

ТЕХНОЛОГИЧНИ ВЪЗМОЖНОСТИ И ПРИЛОЖЕНИЕ НА РОБОТИ ЗА ЗАХРАНВАНЕ НА CNC МАШИНИ

Николай Колев

Технически университет – Габрово, България
Кореспондиращ автор: nikipkolev@abv.bg

TECHNOLOGICAL CAPABILITIES AND APPLICATION OF ROBOTS FOR FEEDING CNC MACHINES

Nikolay Kolev

Technical University of Gabrovo, Bulgaria
** Corresponding author: nikipkolev@abv.bg*

Abstract

Modern industrial automation is key to efficient manufacturing and precise material handling. One of the main components in this process is CNC machines, which are widely used in the metalworking and engineering industries. To optimize their work and improve productivity, robotic stations are used to feed and establish details on these machines. Robots play an essential role in the automation of CNC processes, ensuring consistency, accuracy and high speed of work. The article examines the technological capabilities, advantages and disadvantages of the most commonly used robots in industry. The advantages and disadvantages of six-axis robots for automating complex operations on CNC machines are proven.

Keywords: robots; robotic stations; CNC machines; technological capabilities.

ВЪВЕДЕНИЕ

Автоматизацията е съществена част от съвременната индустриална среда, особено в машиностроенето и металообработването. CNC машините са широко използвани в производството поради тяхната точност и ефективност при обработване на материали. За да се оптимизира процесът, много индустрии интегрират роботизирани станции за установяване на детайли върху тези машини. Тази интеграция намалява времето за престой, минимизира човешките грешки и увеличава производителността.

Съгласно дефиницията на международната федерация по роботика (IFR), роботите са разделени на промишлени работи и сервизни работи, като проми-

шлените представляват 80% от световния пазарен дял на роботите [7].

Промишлените работи се класифицират по следните признаци [2]:

- характер на изпълняваната операция: технологични; спомагателни; универсални;

- степен на специализация: специални; специализирани; многоцелеви;

- област на приложение: монтаж; леярска промишленост; заваряване; нанасяне на покрития; зачистване и шлифование на отливки; транспортни операции; автоматичен контрол; обслужване на CNC машини; сервизни дейности и др;

- основна координатна система на движение: декартова; цилиндрична; сферична; антропоморфна; тип “СКАРА”;

- брой степени на свобода: с 1, 2, 3,, n степени;

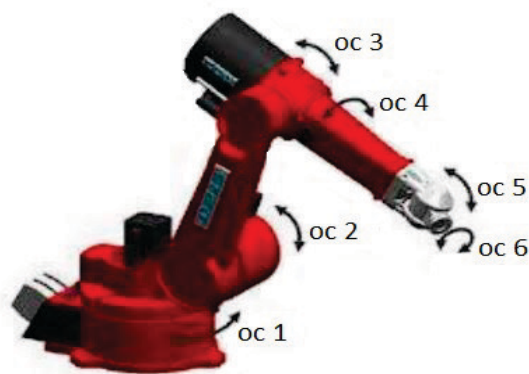
- товароносимост: свръхлеки; леки; средни; тежки; свръхтежки;
- мобилност: мобилни и стационарни;
- тип на задвижване: електромеханично; пневматично; хидравлично; комбинирано;
- тип на управлението: твърдо; адаптивно; автономно; комбинирано.

В статията са анализирани технологичните възможности и областите на приложение на различни видове роботи с акцент върху приложението им за захранване на CNC машини.

ИЗЛОЖЕНИЕ

В промишлеността най-често се използват следните видове роботи: шестосови; цилиндрични; картезиански; Delta (паралелни) и SCARA роботи.

1. Шестосови роботи (фиг. 1).



Фиг. 1 Шестосов робот [16]

Тези роботи са усъвършенствани машини, които предефинират ефективността и прецизността, особено при операциите за вземане и поставяне [9].

Отличават се с най-голяма гъвкавост и многофункционалност сред индустриалните роботи [1].

Шестосовите роботи имат шест степени на свобода, които им позволяват да извършват движения в различни посоки и по сложни траектории. Те разполагат със следните основни оси на движение (фиг. 1) [2]:

- ос 1 (въртене около основата) – роботът

се върти около своята ос, което му позволява да достигне различни точки в работното пространство;

- ос 2 (въртене на рамото) - позволява на робота да извършва вертикални движения, за да достига високи обекти или позиции;

- ос 3 (завъртане на лакътя) - това движение дава възможност за фини манипулации в сложни производствени операции;

- ос 4 (завъртане на предмишницата) - позволява на робота да завърти инструмента или детайла около тяхната дължина;

- ос 5 (ротация на китката) - ръката на робота може да се завърти в различни посоки;

- ос 6 (въртене на захвата на робота) - особено полезна е при манипулация с ротационно-симетрични детайли.

