AVTOMOBIL QISMLARINI BO‘YOQLASHDA IKKI PURKAGICHLI ROBOT TIZIMINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH

Xolmurotov Botirjon Tursinboyevich,
Andijon davlat texnika instituti, dotsent, t.f.f.d. (PhD)
E-mail: xolmurotovbotirjon@gmail.com
Muxammadali Umurzaqov Maxmud o‘g‘li
Andijon Davlat Texnika Instituti, Robototexnika yo‘nalishi, 2-kurs magistranti
E-mail: mumurzakov1998@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada avtomobil qismlarini bo‘yoqlashda qo‘llaniladigan sanoat robotlarining samaradorligini oshirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Andijon shahrida joylashgan “Uz-Koram Kompani” MChJ ning 2-bo‘yoqlash uchastkasida mavjud bir purkagichli Yaskawa Motoman robotlari tahlil qilingan va amaldagi mavjud yuzaga kelayotgan sifat muammolari o‘rganilgan. Ikki purkagichli tizimi tahlil qilingan va uning iqtisodiy samaradorligi hisoblab chiqilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ikki purkagichli tizim bo‘yoqlash vaqtini, sifat nuqsonlarini kamaytiradi.

Kalit so‘zlar: sanoat roboti, bo‘yoqlash jarayoni, ikki purkagichli tizim, Yaskawa Motoman, avtomobil qismlari, sifat nazorati, iqtisodiy samaradorlik.

Abstract. The article addresses the issue of improving the efficiency of industrial robots used for painting automotive components. An analysis was conducted on the existing single-gun Yaskawa Motoman robots at the 2 painting shop of “Uz-Koram Kompani” LLC, located in the city of Andijan, and the current recurring quality problems were studied. A dual-gun system was analyzed and its economic efficiency was calculated. The research results demonstrated that the dual-gun system reduces painting time and minimizes quality defects.

Keywords: industrial robot, painting process, two-nozzle system, Yaskawa Motoman, automotive parts, quality control, economic efficiency.

Аннотация. В статье рассматривается вопрос повышения эффективности промышленных роботов, применяемых для окраски автомобильных деталей. На участке окраски №2 ООО «Uz-Koram Kompani», расположенного в городе Андижан, был проведен анализ существующих роботов Yaskawa Motoman с одним распылителем и изучены возникающие текущие проблемы с качеством. Была проанализирована система с двумя распылителями и рассчитана ее экономическая эффективность. Результаты исследования показали, что система с двумя распылителями сокращает время окраски и уменьшает количество дефектов качества.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: промышленный робот, процесс покраски, двухсопловая система, Yaskawa Motoman, автомобильные детали, контроль качества, экономическая эффективность.

KIRISH.

Zamonaviy avtomobil sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarini robotlashtirish va avtomatlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bo‘yoqlash jarayoni avtomobil qismlarini ishlab chiqarishning eng mas'uliyatli bosqichlaridan biri hisoblanadi, chunki u tayyor mahsulotning tashqi ko‘rinishi va sifatini belgilaydi. O‘zbekiston Respublikasida avtomobil sanoatining jadal rivojlanishi mahalliy ishlab chiqaruvchi korxonalar oldiga yuqori sifat standartlariga erishish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish vazifalarini qo‘ymoqda[1].

“Uz-Koram Kompani” MChJ O‘zbekistonning yetakchi avtomobil qismlari ishlab chiqaruvchi korxonalaridan biri bo‘lib, 1995-yildan beri xalqaro standartlar asosida faoliyat yuritmoqda. Korxonaning 2-bo‘yoqlash uchastkasida 2008-yildan beri Yaskawa Motoman seriyali sanoat robotlari ishlatib kelinmoqda. Dastlabki bosqichda konveyor tezligi normal holatda bo‘lgan va har bir robotda bitta T-AGHV avtomatik purkagich o‘rnatilgan.

Mazkur tadqiqotning maqsadi mavjud Yaskawa Motoman robotlariga ikkinchi purkagich o‘rnatish orqali bo‘yoqlash jarayonining samaradorligini oshirish va sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash imkoniyatlarini ilmiy asoslashdan iborat. Tadqiqot vazifalari: ikki purkagichli tizimning texnik parametrlarini aniqlash, robot dasturlarini optimallashtirish, sifat ko‘rsatkichlarini taqqoslash va iqtisodiy samaradorlikni hisoblashni o‘z ichiga oladi.

