



LAZER BILAN PAYVANDLASH

Razoqberdiyev Murodxon To'laganovich

Bo'stonliq tuman 1-son texnikumi ishlab chiqarish ta'lim ustasi

Annotatsiya: Mazkur maqolada lazer bilan payvandlash texnologiyasining nazariy asoslari, fizik mohiyati, texnologik xususiyatlari va zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlaridagi ahamiyati yoritilgan. Lazer nurlanishining material yuzasiga ta'siri, issiqlik energiyasining mahalliy to'planishi, metallning erishi va payvand chokining shakllanish mexanizmlari tahlil qilingan. Lazerli payvandlashning issiqlik o'tkazuvchanlik va chuqur kirib borish rejimlari, lazer manbalari, jarayon parametrlarining birikma sifatiga ta'siri hamda turli materiallarni biriktirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan. An'anaviy usullar bilan qiyoslash orqali uning aniqlik, unumdorlik, kichik issiqlik ta'sir zonasi va avtomatlashtirishga moslashuvchanlik jihatlari ochib berilgan. Uskuna qiymati, birikma tayyorlash aniqligi, ayrim metallarning nurni qaytarishi va xavfsizlik talablari ham muhokama qilingan.

Kalit so'zlar: lazer, payvandlash, metall, nurlanish, issiqlik, payvand choki, avtomatlashtirish, sifat, sanoat.

Zamonaviy sanoat ishlab chiqarishida metall va metall qotishmalaridan tayyorlangan detallarni mustahkam, ishonchli hamda yuqori aniqlikda biriktirish muhim texnologik vazifalardan biridir. Mashinasozlik, avtomobilsozlik, aviatsiya, energetika, elektronika va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida mahsulotlarning konstruktiv mustahkamligi, uzoq muddat xizmat qilishi hamda o'lcham aniqligi ko'p jihatdan payvandlash jarayonining to'g'ri tashkil etilishiga bog'liq. An'anaviy payvandlash usullari sanoatda keng qo'llanilsa-da, ishlab chiqarish jarayonlarining jadallashuvi, materiallardan samarali foydalanish, murakkab shaklli detallarni biriktirish va issiqlik deformatsiyalarini kamaytirish zarurati yangi texnologik yechimlarni talab qilmoqda. Shunday yechimlardan biri lazer bilan payvandlash bo'lib, unda yuqori energiya zichligiga ega lazer nuri biriktiriladigan materialning belgilangan qismiga yo'naltiriladi. Energiya kichik maydonda jamlangani sababli materialning kerakli qismi qiziydi, eriydi va sovish davomida mustahkam birikma hosil qiladi. Texnologiyaning rivojlanishi ishlab chiqarishda aniqlik, takrorlanuvchanlik va avtomatlashtirish darajasini oshirish bilan chambarchas bog'liq.

Lazerli payvandlashni o'rganish uning ishlash prinsipini tushunish bilangina cheklanmaydi. Materiallarning fizik-mexanik xususiyatlari, issiqlik almashinuvi, metallurgik o'zgarishlar va texnologik parametrlar o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash ham muhimdir. Lazer quvvati, nur diametri, fokus holati, harakat tezligi, himoya gazining turi va sarfi, material yuzasining holati hamda biriktiriladigan qismlar



orasidagi tirqish chok sifatiga ta'sir ko'rsatadi. Parametrlar noto'g'ri tanlansa, g'ovaklik, yoriqlar, yetarli erimaslik yoki geometrik nuqsonlar paydo bo'lishi mumkin.

Lazer bilan payvandlashning fizik mohiyati va ishlash prinsipi. Lazer bilan payvandlash — fokuslangan lazer nurlanishi yordamida materiallarni mahalliy eritish va hosil bo'lgan suyuq metallning sovib qotishi natijasida biriktirish usulidir. Lazer qurilmasida faol muhit, energiya bilan ta'minlash tizimi va optik rezonator yordamida muayyan xususiyatlarga ega nurlanish hosil qilinadi. Nurlanish optik tolalar, ko'zgular va linzalar orqali ishlov beriladigan hududga yo'naltiriladi. Fokuslangan nuqtada energiya zichligi ortadi, material yuzasi esa lazer energiyasining ma'lum qismini yutadi. Yutilgan energiya issiqlikka aylanib, metall haroratini oshiradi. Erish haroratiga yetganda payvand vannasi yuzaga keladi. Nur birikma chizig'i bo'ylab harakatlanganda suyuq metall ortda sovib, kristallanadi va metallurgik bog'lanish hosil qiladi. Jarayon samaradorligi to'lqin uzunligi, quvvat, fokuslanish darajasi, materialning optik xususiyatlari va issiqlik o'tkazuvchanligiga bog'liq.

