

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA
MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
O'RTA MAXSUS, KASB-HUNAR TA'LIMI MARKAZI

M. A. ABRALOV, M. M. ABRALOV

PAYVAND BIRIKMALARNING DEFEKTOSKOPIYASI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

511

TOSHKENT — «TALQIN» — 2007

34.641a722

Oliy va o'rta maxsus, kasb-hunar ta'limi o'quv-metodik birlashmalari faoliyatini muvofiqlashtiruvchi kengash tomonidan hashrga tavsiya etilgan.

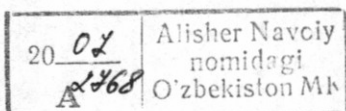
Taqrizchilar: *R. U. Abdurahmonov* — texnika fanlari doktori, professor;

M. Abdullayev — TDTU «Payvandlash ishlab chiqarishi va texnologiyasi» kafedrasida katta o'qituvchisi.

M. A. Abralov, M. M. Abralov.

Payvand birikmalarining defektoskopiyasi: Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma. T.: «Talqin», 2007 — 184 b.

Ushbu o'quv qo'llanma 10 ta bobdan iborat bo'lib, «Payvand birikmalarining diagnostikasi (Defektoskopiya asoslari)» fani bo'yicha namunaviy dasturga mos keladi. Unda payvand birikmalar uchun nazorat operatsiyalarini bajarish usullari, nazorat qilish apparatlarining tuzilishi va ishlashi haqida ma'lumotlar berilgan.



10 33331
392

ISBN 978-9943-325-21-0

© «Talqin» nashriyoti, 2007-yil.

KIRISH

Mashinasozlik mahsulotlarini tayyorlashning zamonaviy texnologik jarayonlari ko'pchilik hollarda payvandlashning turli xil usullaridan foydalanish bilan amalga oshiriladi. Ularni takomillashtirish yoki birikmalarni tekshirishning yangi uslublarining qo'llanishi tayyorlanayotgan konstruksiyalarning sifatini oshirish muammosini qisman hal etadi, chunki payvandlashning yaxshi ishlab chiqilgan texnologiyasida ham buyumlarning ishonchliligi va uzoq muddat ishlash qobiliyati pasayishiga olib keluvchi turli xil nuqsonlar bo'lishi mumkin. Shu munosabat bilan tayyorlanayotgan konstruksiyalarning sifatini oshirish uchun ularni buzmaydigan nazorat qilish uslublari muhim ahamiyatga ega bo'ladi.

Bir qator sanoat tarmoqlarida payvand birikmalarni buzmaydigan nazorat mustaqil texnologik jarayon qilib ajratilgan, chunki ko'pchilik hollarda nazorat qilishning og'irligi (ko'p mehnat talab ekanligi) payvandlash jarayoni qiyinligiga bog'liqdir. Bir qator konstruksiyalarni tayyorlashda nazoratga sarflanadigan xarajatlar ularni payvandlashga ketadigan xarajatlardan ko'pdir, nazorat qilish operatsiyalarining qiymati esa konstruksiya umumiy qiymatining 25—35% ini tashkil etishi mumkin. Buning sababi dastavval shundaki, payvandlash ishlarini mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish darajasi ancha yuqori (33—40%) bo'lib, ayni paytda avtomatlashtirilgan buzmaydigan nazoratning ulushi juda ham kam (1—2%). Shuning uchun hozirgi vaqtda payvand birikmalarning sifatini nazorat qilishning avtomatlashtirilgan uslublarini tezkor joriy qilishga alohida e'tibor berilmoqda.

Payvandlash ishiga buzmaydigan nazoratning zamonaviy vositalari va uslublarini (akustik emissiya, golografiya, tomografiya va boshqalar) joriy qilish bo'yicha maxsus dastur ishlab chiqilgan va amalga oshirilmoqda. Buzmaydigan nazoratning an'anaviy uslublari bundan keyin ham rivojlantirib boriladi. Bunday uslublarga radiatsion,

ultrativushli, magnit va kapillar defektoskopiya, shuningdek buyumlarni germetiklikka sinashni kiritish mumkin.

