлаждаемое приспособление для сборки иглофрез

Rys. 5. Przyrząd do montażu frezów igłowych z chłodzeniem wodnym

После сварки приспособление разбирают и передают игольчатый набор на сборку. На этой технологической операции происходит соединение игольчатого набора с боковыми фланцами, гайкой, а также другими деталями в зависимости от конструкции иглофрезы.

На последней технологической операции изготовления иглофрезы и для придания режущей поверхности необходимого качества и формы, иглофрезу подвергаются шлифованию. При шлифовании необходимо соблюдать следующие основные правила:

1. шлифование иглофрез осуществлять на режимах, обеспечивающих обработку игл без прижогов, которые снижают их режущие свойства;
2. проводить обработку необходимо на «сухую» или использовать СОТС без жировых составляющих;
3. схема обработки должна препятствовать попаданию отходов шлифования в игольчатый набор, чтобы не вызывать засаливание иглофрез и потерю работоспособности;
4. в конце обработки необходимо осуществлять продолжительный процесс выхаживания, обеспечивающий выравнивание отклоняющихся при шлифовании игл.

Шлифование отдельных и блоков цилиндрических иглофрез осуществляют на универсальных круглошлифовальных станках. Схема шлифования цилиндрических иглофрез набранных на оправку показана на рис.6.

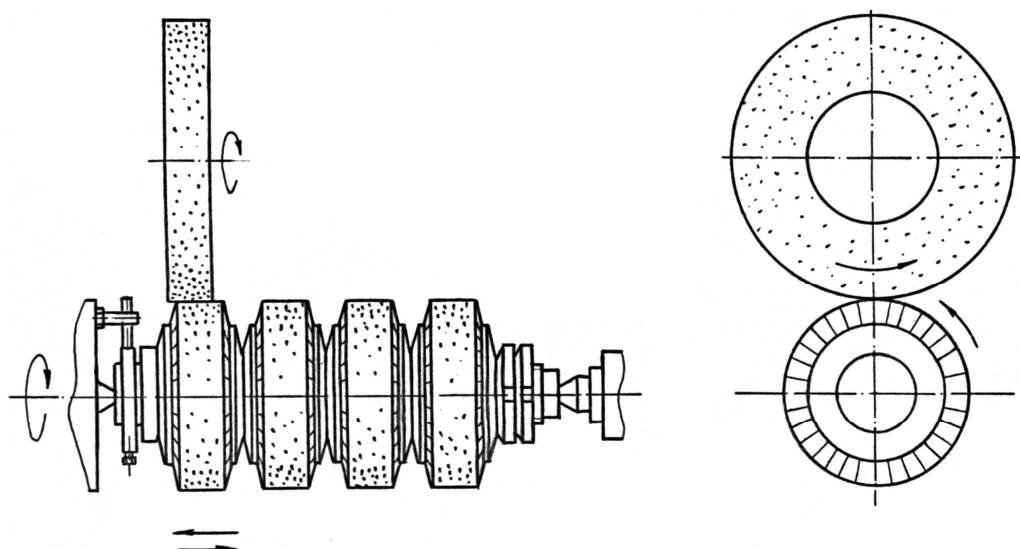


Рис. 6. Схема шлифования цилиндрических иглофрез набранных на оправку

Rys. 6. Schemat szlifowania zestawu walcowych frezów igłowych na oprawce trzpieniowej

Шлифование фасок осуществляется на круглошлифовальных и специальных заточных станках. Примеры схем шлифования фасок на иглофрезах представлены на рис.7.

После операции шлифования иглофрезы отправляют на консервацию, упаковку и отправку потребителю.