Lazerli payvandlashning muhim xususiyati issiqlikni juda kichik hududga jamlashidir. Bu ortiqcha qizishni cheklash, issiqlik ta'sir zonasini kamaytirish va geometrik aniqlikni saqlashga yordam beradi. Biroq yuqori energiya zichligi jarayonni sezgir ham qiladi: quvvat yoki harakat tezligidagi o'zgarishlar erish chuqurligi va chok geometriyasiga ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli materialning qalinligi, kimyoviy tarkibi, issiqlik o'tkazuvchanligi, sirt holati va birikma turi oldindan baholanadi. To'g'ri rejimda tor va chuqur chok olinishi mumkin, noto'g'ri rejimda esa erimaslik, ortiqcha bug'lanish yoki g'ovaklik kuzatiladi.

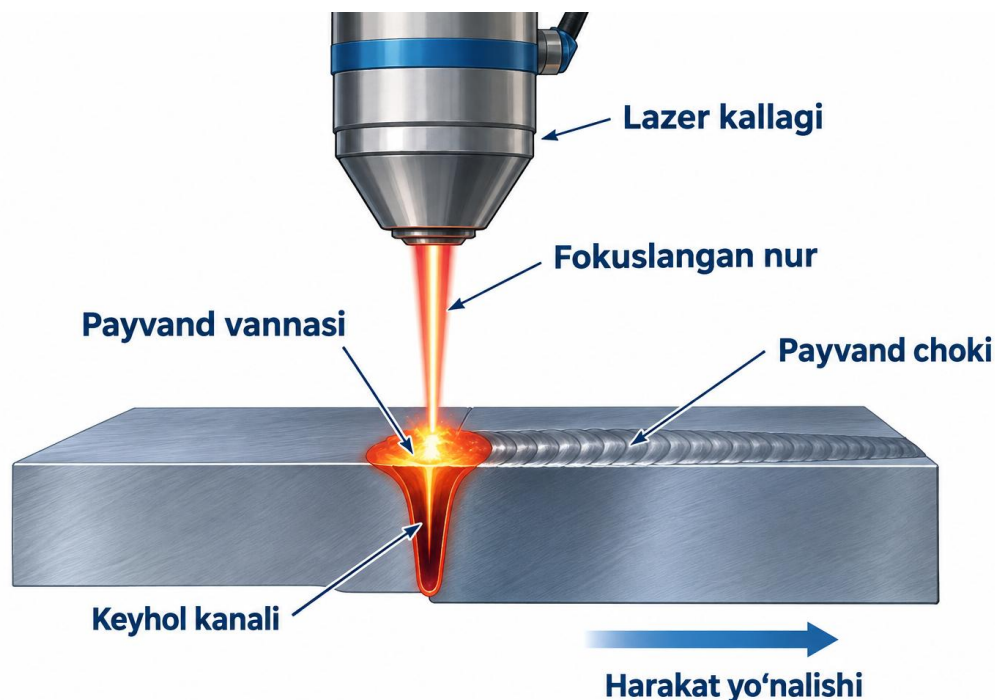
Lazer bilan payvandlashning asosiy turlari. Jarayonning asosiy rejimlari issiqlik o'tkazuvchanlik va chuqur kirib borish rejimlaridir. Issiqlik o'tkazuvchanlik rejimida lazer metall yuzasini eritadi, issiqlik esa material ichiga asosan o'tkazuvchanlik orqali tarqaladi. Natijada odatda nisbatan keng va sayoz chok hosil bo'ladi. Ushbu rejim yupqa listlar, kichik detallar va issiqlik ta'sirini cheklash zarur bo'lgan birikmalar uchun mos kelishi mumkin. Chuqur kirib borish rejimida yuqori energiya zichligi metallning bug'lanishiga olib keladi. Bug' bosimi suyuq metall ichida keyhol kanalini hosil qiladi; nur kanal devorlarida yutilib, energiyani chuqur qatlamlarga uzatadi. Bu usul tor, chuqur choklarni olish imkonini beradi, biroq keyhol beqarorligi g'ovaklik va boshqa nuqsonlarni keltirib chiqarishi mumkin.