Благодарение на шестте оси на движение, тези роботи могат да изпълняват многообразни задачи и манипулации, които са трудни за изпълнение с други видове роботи (манипулиране с обекти с неправилна форма, заваряване, боядисване, монтаж и захранване на CNC машини). Високата точност на позициониране на детайлите намалява риска от грешки и подобрява качеството на крайните продукти. Многофункционалността на шестосовите роботи позволява използването им за различни манипулации (установяване, изваждане, позициониране на детайли) [3].

Шестосовите роботи имат и някои недостатъци, като [4]:

- високи начални разходи - те са сравнително скъпи за внедряване, особено в сравнение с картезианските роботи;
- сложна интеграция в производствени линии - изисква значителни ресурси за програмиране и настройване;
- необходимост от редовно поддържане за осигуряване на оптимална производителност.

Поради тяхната адаптивност, шестосовите роботи намират приложение в различни области, като:

- автомобилната индустрия за прецизно и бързо сглобяване на сложни детайли;

- електрониката, където деликатното боравене е от първостепенно значение при управление на чувствителни компоненти;

- хранително-вкусовата промишленост при опаковане и обработка, като се гарантират здравните стандарти [9];

- металообработването за подаване и снемане на детайли към и от CNC машини, което гарантира висока точност и повторямост на установяването на детайлите.

Интеграцията на шестосовите роботи с CNC машини изисква внимателно планиране и програмиране. Основните елементи на тази интеграция са:

- софтуер за управление на робота, синхронизиран със софтуера на CNC машината, за осигуряване на непрекъснат работен процес (използват се специални интерфейси, позволяващи комуникация между робота и CNC системата) [5];

- сензори, които позволяват откриване на позицията на детайлите и извършване на необходимите корекции в реално време (особено полезно при работа с детайли с нестандартни размери или форма) [6].

2. Цилиндрични роботи (фиг. 2).



Фиг. 2 Цилиндричен робот [11]

Този тип роботи имат ограничен брой степени на свобода. В основата си имат монтирана въртяща се връзка, която осигурява пълното им завъртане на 360°. Могат да осъществят линейно премества-

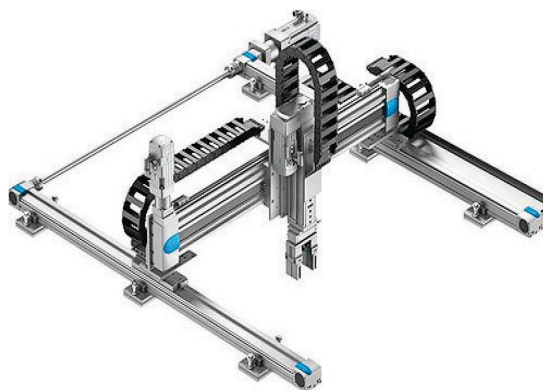
не във височина (ос Z), както и движение на грипера (ръката) напред и назад.

Предимствата на този вид роботи са свързани с възможността да извършват манипулации в затворен цилиндричен обем. Те имат компактна конструкция и могат да се използват за опериране с големи като обем и тегло товари.

Недостатъци на цилиндричните роботи са ограничената им гъвкавост и ниската точност и повторямост на позициониране.

Прилагат се главно за товаро-разтоварни дейности; леярски и ковашко пресови дейности; нанасяне на покрития и др. [10].

3. Картезиански роботи (декартови или портални) (фиг. 3).



Фиг. 3 Картезиански робот [12]

Работното пространство на картезианските роботи е паралелепипед, който има три перпендикулярни оси X, Y и Z.

Като предимства на тези роботи могат да бъдат отбелязани: множество възможности за монтаж (вертикално, хоризонтално или отгоре); висока точност; възможност за покриване на големи пространства според дължината на линейните им оси; голяма товароносимост, благодарение на здравината на тяхната конструкция; възможност да бъдат персонализирани, за да отговарят на конкретни изисквания [11].

Недостатъци на картезианските роботи са: сложно инсталиране и програмиране; движение само по една ос в даден момент; голямо работно пространство.

Картезианските роботи намират приложение при процеси на формоване на пластмаси, 3D печат, сортиране и подреждане на продукцията и др. [10].

4. Delta (паралелни) роботи (фиг. 4).



Фиг. 4 Delta (паралелен) робот [11]

Delta роботът се състои от основа с 3 двигателя, които задвижват ръцете, свързани към нея. Паралелните рамена имат призматични и въртящи се шарнири, специфични за този вид роботи.

Delta роботите осигуряват движение по осите X, Y. Известни са и модифицирани конструкции, даващи възможност за движение по допълнителни оси (въртене и накланяне на грипера).

Те могат да бъдат оборудвани с камери и специален софтуер, което дава възможност за отличаване на добрите от лошите продукти при сортиране.

Към края на рамената могат да бъдат монтирани различни работни механизми. Те обаче оказват отрицателно влияние върху високоскоростната работа на Delta робота поради допълнителната им маса. За да се ограничи подобно влияние, най-широко прилагани са вендузите.

Предимствата на Delta роботите са: висока скорост на работа; голяма точност и повторяемост при позициониране; управление от модерен софтуер, който ги прави ефективни за множество задачи.