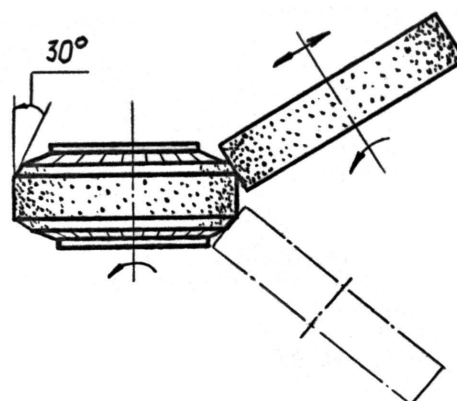


Рис. 7. Схема шлифования фасок на цилиндрических иглофреззах

Rys. 7. Schemat szlifowania fazek na walcowych frezach igłowych

### ВЫВОДЫ

Предложена конструкция приспособления с водоохлаждаемыми полостями, используемого для сварки торца игольчатого набора. Конструкция приспособления предотвращает попадание охлаждающей жидкости (воды) в игольчатый набор и зону сварки, что исключает образование непровара или раковин в месте сварки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Одинцов Л.Г. Седых М.И., Вороненко В.П. Игольфрезы и иглофрезерование / Л.Г. Одинцов, М.И. Седых, В.П. Вороненко – ГУП РМЭ «Типография Правительства Республики Марий Эл», 2009, 304 с.

### TECHNOLOGY ASSEMBLING CYLINDRICAL WIRE BRASH

**Abstract.** In the article consider the technology assembling cylindrical wire brash. Feature consists that the show of the adaptation for welding butt end needles which prevents hit of a cooling liquid (water) in a welding place is presented that prevents formation don't welding, bowls and improves quality of welded connection.

Igor J. JUNIN  
Aleksander N. FEOFANOW  
Uniwersytet Technologiczny STANKIN,  
Moskwa, Rosja

## PROBLEMY REKONFIGUROWANYCH SYSTEMÓW PRODUKCYJNYCH

### К ВОПРОСУ О ПЕРЕКОМПОНУЕМЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ

В работе обоснована необходимость применения перекомпонуемых производственных систем (ППС). Гибкие и способные к изменению производственные единицы, соединенные во временные сети для производства конкретного продукта, будут определять производства будущего.

**Автоматически сменные модули призматической формы – носители и их влияние на компоновку ППС**

К числу основных узлов ППС относятся носители, выполненные в виде полых многогранной призмы. Носитель является автоматически сменным транспортно - технологическим устройством, на боковых гранях корпуса которого базируются и крепятся обрабатываемые изделия.

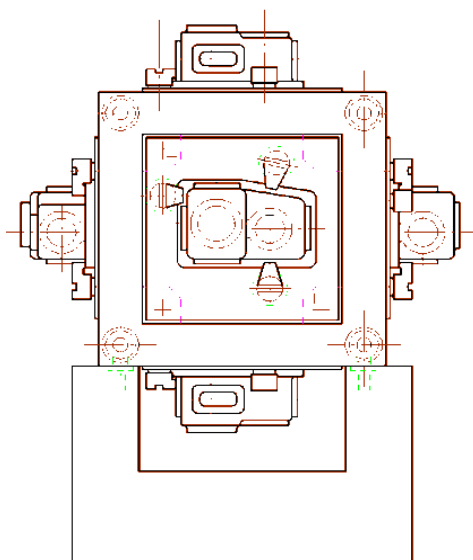


Рис. 1. Автоматически сменный модуль  
Rys. 1. Moduł zmieniany automatycznie

Носитель имеет 6 граней для базирования и закрепления на них заготовок. Расположение деталей на гранях обеспечивает доступность подвода группы инструментов к любой из шести граней. На боковых гранях выполнены базисные отверстия. Реконфигурируемое производство

требует создания производственного пространства. Из носителей автоматически компонуются технологические комплекты рабочих позиций.