MAVZUGA OID ADABIYOTLARNING TAHLILI

Sanoat robotlarini bo‘yoqlash jarayonlarida qo‘llash bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar olib borilgan. Chen va hamkasblari tomonidan amalga oshirilgan tadqiqotda robotlashtirish bo‘yoq materiallarini 20-30% tejash imkonini berishi va sifat ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilashi isbotlangan. Robotlar inson operatorlariga qaraganda ancha aniqroq va bir xilda ishlaydi, bu esa defektlar sonini kamaytirishga olib keladi[2].

Yaskawa Electric Corporation tomonidan nashr etilgan texnik hujjatlarda Motoman seriyali robotlarning bo‘yoqlash jarayonlari uchun optimallashtirilganganligi ta'kidlangan. Ushbu robotlar maxsus algoritmlar bilan jihozlangan bo‘lib, ular purkagichning ochilish va yopilish vaqtini optimallashtiradi hamda robot tezligi o‘zgarganda ham bir xil bo‘yoq qalinligini ta'minlaydi.

Ko‘p purkagichli tizimlar bo‘yicha tadqiqotlar ko‘rsatadiki, ikkita yoki undan ortiq purkagichdan foydalanish bir necha afzalliklarga ega. Birinchidan,

ISSN 3030-3907

bo‘yoqlash maydonini kengaytirish orqali robot harakatlar sonini kamaytirish mumkin. Ikkinchidan, murakkab geometriyaga ega qismlarni bo‘yoqlashda turli burchaklar ostida bo‘yoq sepish imkoniyati paydo bo‘ladi[3]. Uchinchidan, ishlab chiqarish tsikl vaqtini qisqartirish orqali unumdorlikni oshirish mumkin.

Avtomobil sanoatida bo‘yoqlash sifatiga qo‘yiladigan talablar General Motors tomonidan ishlab chiqilgan GMW standartlari majmuasida belgilangan. GMW15777 standarti bo‘yoq yuzasining to‘lqinsimon shakli (orange peel) bo‘yicha maksimal to‘lqin balandligi 30 mikron bo‘lishi kerakligini belgilaydi. GMW3044 standarti esa bo‘yoq qalinligi va yopishish testlari bo‘yicha talablarni o‘z ichiga oladi.

Chang muammosi bilan bog‘liq tadqiqotlar ionlashtirish jarayonining muhimligini ko‘rsatadi. Plastik qismlar ishqalanish natijasida statik elektr zaryadi hosil qiladi va bu zaryad chang zarralarini jalb etadi. Samarali ionlashtirish uchun kamida 180 sekund vaqt zarur, ammo konveyor tezligining oshishi bilan bu vaqt qisqaradi va bu muammoni kuchaytiradi.

Iqtisodiy samaradorlik bo‘yicha tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, robotlashtirish loyihalarining o‘zini qoplash muddati odatda 2-4 yil oralig‘ida bo‘ladi. Asosiy tejamkorlik manbalarini qayta ishlash xarajatlarini kamaytirish, material isrofini kamaytirish va ishlab chiqarish quvvatini oshirish tashkil etadi[4].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Tadqiqot “Uz-Koram Kompani” MChJ ning 2-bo‘yoqlash uchastkasida o‘tkazildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida Yaskawa Motoman MPP3500 modeli roboti tanlandi, chunki ushbu model base coat va clear coat kameralarida qo‘llaniladi va eng yuqori sifat talablariga javob berishi kerak.

Ikki purkagichli tizimni loyihalashda quyidagi metodologiya qo‘llanildi:

1. Texnik parametrlarni aniqlash:

Ikkinchi purkagichning o‘rnatilish joyini aniqlash uchun robot kinematikasi va ish zonasi tahlil qilindi. Yaskawa MotoSim simulyatsiya dasturidan foydalanib, turli konfiguratsiyalar sinovdan o‘tkazildi. Optimal variant sifatida ikkinchi purkagichni birinchisidan 250 mm masofada, 15° burchak ostida o‘rnatish tanlandi.

