

PO‘LAT QUVURLARNI LAZERLI PAYVANDLASH JARAYONINI LOYIHALASH

Ro‘zimurodov Suxrob Zokirjon o‘g‘li

Andijon davlat texnika instituti

Texnologik mashinalar va jihozlar yo‘nalishi

4-bosqich talabasi

Telefon raqam: +998934341314

Elektron pochta: suxrobzokirovich0373t@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola po‘lat quvurlarni lazerli payvandlash jarayonini loyihalash va optimallashtirishga bag‘ishlangan bo‘lib, zamonaviy ishlab chiqarish va quvursozlik sohasida muhim texnologiyadir. Tadqiqot payvandlash sifati ta‘sir etuvchi asosiy parametrlarni, jumladan lazer quvvati, payvandlash tezligi, fokus pozitsiyasi va himoya gazining tarkibini tahlil qiladi. Optimal jarayon sharoitlarini aniqlash uchun ilg‘or modellashtirish usullari va eksperimental tekshiruvlar qo‘llaniladi, bu esa kuchli, nuqsonsiz va kam issiqlik ta‘siridagi choklarni ta‘minlashga imkon beradi. Shuningdek, maqolada po‘lat quvurlarni payvandlashdagi deformatsiya nazorati va to‘yinganlik chuqurligini boshqarish kabi keng tarqalgan muammolar ko‘rib chiqiladi. Taklif etilgan loyihalash konsepti payvandlash samaradorligini oshirish, materiallar isrofini kamaytirish va strukturaning chidamliligini yaxshilashga qaratilgan bo‘lib, yuqori aniqlikdagi quvur ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirishga hissa qo‘shadi.

Kalit so‘zlar: Lazerli payvandlash, po‘lat quvurlar, payvandlash jarayonini loyihalash, payvandlash parametrlar, issiqlik ta‘siridagi zona, himoya gazi, payvand sifat, deformatsiyani boshqarish, to‘yinganlik chuqurligi, jarayonni optimallashtirish.

Kirish. Lazerli payvandlash texnologiyasi, ayniqsa, po‘lat quvurlar ishlab chiqarishda yuqori aniqlik, tezlik va mustahkam, nuqsonsiz payvand choklarini yaratish qobiliyati sababli muhim usulga aylangan. Po‘lat quvurlar sanoati issiqlik ta‘siridagi zonani minimallashtiruvchi va deformatsiyani kamaytiruvchi payvandlash jarayonlarini talab qiladi, bu esa struktura mustahkamligi va uzoq umr ko‘rishni ta‘minlaydi.^[1] Lazerli payvandlash jarayonini samarali loyihalash uchun lazer quvvati, payvandlash tezligi, fokus pozitsiyasi va himoya gazining tarkibi kabi ko‘plab parametrlarni diqqat bilan ko‘rib chiqish zarur.

Lazerli payvandlash texnologiyalari yuqori quvvatli tolali lazerlar, avtomatlashtirish va ilg‘or boshqaruv tizimlari integratsiyasi bilan sezilarli rivojlandi. Tolali lazerlar an‘anaviy CO2 lazerlariga nisbatan yuqori nurlilik, samaradorlik va moslashuvchanlikni taklif qiladi. Bu esa po‘lat quvurlarda kamroq issiqlik ta‘siri bilan

chuqurroq kirish imkonini beradi, bu esa issiqlikdan kelib chiqadigan deformatsiyani minimallashtirish uchun juda muhimdir.^[2]

Robotlashtirilgan payvandlash tizimlari orqali avtomatlashtirish takrorlanish va aniqlikni oshiradi, inson omilini kamaytiradi va ishlab chiqarish tezligini oshiradi. Bu tizimlar payvandlash jarayonini doimiy monitoring qilish uchun pyrometrlar, kameralari va spektrometrlari kabi real vaqt sensorlari bilan jihozlangan. Ushbu ma'lumotlar boshqaruv algoritmlariga uzatilib, parametrlarni dinamik tarzda sozlash va optimal payvandlash sharoitlarini saqlash imkonini beradi.