Shuni ham ta'kidlab o'tish lozimki, nazorat qilishning sanab o'tilgan uslublari orasida payvandlashdagi barcha nuqsonlarni aniqlab berishga kafolat beradigani yo'q. Bu uslublarning har birining o'z afzalliklari va kamchiliklari bor. Masalan, nazorat qilishning radiatsion uslubidan foydalanishda o'lchami uncha katta bo'lmagan (0,1 mm va undan ortiq) va ancha yomon qorishmaganliklar, yoriqlar va tortilib qolgan pishmay qolishlar (30—40%) hajmiy nuqsonlar ravshan ko'rinadi. Ultrativush uslubi, aksincha, tekislikdagi nuqsonlarga ancha sezgir va o'lchami 1 mm va undan kichik g'ovaklar ko'rinishidagi nuqsoni bo'lgan konstruksiyalarni nazorat qilishda samarasi kamdir. Sirti nuqsonlarni aniqlash uchun nazorat qilishning ham kapillar, ham magnit usullaridan foydalaniladi.

Nazorat jarayonlarini to'g'ri tashkil etish, shuningdek nazorat qilishda u yoki bu uslubdan yoki uslublar qo'shilmasidan oqilona foydalanish payvand birikmalarning sifatini katta ishonchlik bilan baholashga imkon berishini amaliyot ko'rsatmoqda.

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatiga bo'lgan oshib borayotgan talab payvandlash texnologiyasi, nazorat qilish apparaturasi va nazorat xizmatlarini tashkil etish bo'yicha zarur bilimlar yig'indisiga ega bo'lgan mutaxassislarni tayyorlash masalasini ilgari surdi.

Kasb-hunar kollejlari har bir bo'lg'usi yosh ishchi yangi jamiyatning faol a'zosi, ishchi sinfiga xos inqilobiy g'oya, ahloq, qiziqishlarga, jamoa psixologiyasiga, yuqori mehnat madaniyatiga, intizomga, turmushga ega tejamkor xo'jayin sifatida tarbiyalanishi kerak. Mazkur kitob kasb-hunar texnik kollejlari o'quvchilariga zarur texnik bilimlarni egallashda, nazorat operatsiyalarni bajarish usullarini o'zlashtirib olishda, nazorat qilish apparaturasining tuzilishi va ishlashi bilan tanishishda yordam berishi kerak. Kitobda nazorat qilishning radiatsion va ultrativushli uslublariga alohida e'tibor qaratilgan bo'lib, sanoatda ularni qo'llanish hajmi boshqa uslublarga nisbatan juda katta.

I bob. PAYVANDLASH MATERIALLARI VA PAYVANDLASHDA YUZ BERADIGAN JARAYONLAR

1.1. PAYVANDLASH MATERIALLARI

Payvandlash materiallariga payvandlash simi, prisadka xivchinlari, kukunli sim, eruvchi qoplama qoplangan elektrodlar, erimaydigan elektrodlar, turli xil flyuslar, himoya (aktiv va inert) gazlar kiradi.

Payvandlash simi. Eritish yo'li bilan mexanizatsiyalashgan usulda payvandlashda payvandlash simi ko'pincha maxsus kassetalarga o'ralgan uzluksiz eruvchan elektrod ko'rinishida foydalaniladi; dastaki yoyli payvandlashda — ma'lum uzunlikdagi (300—500 mm) xivich (sim) ko'rinishida, ya'ni eruvchi yakka elektrodlar ko'rinishida foydalaniladi. Erimaydigan elektrodlar (volframli, ko'mirli) dastaki eritib payvandlashda payvandlash hududiga avtonom qo'shimcha sim (xivchin) yoki 1000 mm gacha uzunlikdagi sterjen kiritiladi, bu sterjen *sozlovchi sim* deyiladi.

Hozirgi vaqtda kukunsimon moddalar (legirlovchi, kisloroddan tozalovchi va boshqa) bilan to'ldirilgan metall qobiqdan iborat kukunli payvandlash simi keng qo'llaniladi. Elektrshlakli payvandlash va eritish uchun simli elektrodlar bilan bir qatorda plastinkali elektrodlar va metall tasmalardan foydalaniladi.