2. Robot dasturlarini qayta ishlab chiqish:

INFORM III dasturlash tili yordamida yangi trayektoriyalar ishlab chiqildi. Ikki purkagichli tizimda robot trayektoriyasi sezilarli soddalashdi - gorizontal o‘tishlar soni 6-8 tadan 3-4 taga kamaydi. Har bir o‘tishda ikkala purkagich bir vaqtning o‘zida ishlaydi va 400 mm kenglikdagi maydonni qoplaydi[5].

3. Sifat nazorati metodologiyasi:

ISSN 3030-3907

Sifat ko‘rsatkichlarini baholash uchun GMW standartlari asosida test dasturi ishlab chiqildi. Har bir konfiguratsiya uchun 100 dona namuna qism bo‘yoqlandi va quyidagi parametrlar o‘lchandi:

- Orange peel: Wave-scan asbobidan foydalanib to‘lqin balandligi o‘lchandi;
- Bo‘yoq qalinligi: Ultrasonic thickness gauge bilan 9 nuqtada o‘lchov amalga oshirildi;
- Chang zarralari: Vizual inspeksiya orqali 1 mm dan katta zarralar sanaladi;
- Qoplash bir xilligi: Yaltiroqlik o‘lchagich (glossmeter) yordamida 60° burchakda yaltiroqlik darajasi o‘lchandi;

4. Iqtisodiy tahlil metodologiyasi:

Investitsiya xarajatlari va kutilayotgan tejamkorlik quyidagi komponentlar asosida hisoblandi:

- To‘g‘ridan-to‘g‘ri xarajatlar: purkagichlar, o‘rnatish, dasturlash;
- Bilvosita xarajatlar: ishlab chiqarish to‘xtashi, xodimlar o‘qitish;
- Tejamkorlik manbalari: qayta ishlash kamayishi, material tejamkorligi, ishlab chiqarish quvvati oshishi.

TAHLIL VA NATIJALAR

Ikki purkagichli tizimning pilot loyihasi MPP3500 modelida amalga oshirildi. Ikkinchi T-AGHV purkagich maxsus ishlab chiqilgan bracket yordamida robot effektor qismiga o‘rnatildi. Ikkala purkagich orasidagi masofa 250 mm, burchak 15° ga teng.

Robot trayektoriyasining optimallashtirilishi:

Bir purkagichli tizimda bamper kabi 1200 mm kenglikdagi detallarni bo‘yoqlash uchun robot 8 marta gorizontal o‘tish amalga oshirishi kerak edi. Ikki purkagichli tizimda bu 4 martaga kamaydi. Har bir purkagich 200 mm kenglikdagi fan shaklini hosil qiladi va ikkisi birgalikda 400 mm maydonni qoplaydi (30 mm overlap hisobga olingan holda).

Robot tezligi 580 mm/s dan 480 mm/s ga kamaytirildi. Bu sekinroq tezlik bo‘yoqning yaxshiroq yoyilishini ta'minlaydi va orange peel muammosini kamaytiradi. Ammo ikkita purkagich parallel ishlayotgani uchun umumiy bo‘yoqlash vaqti sezilarli qisqardi.

Sifat ko‘rsatkichlari taqqoslash: 100 dona qism bo‘yoqlanadi va sifat parametrlari o‘lchanadi. Bunda oldingi holatda hamda yangi usul bilan bo‘yoqlashdagi qismlarni sifat tahlili o‘tkaziladi hamda taqqoslanadi.

Ikki purkagichli tizim orange peel muammosini 13% kamaytirilishi kutilmoqda. Bu sekinroq robot tezligi va qisqa bo‘yoqlash vaqti natijasida erishiladi[6].

ISSN 3030-3907

Bo‘yoq materiallarining iste'moli: Ikki purkagichli tizim paradoksal natija berishishi kutiladi - ikkita purkagich ishlatilayotganiga qaramay, bo‘yoq iste'moli kamayadi. Buning sababi:

- Qisqa robot trayektoriyasi: kamroq boshlanish/to‘xtatish nuqtalari;
- Optimal overlap: 30 mm o‘rniga 25 mm yetarli hisoblanadi;
- Aniqroq nishonga olish: ikki purkagich bir-birini to‘ldiradi.