Lazer uzluksiz yoki impulsli rejimda ishlashi mumkin. Uzluksiz rejim uzun choklarni yuqori tezlikda bajarish va robotlashtirilgan liniyalarda barqaror ishlab chiqarish uchun qulay. Impulsli rejimda energiya alohida impulslar ko'rinishida uzatiladi; impuls davomiyligi va takrorlanish chastotasi qizish-sovish jarayonlarini boshqarishga yordam beradi. Bu yondashuv nozik detallar, yupqa devorli qismlar va





issiqlikka sezgir komponentlar uchun qo'llanilishi mumkin. Impulslarning yetarlicha qoplanmasligi chok uzilishlariga, ortiqcha energiya esa sachrash yoki haddan tashqari erishga sabab bo'lishi mumkin.



1-rasm. Lazer nuri, payvand vannasi, keyhol kanali va chokning shakllanish sxemasi.

Lazer manbalari va texnologik xususiyatlari. Sanoatda CO₂, Nd:YAG, diskli va tolali lazerlar qo'llaniladi. Ular to'liq uzunligi, nur sifati, quvvat diapazoni, energiyani uzatish usuli, samaradorlik va texnik xizmat ko'rsatish jihatidan farqlanadi. CO₂ lazerlarida faol muhit gaz aralashmasidan iborat; Nd:YAG lazerlari qattiq jismli faol muhitga asoslanadi. Tolali lazerlarda esa nurlanish optik tola asosidagi faol muhitda hosil qilinadi. Manba tanlashda faqat quvvat emas, balki materialning nurni yutishi, kerakli erish chuqurligi, detal geometriyasi, ishlab chiqarish hajmi va iqtisodiy omillar ham hisobga olinadi.

Lazer qurilmasi odatda nurlanish manbai, quvvatni boshqarish bloki, optik uzatish tizimi, fokuslovchi kallak, harakatlantirish mexanizmi, sovitish tizimi, himoya gazini uzatish vositalari va xavfsizlik qurilmalaridan tashkil topadi. Robotlashtirilgan tizimlarda lazer kallagi manipulyatorga o'rnatilishi mumkin. Fokus holatining noto'g'ri tanlanishi energiya zichligini o'zgartirib, chok kengligi va chuqurligiga ta'sir qiladi. Himoya gazlari oksidlanishni cheklash va payvand vannasi sharoitini yaxshilash uchun ishlatiladi. Barcha tarkibiy qismlar o'zaro muvofiqlashgan holda ishlashi lozim.



Payvandlash parametrlarining chok sifatiga ta'siri. Lazer quvvati materialga beriladigan energiya miqdorini belgilaydi. Quvvat yetarli bo'lmasa, erish chuqurligi talabga javob bermasligi mumkin. Ortiqcha quvvat esa bug'lanish, sachrash yoki teshilishga olib kelishi ehtimoli bor. Payvandlash tezligi energiyaning chok bo'ylab taqsimlanishiga ta'sir ko'rsatadi: tezlik ortishi issiqlik kiritilishini kamaytirib, erish chuqurligini pasaytirishi mumkin, juda past tezlik esa ortiqcha qizish va deformatsiyani kuchaytiradi. Fokus holati va nur diametri energiya zichligini belgilaydi. Shu bois parametrlar material turi, qalinligi va birikma geometriyasi bilan birgalikda tanlanadi.