Metall prisadka materiallari sifatida asosan payvandlash simi (po'lat yoki rangli metallar va qotishmalardan) qo'llaniladi. GOST 2246-70 kam uglerodli, legirlangan va yuqori legirlangan po'latlardan tayyorlangan payvand simlariga tegishli va uning kimyoviy tarkibi va o'lchamlarini tartibga soladi, chunki chok metalining mexanik xossalari undagi asosiy metallning ulushiga, flyus markasiga, payvandlash rejimiga va boshqa omillarga bog'liqdir. Po'latdan tayyorlangan payvand simi quyidagi diametrlarda ishlab chiqariladi: 0,3; 0,5; 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 2,0; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0; 12,0 mm. Diametri 1,6—8,0 mm bo'lgan simlar payvandlash va elektrodlar tayyorlash uchun, qolganlari esa faqat payvandlashda yoki eritishda qo'llaniladi. Simning markasi belgisida uning vazifasi «CB» (payvandlash) va elementlarning taxminiy mazmuni umum qabul

qilingan belgilashlar bo'yicha ko'rsatiladi: Б — niobiy, В — volfram, Г — marganes, Д — mis, М — molibden, Н — nikel, С — kremniy, Т — titan, Ф — vanadiy, Х — xrom, Ц — sirkoniy, Ю — aluminiy. Mavjud uglerod miqdorining o'rtacha foizi «CB» belgisidan so'ng harfiy belgilersiz foizning yuzdan bir ulushlarida raqam bilan ko'rsatiladi. Boshqa elementlar miqdori 2% dan kam bo'lganda raqam qo'yilmaydi. Masalan, CB-08Г2С marka belgisi bunday tushuniladi: CB — payvandlanuvchi, 08 — uglerod miqdori 0,08%, marganes miqdori 2% gacha, kremniy 1% gacha. Elementlarning yanada aniq miqdori standartda ko'rsatilgan.

Kukunli sim, payvand simning texnologik afzalliklarni saqlagan holda payvandlashda payvandlash vannasi metallni oksidlanishdan, gazli va shlakli himoyasini vujudga keltiradi, chok metalini legirlovchi elementlar bilan to'yintiradi va uni zararli qorishmalardan tozalaydi. Kukunli sim — universal payvandlash material bo'lib, u amalda istagan darajada legirlangan po'latlarni payvandlash, maxsus xossalarga ega qatlamlarni eritib qoplash uchun yaroqlidir. Kukunli sim kam uglerodli va kam legirlangan po'latlarni payvandlash va eritib qoplashda qo'llaniladi, bu to'ldirgichning (kukunsimon shixtaning) kimyoviy tarkibi va massasining keng chegaralarda o'zgarishi imkoniyati bilan bog'liq.

Erimaydigan elektrodlar. Ko'mirli, grafitli, elektrodlar yoyning yonishi barqarorligini qo'llab-quvvatlash uchun mo'ljallangan. Bu elektrodlar yuqori temperaturalarning ta'siriga yuqori darajada chidamlilikka ega bo'lishi kerak, ya'ni bu sharoitlarda yonib tugallanishi kerak. Elektrodning kesimini oshirish hisobiga uning qizishini kamaytirish mumkin. Shu sababli ko'mirli va grafitli elektrodlar odatda katta diametrga ega bo'ladi (6—20 mm). Volfram elektrodlar nisbatan kichik diametrlarda ham (1—6 mm) juda oz qiziydi, buning sababi volframning elektr qarshiligi uncha katta emasligidir. Biroq inert gazlar bilan payvandlashda ularni oksidlanishdan himoyalash zarur. Sirkoniyli va gafniyli elektrodlar metallarni issiqlik yordamida qirqishda plazmatronlarda foydalaniladi.

Eruvchan qoplama qoplangan elektrodlar. Dastaki yoyli payvandlash uchun payvand simdan tayyorlangan (GOST 2246-70) 450 mm gacha uzunlikdagi sterjendan iborat elektrodlar qo'llaniladi, ularning sirtiga turli qalinlikdagi qoplama qoplangan bo'ladi. Bunda elektrodning uchlari kontakt elektrodlar singari tozalanishi kerak: biri uni elektrod tutqichiga siqib qo'yish uchun 20—30 mm uzunlikda, ikkinchisi payvandlash boshida yoyni uyg'otish uchun.

Yoyning yonish barqarorligini oshirish, kombinatsiyalangan gaz-shlak himoyasini hosil qilish, metallni legirlash va rafinatsiyalash uchun mo'ljallangan qoplama turli xil materiallarga ega:

1. Gaz hosil qiluvchi — organik moddalar (kraxmal, oziqlanish uchun ishlatiladigan un, dekstrin), kamroq anorganik moddalar, odatda karbonitlar (marmar, magnezit va boshqalar).