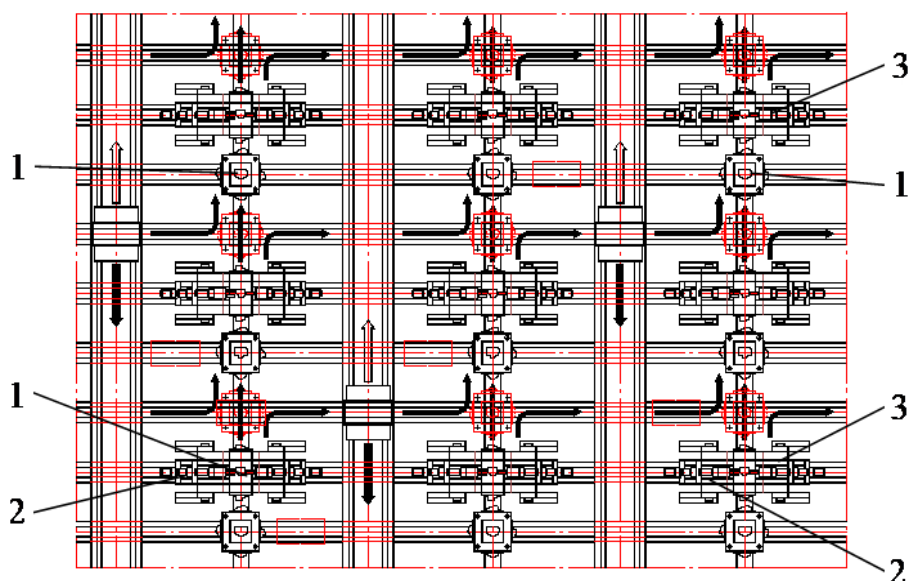


Рис. 2. Схема реконфигурируемого производства на основе ППС  
Rys. 2. Schemat rekonfigurowalnej produkcji na bazie rekonfigurowalnych systemów

Применяя многогранные носители 1, обеспечивается большая точность обработки и повышается жесткость конструкции носителя. Это позволяет в несколько раз сократить количество рабочих позиций по сравнению с традиционными автоматическими линиями и гибкими производственными системами. Переменность компоновки оборудования осуществляется при одновременной многоинструментальной обработки нескольких деталей одного наименования на одной рабочей позиции с применением автоматически сменных узлов 2, 3. Возможность перекомпоновки позволяет рассматривать ППС как динамичную производственную среду, структурно изменяющуюся в зависимости от задач производства.

Со временем в процессе эксплуатации перекомпоновка система стареет, трансформируется со старой базы узлов на новую, меняя свою архитектуру, но сохраняя свою живучесть для выполнения последующих технологических процессов. Происходит многократное увеличения жизненного цикла, превышающего жизненный цикл современного автоматизированного оборудования.

#### PROBLEMS OF RECONFIGURATED PRODUCTION SYSTEMS

**Abstract.** In world practice of development of mechanical engineering scientific researches on creation repacked or otherwise reconfigurable industrial systems, industrial systems of changing configuration and a configuration are widely carried out.

**Igor J. JUNIN****Aleksander N. FEOFANOW**

Uniwersytet Technologiczny STANKIN,

Moskwa, Rosja

**ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОРТАЛА ДЛЯ  
АВИАПЕРЕВОЗЧИКА****UZASADNIENIE POTRZEBY UTWORZENIA PORTALU INFORMATYCZNEGO DLA  
TRANSPORTU LOTNICZEGO**

Авиаперевозчик осуществляет регулярные рейсы в десятки стран мира, в которых у компании имеются представительства. Деятельность авиакомпании предполагает наличие очень многих функциональных направлений. Первое направление связано с формированием маршрутной сети, обеспечением бронирования и продажи билетов. Это самый специфический класс задач, решать которые просто невозможно без серьезной информационной поддержки. Данное направление работы называется коммерческим.

Другое важнейшее направление связано с обеспечением авиаперелетов. Сюда относятся летная деятельность, отправка пассажиров в аэропорту, обеспечение безопасности полетов, управление ремонтами и техобслуживанием воздушных судов, обслуживание пассажиров на борту. Здесь функционирование авиакомпании можно сравнить с работой производственного предприятия. Продукция авиакомпании - отправляемые в соответствии с расписанием пассажирские рейсы. Для отправки рейса необходимо иметь исправное воздушное судно, готовый обученный экипаж, питание для пассажиров на борту и многое другое, необходимое для "производства" рейса. Поэтому данное направление деятельности называется производственным.