Materialning issiqlik o'tkazuvchanligi, erish harorati va kimyoviy tarkibi texnologik rejimga ta'sir qiladi. Alyuminiy va mis kabi metallarni payvandlashda nurlanishning qaytishi va issiqlikni tez tarqatish xususiyatlari e'tiborga olinadi. Sirt iflosligi, oksid qatlamlari va geometrik nomuvofiqliklar chok shakllanishiga salbiy ta'sir qilishi mumkin. Payvandlashdan oldin yuzalarni tozalash, detallarni aniq mahkamlash va tirqishni belgilangan chegarada saqlash lozim. Rejimlarni tajriba sinovlari va sifat nazorati natijalari asosida optimallashtirish chokning takrorlanuvchanligini oshiradi.

Materiallar va metallurgik jarayonlar. Payvandlashda metallning qizishi, erishi va sovishi uning ichki tuzilishida o'zgarishlarni yuzaga keltiradi. Lazerli jarayonda harorat qisqa vaqt ichida ko'tarilishi va pasayishi mumkin. Payvandannasida suyuq metall oqimlari paydo bo'ladi, sovish davomida esa chok metalli kristallanadi. Sovish tezligi material tarkibi, detal o'lchami va issiqlik tarqalishiga bog'liq. Ayrim po'latlarda tez sovish qattiq mikrostrukturalarni hosil qilib, qattqlik va mo'rtlikka ta'sir qilishi mumkin. Shuning uchun yuqori ekspluatatsion talablar qo'yilgan detallar uchun metallurgik moslik, oldindan qizdirish va payvandlashdan keyingi termik ishlov ehtiyoji baholanadi.

Lazer bilan po'latlar, titan va nikel asosidagi qotishmalar, shuningdek, tegishli sharoitlarda alyuminiy va mis qotishmalarini birlashtirish mumkin. Biroq barcha materiallar uchun yagona rejim mavjud emas. Ayrim alyuminiy qotishmalarida g'ovaklik yoki kristallanish yoriqlari yuzaga kelishi mumkin, turli metall juftliklarida esa mo'rt intermetall birikmalar hosil bo'lish ehtimoli bor. Bunday vaziyatlarda quvvat, nur yo'nalishi, tezlik, birikma geometriyasi va zarur hollarda qo'shimcha material tanlovi moslashtiriladi.

Lazer bilan payvandlashning afzalliklari. Asosiy afzalliklardan biri issiqlikni kerakli hududga yuqori aniqlikda yo'naltirishdir. Bu issiqlik ta'sir zonasini toraytirishi, asosiy metall xususiyatlarini saqlashga va deformatsiyalarni kamaytirishga yordam beradi. Kontaktsiz energiya manbai detalga mexanik bosim bermaydi, elektrod yeyilishi bilan bog'liq ayrim muammolarni bartaraf etadi. Yuqori tezlik, tor chok va parametrlarni dasturiy boshqarish ishlab chiqarish unumdorligi





hamda takrorlanuvchanligini oshirishi mumkin. Nur optik tolalar orqali uzatilishi va robotlar bilan boshqarilishi murakkab trayektoriyalarni avtomatlashtirishga imkon beradi.

Lazerli payvandlash robot manipulyatorlari yordamida uch o'lchamli detallarni biriktirish, tor hududlarda ishlash va bir nechta operatsiyani yagona liniyaga birlashtirish uchun qulay. Sifat monitoringi tizimlari bilan uyg'unlashganda jarayon holatini kuzatish va ayrim og'ishlarni erta aniqlash mumkin. Shunga qaramay, texnologiyani joriy etishdan oldin ishlab chiqarish hajmi, materiallar, texnik xizmat, xodimlar malakasi va investitsiya xarajatlari tahlil qilinishi zarur.

Kamchiliklar va texnologik cheklovlar. Lazer uskunalarining boshlang'ich qiymati, optik tizimlar, sovitish qurilmalari, robotlashtirish va xavfsizlik infratuzilmasi sezilarli sarmoya talab qilishi mumkin. Tizimning barqaror ishlashi muntazam texnik xizmat, optik elementlarni nazorat qilish va malakali mutaxassislarni talab etadi. Lazer nuri kichik hududga ta'sir qilgani sababli detallar orasidagi tirqish, chetlarning siljishi yoki yuzalarning notekisligiga sezgir bo'lishi mumkin. Ayrim qaytaruvchan metallarda energiya yutilishini ta'minlash uchun maxsus rejimlar zarur. Tez sovish esa qoldiq kuchlanishlar, mikrostrukturaviy o'zgarishlar yoki yoriqlar xavfini oshirishi mumkin.