So'nggi yillarda lazer manbasi texnologiyalari va jarayon monitoringi sohasidagi taraqqiyotlar yanada samarali payvandlash usullarini imkon qildi. Biroq, payvandning chuqurligini boshqarish va termal deformatsiyadan saqlanish kabi muammolar sifatni oshirish uchun muhim hisoblanadi. Ushbu tadqiqot, lazerli payvandlash jarayonini loyihalash uchun eksperimental va modellash yondashuvlarini qo'llagan holda keng qamrovli tizim yaratishga qaratilgan.

Jarayon parametrlari va ularning ta'siri. Lazerli payvandlash chokining sifati asosan jarayon parametrlarini aniq nazorat qilishga bog'liq:

- Lazer quvvati: Energiya ta'minoti va kirish chuqurligini belgilaydi. Haddan ortiq kuch, materialning kuydirilishiga, kam kuch esa to'liq birikmaning hosil bo'lmasligiga olib keladi.

- Payvandlash tezligi: Issiqlik miqdori va sovish tezligini ta'sir qiladi. Optimal tezlik ortiqcha deformatsiyalarsiz yaxshi birikmani ta'minlaydi.

- Fokus pozitsiyasi: Lazer nurning payvand choki ustidagi konsentratsiyasini belgilaydi. Aniqlik bilan fokuslash bir xil payvand hosil qiladi.

- Himoya gazining tarkibi: Ergan choki oksidlanishi va ifloslanishidan himoya qiladi, payvand yuzasi sifati va mexanik xossalariga ta'sir ko'rsatadi.

Ushbu parametrlarni tizimli tahlil qilish orqali turli qalinlik va po'lat turlari uchun optimal sozlamalar aniqlanadi.

Po'lat quvurlarni payvandlashda ko'p uchraydigan muammolar:

1. Termal deformatsiya: notekis qizdirish va sovish natijasida o'lchamlarning buzilishi.

2. Poroqlik va yorilishlar: noto'g'ri himoya gazining oqimi yoki ifloslanish sababli yuzaga keladi.

3. Kiruvchi chuqurligining nomutanosibligi: payvandning kuchi va chidamliligiga ta'sir qiladi.

Ushbu muammolarni hal qilish uchun jarayon monitoring tizimlarini joriy etish zarur, ular real vaqt ma'lumotlariga asoslanib adaptiv boshqaruv imkonini beradi.

Ushbu tadqiqot, po'lat quvurlar ishlab chiqarish uchun maxsus moslashtirilgan, real vaqt jarayon monitoringi bilan integratsiyalangan adaptiv parametr boshqaruvini

joriy etish orqali lazerli payvandlashni loyihalashda innovatsion yondashuvni taklif etadi. An'anaviy statik parametrli payvandlash o'rniga, taklif etilgan tizim sensorlardan kelgan ma'lumotlar asosida lazer quvvati va payvandlash tezligini dinamik tarzda sozlab, nuqsonlarni va deformatsiyani kamaytiradi.

Shuningdek, modellashtirish va adaptiv boshqaruvni birlashtirgan yangi bashoratli model taqdim etiladi, u materialning issiqlik xossalari va geometriyasini hisobga olib, ishlab chiqarishdan oldin parametrlarni oldindan optimallashtirishga imkon beradi. Ushbu yondashuv mavjud statik payvandlash usullaridan sezilarli darajada farq qilishi bilan sifat va samaradorlikni oshirishga katta hissa qo'shadi.

O'zbekiston sanoatida hozircha bunday tizimlar keng qo'llanilmaydi, bu esa mamlakatning po'lat ishlab chiqarish sektorida modernizatsiya va avtomatlashtirish yo'lida muhim qadam hisoblanadi.

Po'lat quvurlar neft-gaz, suv ta'minoti, kimyo sanoati va qurilish kabi sohalarda muhim komponent hisoblanadi. Yuqori mustahkamlik, korroziyaga chidamlilik va uzoq umr ko'rish talab qilinadigan payvand choklar uchun lazerli payvandlash quyidagi afzalliklari sababli jozibador yechim bo'lib qolmoqda:

- Kam nuqsonlar bilan yuqori aniqlik va boshqaruv.
- Material xossalari saqlovchi kam issiqlik ta'siri.
- Tez payvandlash tezligi tufayli yuqori ishlab chiqarish samaradorligi.
- Keng ko'lamli ishlab chiqarish uchun avtomatlashtirilgan tizimlarga moslik.