Като недостатъци могат да се отбележат: малка товароносимост; ограничена гъвкавост; интензивно износване на ставите на рамената в резултат на високата скорост на работа.

Delta роботите се използват: за автоматизация на конвейерни системи; сортиране, вземане и поставяне на детайли и различни продукти; във фармацевтичната индустрия; за опаковане на храни [10].

5. Скара роботи (фиг. 5)



Фиг. 5 Робот SCARA [10]

Роботите SCARA са роботизирани ръце с няколко стави, които им придават гъвкавост и осигуряват възможност за изпълнение на различни задачи. Конфигурацията им включва контролер, хранене, крайно звено (като захват или специален инструмент) и специализиран софтуер.

Роботът SCARA се отличава от другите индустриални роботи по обхвата на движение, особено в равнината X-Y. Движението в хоризонталната равнина е неограничено във всички посоки при фиксирано положение по ос Z [13].

Предимствата на SCARA роботите са: висока скорост на позициониране, осигурена от въртящите се стави, които държат ръката на място; не заемат голямо пространство, като ръката покрива голяма площ; висока точност на позициониране; голяма товароносимост; не е необходимо допълнително програмиране.

Те обаче функционират само когато са монтирани върху равна повърхност, имат ограничена гъвкавост и изискват специален контролер [14].

6. Колаборативни роботи (фиг. 6)



Фиг. 6 Колаборативен робот [15]

Колаборативните роботи са проектирани, така че да бъдат по-удобни за хората както по отношение на безопасността, така и на работата. Основните им характеристики включват: компактна структура; заоблени ръбове, като някои дори са обвити с пластмаса; сензори за движение към роботизирани ръце, които откриват присъствие на човек в работната зона (сензорите могат да накарат ръката или да се забави, или да спре в зависимост от това колко далеч е препятствието); по-ниски нива на шум спрямо другите роботи [10].

Като недостатък може да се посочи високата им цена [10].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Роботизирани станции за установяване на детайли върху CNC машини, особено тези с шестосови роботи, са ключов елемент в модерната производствена индустрия. Те предлагат висока гъвкавост, прецизност и ефективност, което значително подобрява производствените процеси. Въпреки високите първоначални инвестиции и сложната интеграция, тези системи представляват стратегическа инвестиция, която увеличава производителността и намалява човешките грешки.

Анализът на технологичните възможности, предимствата и недостатъците на разгледаните конструкции роботи показва, че най-удачни за автоматизиране на сложни операции, изпълнявани върху CNC машини, са шестосовите роботи. Изборът на конструкция на шестосов

робот е конкретен, зависи от вида на машината и изисква изследвания за оптимизиране на технологичния процес.

Благодарности: Това изследване е финансирано от Европейския фонд за регионално развитие в рамките на ОП „Научни изследвания, иновации и дигитализация за интелигентна трансформация“ 2021-2027 г., Проект BG16RFPR002-1.014-0005 Център за компетентност „Интелигентни мехатронни, еко- и енергоспестяващи системи и технологии“.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Patel, V., Singh, R. "Precision Robotics for CNC Machining." *Industrial Automation Today*, vol. 25, no. 5, 2020
- [2] James, R., Kumar, S. "Challenges and Opportunities in Robotic CNC Machining." *Robotics & Automation*, vol. 14, no. 3, 2020
- [3] Chan, K. "Cartesian Robots and Their Role in CNC Operations." *Automation & Manufacturing*, vol. 29, no. 2, 2021
- [4] Stewart, B. "Overcoming Challenges in Six-Axis Robotic CNC Integration." *Industrial Robotics Engineering*, vol. 28, no. 2, 2020
- [5] Martin, J. "Software Synchronization in CNC Robotic Systems." *Advanced Automation Systems*, vol. 13, no. 6, 2022
- [6] Liu, Y. "Sensor-Driven Robotics in CNC Automation." *Technology & Robotics*, vol. 30, no. 1, 2023
- [7] <https://bg.linear-rotary.com/info/analysis-of-the-five-major-mechanical-structures-56466965.html>
- [8] <http://ir.bas.bg/esf/docs/25-26-Nov-2013/Presentation-part2.pdf>
- [9] <https://www.evsint.com/bg/the-future-of-pick-and-place-automation/>
- [10] <https://www.evsint.com/bg/types-of-manufacturing-robots/>
- [11] <https://www.evsint.com/bg/top-7-industrial-robots/>
- [12] <https://www.evsint.com/bg/differences-between-cartesian-six-axis-and-scara-robots/>
- [13] <https://standardbots.com/blog/what-is-a-scara-robot-a-brief-introduction>
- [14] <https://www.evsint.com/bg/industrial-robots-types/>
- [15] <https://robotics-bulgaria.com/product/11-kolaborativni-roboti-seriia-hc-na-yaskawa-motoman>
- [16] https://kolegite.com/EE_library/books_and_lectures/Индустриална%20автоматизация/АЕП/02%20_Видове%20роботи%20манипулатори.pdf