Yuqori quvvatli lazer nurlanishi ko'z va teri uchun xavfli. Ko'rinmaydigan infraqizil nurlanishni ko'z bilan sezib bo'lmashligi sababli himoya korpuslari, blokirovka, ogohlantiruvchi belgilar va lazer sinfiga mos himoya vositalari talab etiladi. Payvandlashda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan tutun va metall bug'lari uchun mahalliy so'rish hamda shamollatish tizimlari tashkil qilinadi. Operatorlar uskunadan foydalanish, favqulodda to'xtatish, optik xavfsizlik va texnik xizmat qoidalarini bilishi kerak.

Sanoat tarmoqlarida qo'llanilishi. Avtomobilsozlikda lazer bilan payvandlash kuzov elementlari, metall panellar, uzatish tizimlari detallari va akkumulyator komponentlarini biriktirishda ishlatiladi. Choklarning takrorlanuvchanligi, aniqligi va ishlab chiqarish tezligi bu sohada muhimdir. Elektr transport vositalarida akkumulyator elementlari va tok o'tkazuvchi qismlarni biriktirishda elektr qarshiligi, mexanik mustahkamlik va issiqlik ta'siri nazorat qilinadi. Aviatsiya sanoatida titan va nikel asosidagi qotishmalarni payvandlash imkoniyatlari mavjud, biroq yuqori ishonchlilik talablari sababli texnologik rejim sinovlar bilan tasdiqlanishi kerak.

Elektronika va tibbiy asbob-uskunalar ishlab chiqarishda kichik korpuslar, sensorlar, elektr kontaktlari va nozik metall komponentlarni payvandlashda lazerning mahalliy ta'siri muhimdir. Mashinasozlikda korpuslar, listli konstruksiyalar, quvurlar va mexanizm detallarini biriktirish mumkin. Energetika va transport tarmoqlarida esa materialning ish harorati, bosim, yuklama va





ekspluatatsion sharoitlar hisobga olinadi. Lazer-yoyli gibrid payvandlash ayrim qalin konstruksiyalarda lazerning chuqur kirib borishini yoyli jarayonning tirqishni to'ldirish imkoniyati bilan birlashtiradi.

An'anaviy usullar bilan qiyoslash. Lazerli payvandlashni MIG/MAG, TIG va qoplamali elektrod kabi yoyli usullar bilan taqqoslashda vazifa va ishlab chiqarish sharoitlari hisobga olinadi. Yoyli usullar turli qalinlikdagi materiallar, montaj va ta'mirlash ishlarida keng qo'llanadi. Lazer esa energiyani kichik hududga jamlash, tezlik, tor chok va avtomatlashtirish jihatlari bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, lazer birikma aniqligi va tirqishlarga nisbatan sezgirroq bo'lishi mumkin. Qo'shimcha metall talab qilinadigan yoki tirqish katta bo'lgan holatlarda yoyli usul qulay bo'lishi ehtimoli bor. Shuning uchun lazer texnologiyasi barcha an'anaviy usullarning mutlaq o'rnini bosuvchi emas, balki muayyan sharoitlarda samarali muqobil yoki qo'shimcha usul sifatida baholanadi.

<i>Mezon</i>	<i>Lazer bilan payvandlash</i>	<i>An'anaviy yoyli payvandlash</i>
Issiqlik manbai	Fokuslangan lazer nurlanishi	Elektr yoyi
Issiqlik ta'sir zonasi	Ko'pincha tor	Jarayon va rejimga qarab kengroq bo'lishi mumkin
Tezlik	Mos operatsiyalarda yuqori	Usul va materialga bog'liq
Aniqlik	Yuqori darajada boshqarilishi mumkin	Operator mahorati va uskunaga bog'liq
Tirqishga sezgirlik	Ko'pincha yuqori	Ayrim usullarda tirqishni to'ldirish imkoniyati kengroq
Avtomatlashtirish	Robotlashtirishga yaxshi moslashadi	Avtomatlashtirish mumkin, jarayonga bog'liq
Uskuna xarajati	Odatda yuqori boshlang'ich sarmoya	Uskuna turiga qarab turlicha
Xavfsizlik	Lazer nurlanishidan maxsus himoya zarur	Yoy, UV nurlanish, issiqlik va tutundan himoya zarur

1-jadval. Lazer va an'anaviy yoyli payvandlash usullarining umumiy qiyosiy tavsifi.