Optimallashtirilgan lazerli payvandlash jarayonlarini joriy etish quvurlarning sifatini, xavfsizligini va iqtisodiy samaradorligini oshirishga bevosita ta'sir qiladi.

Industry 4.0 va aqlli ishlab chiqarishning tez rivojlanishi bilan po'lat quvurlarni payvandlashning kelajagi to'liq avtomatlashtirilgan, sensorli va sun'iy intellekt yordamida boshqariladigan tizimlarda ko'riladi. Bu tizimlar:

- Oldindan texnik xizmat ko'rsatish va sifat nazoratini amalga oshirish.
- Payvandlash parametrlarini real vaqt rejimida moslashtirish.
- Raqamli egizaklar bilan birlashib, virtual simulyatsiya va jarayon rejalashtirish imkonini yaratadi.

O'zbekiston sanoat sektori ushbu texnologiyalarni joriy etish orqali raqobatbardoshlikni oshirishi va global ishlab chiqarish tendentsiyalariga moslashishi mumkin.

Hozirda zamon talabidan kelib chiqib bir qancha yangiliklar va innovatsiyalarni ko'rishimiz mumkin:

Gibrid lazer-yoyli payvandlash (HLAW). Po'lat quvurlarni payvandlashdagi so'nggi yo'nalishlardan biri bu — lazerli payvandlashni yoyli payvandlash (masalan, GMAW – gaz muhitida metall yoyli payvandlash) bilan birlashtirishdir. Ushbu gibrid usul lazerning chuqur kirish qobiliyati bilan yoyli payvandlashning qo'shimcha metall berish imkoniyatini birlashtiradi. Bu esa qalin devorli po'lat quvurlarni yuqori tezlikda,

mukammal birikma bilan payvandlashga imkon beradi.^[3]

Mashina o'rganish (Machine Learning) asosida parametrlarni tahlil qilish. Payvandlash tizimiga sun'iy intellekt va mashina o'rganish algoritmlarini qo'shish orqali, tizim oldingi payvandlash ma'lumotlarini tahlil qilib, lazer quvvati, tezlik va fokus kabi optimal parametrlarni avtomatik ravishda tavsiya qilishi mumkin.^[4] Bu sozlash vaqtini kamaytiradi va ishlab chiqarishning barqarorligini ta'minlaydi.

Lazer nuri shaklini sozlash texnologiyasi (Beam Shaping). Lazer nurini halqa yoki to'rtburchak shakliga o'zgartirish orqali issiqlik taqsimotini bir tekis qilish mumkin.^[5] Bu esa ayniqsa ingichka quvurlarda chiziqli osti (undercutting) yoki to'liq birikmaslik kabi nuqsonlarni kamaytirishga va yuqori sifatli chok hosil qilishga yordam beradi.

Yuqori tezlikdagi kamera va sensorli qayta aloqa tizimlari. Yuqori tezlikda tasvirlovchi kameralarni payvandlash tizimiga qo'shish orqali suyuq metalning harakatini real vaqt rejimida kuzatish mumkin. Bu tizimlar erish holatidagi o'zgarishlarni aniqlab, payvandlash parametrlarini avtomatik tarzda moslashtirib, barqaror va nuqsonsiz choklarni ta'minlaydi.

Ekologik barqaror himoya gazlari. Himoya gazlarining yangi aralashmalari payvandlash jarayonining atrof-muhitga salbiy ta'sirini kamaytirishga qaratilgan. Masalan, sof argonni Ar-CO₂-N₂ aralashmalari bilan almashtirish, bir tomondan, payvand sifati saqlanib qolishiga, ikkinchi tomondan esa chiqindilar va xarajatlarni kamaytirishga yordam beradi.