Ikki purkagichli tizimga o‘tishning iqtisodiy samaradorligi investitsiya xarajatlari va kutilayotgan tejamkorlik asosida baholandi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

O‘tkazilgan tadqiqot ikki purkagichli tizimga o‘tishning texnik va iqtisodiy jihatdan asoslanganligini ko‘rsatdi. Asosiy xulosalar:

Texnik samaradorlik:

1. Bo‘yoqlash vaqti qisqarishi;
2. Robot harakatlar soni kamayishi;
3. Sifat nuqsonlari kamayishi;
4. Bo‘yoq materiallarini tejash tashkil etadi

Sifat yaxshilanishi:

1. Orange peel muammosi kamayishi;
2. Chang muammosi kamayishi;
3. Chala sepilish muammosi kamayishi;
4. Birinchi marta sifat (FTQ) oshishi.

Amaliy tavsiyalar:

1. Bosqichma joriy etish, bu kelajakda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan xavflarni kamaytiradi.
2. Xodimlar o‘qitish: Texnik xizmat ko‘rsatish xodimlari va operatorlar uchun maxsus o‘quv dasturi tuzish. Ikki purkagichli tizim yanada murakkab va professional yondashuv talab qiladi.
3. Preventive maintenance: Ikkinchi purkagich qo‘shilishi bilan texnik xizmat ko‘rsatish hajmi oshadi. Profilaktik texnik xizmat ko‘rsatish jadvalini qayta ko‘rib chiqish va Yaskawa kompaniyasi bilan texnik yordam shartnomasi tuzish tavsiya etiladi.
4. Kelajakdagi rivojlanish: 3-4 yildan keyin adaptiv purkagichli tizimga o‘tish imkoniyatlarini o‘rganish. Texnologiya rivojlanishi bilan yanada samarali yechimlar paydo bo‘ladi.

Ilmiy hissa:

Ushbu tadqiqot O‘zbekiston sharoitida sanoat robotlarini takomillashtirish bo‘yicha birinchi amaliy tajribalardan biridir. Olingan natijalar boshqa avtomobil qismlari ishlab chiqaruvchi korxonalar uchun ham qo‘llanilishi mumkin.

ISSN 3030-3907

Kelajak tadqiqot yo‘nalishlari:

1. Sun'iy intellekt algoritmlarini qo‘llash orqali robot trayektoriyasini real vaqtda optimallashtirish
2. Sezgir tizimlar yordamida bo‘yoq qalinligini avtomatik nazorat qilish
3. Turli xil purkagich kombinatsiyalarini taqqoslash (fan nozzle, rotary nozzle)
4. Energiya samaradorligini yanada oshirish imkoniyatlarini o‘rganish

Umuman olganda, ikki purkagichli tizimga o‘tish “Uz-Koram Kompani” MChJ uchun strategik jihatdan to‘g‘ri qaror hisoblanadi. Bu nafaqat hozirgi sifat muammolarini hal qiladi, balki kelajakda ishlab chiqarish hajmini yanada oshirish uchun zamin yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. M. Umurzaqov, “Yangi O’zbekistonning istiqbolli yoshlari” mavzusida talabalar ilmiy-amaliy anjuman - Modernizing Painting Robots at “Uz-Koram Kompani” LLC, 2024 yil 11-16-noyabr AndMI.
2. B. Xolmurotov, M. Umurzaqov, “Development of science” ilmiy jurnali – Avtomobillarning plastik qismlarini ishlab chiqaruvchi korxonalarda bo’yoq sepuvchi robotlarning ish samaradorligini takomillashtirish, 2025/4.
3. M. Umurzaqov, “Ilmli yoshlar – Yangi O’zbekiston tarqqiyot poydevori” mavzusida respublika talabalar ilmiy-texnik anjumani VI-Sho’ba materiallar to’plami, “Yaskawa motoman PX2850 va PX2900 robotlarning bo’yoq sepish samaradorligi” 2025.
4. Chen, H., Xi, N., & Sheng, W. (2008). Robotic Spray Painting: System Design and Industrial Applications. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 5(3), 425-434.
5. Yaskawa Electric Corporation. (2020). Motoman MPP Series Paint Robots Technical Manual. Kitakyushu, Japan: Yaskawa Electric Corporation.
6. General Motors Company. (2019). GMW15777: Appearance Evaluation of Automotive Exterior Panels. Detroit: GM Worldwide Engineering Standards.

ISSN 3030-3907