Lazerli payvandlashning rivojlanishi jarayonni barqaror, aniq va iqtisodiy jihatdan samarali tashkil etishga qaratilgan. Nur energiyasining fazoviy taqsimotini boshqarish payvand vannasi geometriyasi va keyhol barqarorligiga ta'sir ko'rsatish imkonini beradi. Jarayonni raqamli boshqarish va real vaqt monitoringi yordamida harorat, chok geometriyasi yoki boshqa ko'rsatkichlarni kuzatish mumkin. Sun'iy intellekt va mashinali o'qitish algoritmlari ishlab chiqarish ma'lumotlarini tahlil qilish, jarayon holatlarini tasniflash va sifat nazoratini qo'llab-quvvatlash uchun



ishlatilishi mumkin. Bunday tizimlarning natijadorligi ma'lumotlar sifati, model tekshiruvi va ishlab chiqarish sharoitiga mosligiga bog'liq.

Lazer-yoyli gibrid payvandlash, robotlashtirilgan liniyalar, raqamli egizaklar va avtomatik nuqsonlarni aniqlash vositalari texnologiyaning amaliy imkoniyatlarini kengaytirishi mumkin. Har qanday yangi yechim joriy etilishidan oldin texnik ishonchlilik, iqtisodiy samaradorlik, energiya sarfi, texnik xizmat va xavfsizlik jihatlari baholanadi. Demak, taraqqiyot faqat lazer quvvatini oshirishga emas, balki optika, materialshunoslik, avtomatlashtirish, nazorat va ishlab chiqarishni boshqarish tizimlarini integratsiyalashga ham tayanadi.

Lazer bilan payvandlash zamonaviy materiallarni biriktirish texnologiyalari orasida yuqori aniqlik, energiyani mahalliy uzatish va avtomatlashtirish imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Uning fizik mohiyati lazer nurlanishining material yuzasida yutilishi, issiqlikka aylanishi, metallning mahalliy erishi va sovish davomida mustahkam birikma hosil bo'lishiga asoslanadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik va chuqur kirib borish rejimlari turli ishlab chiqarish vazifalariga mos yechimlarni tanlash imkonini beradi. Lazer manbai, quvvat, fokus, tezlik, himoya gazi va material xususiyatlari chok geometriyasi hamda sifatiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli parametrlarni o'zaro bog'liq holda tanlash, materiallarni to'g'ri tayyorlash va sifat nazoratini muntazam amalga oshirish muhimdir.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Abralov M.L., Ermatov Z.D., Dunyashin N.S. Qo'lda yoyli payvandlash jihozlari. – Toshkent: O'zbekiston faylasuflari milliy jamiyati nashriyoti, 2012. – 344 b.
2. Abralov M.A., Dunyashin N.S., Ermatov Z.D. Metall va nometall materiallarga gaz alangasida ishlov berish. – 2017. – O'quv qo'llanma.
3. Ermatov Z.D., Dunyashin N.S., Galperin L.V. Metall va nometall materiallarga gaz alangasida ishlov berish. – Toshkent: ZEBO PRINT, 2022. – 178 b.
4. Abralov M.M. Payvandlash materiallari. – Toshkent: Toshkent davlat texnika universiteti, 2017. – 242 b.
5. Saydahmedov R., Almatayev T.O., Ziyamuxamedova U.A. Materialshunoslik va konstruksion materiallar texnologiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2017. – 128 b.
6. Dunyashin N.S., Ermatov Z.D. Payvandlash texnologiyasi va jihozlari. – Toshkent, 2023. – O'quv materiallari.