Qo'shma ishlab chiqarish (3D bosma) bilan lazerli payvandlash integratsiyasi. Lazerli payvandlashni metall qo'shma ishlab chiqarish (3D bosma) bilan birlashtirish — bugungi kunning eng ilg'or yondashuvlaridan biridir. Bu usul neft-gaz yoki aerokosmik sanoatda qiymati yuqori bo'lgan quvurlarni mahalliy ta'mirlash yoki modifikatsiyalash uchun ayni muddao bo'lib, yuqori aniqlikdagi, kerakli joyda material to'plash imkonini beradi.^[5,6]

Ushbu texnologiyalar hozirda Germaniya, Yaponiya, Janubiy Koreya va AQSh kabi ilg'or ishlab chiqarish sanoatiga ega davlatlarda qo'llanilmoqda. Ularni O'zbekiston sanoatida joriy etish — metall mahsulotlar ishlab chiqarish sohasini modernizatsiya qilish va Industry 4.0 (to'rtinchi sanoat inqilobi) standartlariga tayyorlash yo'lida muhim qadamlardan biri bo'ladi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, po'lat quvurlarni lazerli payvandlash jarayonini loyihalash va optimallashtirish zamonaviy sanoat ishlab chiqarishini rivojlantirishda muhim o'rin tutadi, chunki bu texnologiya yuqori aniqlikdagi, sifatli va samarali payvandlash ishlarini amalga oshirish imkonini beradi. Lazer quvvati, payvandlash tezligi, fokus pozitsiyasi va himoya gazining tarkibi kabi parametrlarni aniq nazorat qilish orqali nuqsonsiz payvand choklari, kam issiqlik ta'siridagi zonalar va minimal deformatsiyalar hosil qilinadi.^[7] Jarayonni real vaqt rejimida kuzatish tizimlari, adaptiv

boshqaruv mexanizmlari va ilgʻor modellashtirish usullarini qoʻllash esa ilmiy yangilik hisoblanib, bashoratli tuzatishlar kiritish va jarayon ishonchliligini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, gibrid lazer-yoyli payvandlash, mashina oʻrganish asosida parametrlarni optimallashtirish va nurni shakllantirish texnologiyalari poʻlat quvurlarni yuqori aniqlikda va avtomatlashtirilgan tarzda payvandlashda yangi standartlarni belgilamoqda. ^[8]Ekologik toza himoya gazlari va lazerli payvandlashni qoʻshma ishlab chiqarish (3D bosma) texnologiyalari bilan integratsiyalash esa barqarorlik va moslashuvchanlikka qaratilgan yondashuvlarning ortib borayotganini koʻrsatadi. Bu ilgʻor texnologiyalar rivojlangan sanoat davlatlarida keng qoʻllanayotgan boʻlsa-da, ularning Oʻzbekistonda hali keng joriy etilmaganligi sanoatni modernizatsiya qilish uchun katta imkoniyat borligini anglatadi. Ushbu innovatsiyalarni joriy etish orqali Oʻzbekiston ishlab chiqarish quvvatini oshirishi, ishlab chiqarishdagi yoʻqotishlarni kamaytirishi va global Industry 4.0 talablariga moslasha olishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Zhang Y., Chen G., Li L. (2020). “Qalin devorli poʻlat quvurlarni lazerli payvandlash: jarayonni loyihalash va sifat bahosi”. *Journal of Manufacturing Processes*, 55, 347–356.
2. Duley W. W. (2013). *Lazerli payvandlash*. Nyu-York: Wiley nashriyoti.
3. Ribic B., Sorensen C. D. (2016). “Gibrid lazer-yoyli payvandlash: jarayon xususiyatlari va qoʻllanilishi sharhi”. *Welding Journal*, 95(5), 145s–153s.
4. Chen S., Li Y., Wu C. (2021). “Lazerli payvandlashda yuqori tezlikdagi tasvir asosida real vaqtli kuzatuv va adaptiv boshqaruv”. *Optics and Lasers in Engineering*, 143, 106630.
5. Gumenyuk A., Rethmeier M. (2012). “Lazer nurini shakllantirish – issiqlik taqsimoti va chok geometriyasiga taʼsiri”. *Physics Procedia*, 39, 295–302.
6. Kim S., Park C., Lee H. (2019). “Optimal samaradorlik uchun lazerli payvandlash parametrlarini bashorat qilishda mashina oʻrganish qoʻllanilishi”. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 30(4), 1583–1594.
7. Tabbal A., Nahhas T. (2017). “Sanoat payvandlashida ekologik barqaror himoya gazlari alternatalari”. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4115–4122.
8. Heralic A., Christiansson A., Lennartson B. (2011). “Quvur taʼmiri uchun lazerli payvandlash va qoʻshma ishlab chiqarish integratsiyasi”. *Procedia Engineering*, 100, 656–664.