Третье направление ассоциировано с финансово-управленческой деятельностью компании. Авиаперевозчик имеет дело со сложными схемами финансовых потоков, взаимодействием с финансово-кредитными учреждениями, и сталкивается с потребностью в адекватной, точной и своевременно получаемой информации для принятия стратегических и оперативных решений - прежде всего со стороны высшего менеджмента.

Все названные особенности подталкивают компанию к созданию информационного портала. Основная задача в области автоматизации - это не внедрение какого-либо продукта автоматизации бизнеса, а создание мощной информационной инфраструктуры.

С помощью информационного портала руководителю в режиме реального времени должна быть доступна производственная информация. Для того, чтобы руководство авиакомпании знало текущие производственные показатели, в информационном портале должна быть указана информация о количестве рейсов за выбранный период для каждого аэропорта и количество перевезенных пассажиров. В информационном портале с помощью графиков будут отображены показатели рентабельности, пассажирооборота в сравнении с анализируемым периодом предыдущего периода. Пользуясь информационным порталом, руководитель всегда будет знать текущее положение дел в компании и может влиять на производственные показатели, путем принятия оперативных управленческих решений. Отдельно необходимо выделить плановые и фактические показатели. Руководителю будут доступны цифры загрузки авиарейсов по разным направлениям полетов (Россия, Европа, Азия) в сравнении с предыдущим периодом.

Исходя из количества пассажиров на определенных направлениях полетов и тенденцию к их изменению, можно оптимально планировать расписание полетов и типы воздушных судов для каждого рейса.

В разделе текущей информации за день будут перечислены все задержанные и отмененные рейсы с указанием номера рейса. С помощью удобной навигации портала для получения детальной информации по рейсам, идущим вне расписания, можно запрашивать информацию о причинах задержки рейса. За заданный период времени причины задержек рейсов будут анализироваться. Данные будут представлены в удобной графической форме, где в процентном составе будут указаны все причины задержек рейсов (плохие метеоусловия и т.д.).

В финансовом блоке доходы от полетов в сравнении с предыдущим периодом необходимо показать в виде графиков, также будут перечислены убыточные и прибыльные рейсы. В информационном портале руководитель может получить аналитику по выделенному рейсу, состоящую из структуры затрат и доходов. Например, увеличение затрат обусловлено увеличением цен на ГСМ. Падение загрузки рейса связано с падением рынка авиаперевозок в связи с кризисом и невыполнением плана продаж авиабилетов. Для убыточного рейса будет показана сумма потери дохода за определенное количество рейсов. В режиме реального времени будут отображаться продажи билетов в городах вылета и прибытия в процентах.

Кроме экономических показателей по деятельности данного авиаперевозчика на информационном портале также необходимо представить ленту новостей по авиационной отрасли и отразить производственные показатели конкурирующих авиакомпаний, которые будут братья из поисковых систем.

Успешное создание и внедрение информационного портала в деятельность авиаперевозчика облегчит задачу руководства компанией и будет способствовать принятию верных стратегических решений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.iemag.ru/interview/> №6 (182), 21 апреля 2008 года Сергей Кирюшин «Аэрофлот»: Подготовить инфраструктуру, руководство и персонал
2. В.М.Окулов, М.И.Полубояринов, Е.П.Курочкин, Н.Ф.Акимова, В.Г.Дубинина Эффективность пассажирских авиаперевозок. – М.: Высшая коммерческая школа «Авиабизнес», 2008

#### REASONS FOR MAKING A WEBSITE FOR AIR TRANSPORT

**Abstract.** W pracy uzasadniono potrzebę utworzenia portalu informacyjnego z infrastrukturą dostosowaną do zbierania bieżących informacji dotyczących lotniczych przewozów pasażerskich. Wskazano również na potrzebę bieżącego przetwarzania tej informacji na uogólnione wskaźniki pozwalające oceniać rentowność, terminowość, wykorzystanie i inne parametry przewozów lotniczych umożliwiające ich analizę i korzystanie w celu doskonalenia działalności.