2. Legirlovchi va metallni kisloroddan tozalovchi elementlar (kremniy, marganes, titan va boshqalar), bu elementlarning temir bilan qotishmasi ko'rinishida foydalanuvchi, ferroqotishma deb ataluvchi elementlar. Aluminiy pudra (kukun) sifatida kiritiladi.

3. Ionlovchi yoki barqarorlashtiruvchi, ionlanish potentsiali past bo'lgan elementlarga ega, shuningdek tarkibiga kaliy, natriy, kalsiy, bor, dala shpati, granit va boshqalar kiruvchi turli hil birikmalar.

4. Qoplamaning asosini tashkil etuvchi shlak hosil qiluvchilar — odatda bu rudalar (marganesli, titanli), minerallar (dala shpati, kremnezyom, marmar va boshqalar).

5. Bog'lovchilar — natriy va kaliy silikatlarining suvdagi eritmalari, ular natriyli, kaliyli va natriy-kaliyli suyuq shisha deb ataladi.

6. Qolip uchun qo'shimchalar — surtiluvchi massaga eng yaxshi plastik xossalarni beruvchi moddalar (kaolin, dekstrin, slyuda va boshqalar).

Payvandlashning unumdorligini, chokka kiritiladigan qo'shimcha metall miqdorini oshirish uchun qoplamada uning massasining 60% gacha temir kukuni bo'lishi mumkin. Qoplama tarkibiga kiruvchi ko'pgina materiallar ham gazli, ham shlakli himoyani ta'minlab, bir vaqtda bir necha vazifani bajaradi.

Elektrodlarning qoplamalari yoyning barqaror yonishini, zarur fizik-mexanik tarkibga ega chok metalini olishni, elektrod sterjeni va qoplamaning bir tekis erishini, chokning yaxshi shakillanishini va ichki nuqsonlarning eng kam miqdorda hosil bo'lishini, sovigandan so'ng shlakning chok sirtidan oson ajralishini, elektrodlarni tayyorlashda va payvandlashda zarur sanitariya-gigiyenik mehnat sharoitlarini ta'minlashi kerak.

Po'latni dastaki yoyli payvandlash va eritib kavsharlash (GOST 9466-75) uchun mo'ljallangan qoplama metall elektrodlar turli belgilariga ko'ra tasniflanadi. Vazifasiga bog'liq holda uglerodli va kam legirlangan $\sigma_B < 600$ MPa li konstrksion po'latlarni payvandlash uchun — V (shartli belgi); $\sigma_B < 600$ MPa li legirlangan konstruksion po'latlarni payvandlash uchun — II; issiqlikka chidamli po'latlarni payvandlash uchun — T; yuqori legirlangan alohida xossali po'latlarni

payvandlash uchun — B; alohida xossalarga ega sirtqi qatlamlarni eritib kavsharlash uchun — H elektrodlar farq qilinadi.

Qoplama qalinligi bo'yicha elektrodning to'la diametri (D)ning sterjen diametri (d)ga nisbatiga bog'liq holda yupqa qatlamli elektrodlar ($D/d < 1,2$) — M (shartli belgi); o'rtacha qoplamali ($1,2 < D/d < 1,45$) — C; qalin qoplamali ($1,45 < D/d < 1,8$) — D; juda qalin qoplamali ($D/d > 1,8$) — F; elektrodlar farq qilinadi.

Elektrodning sifatiga, tayyorlash aniqligi, qoplama sirtining holati, eritilgan metallidagi oltingugurt va fosforning miqdori to'g'risida talablarga bog'liq holda elektrodlar uch guruhga (1, 2, 3) ajratiladi.

Qoplamalarning turlari bo'yicha nordon qoplamali elektrodarga — A (shartli belgisi); asosiy qoplama — B; selluloza qoplamali — U; rutil qoplamali — P; aralash turdagi qoplamali — tegishli ikki belgi; boshqa turdagi qoplamali — II; Agar qoplamada 20% dan ortiq temir kukuni bo'lsa, qoplama turining shartli belgisiga J harfi qo'shiladi.

Payvandlash yoki eritib kavsharlashning yo'l qo'yilgan fazoviy holatiga ko'ra barcha holatlar uchun elektrodlar farq qilinadi — 1 (shartli belgi); vertikal yuqoridan pastga dan tashqari barcha holatlar uchun — 2; vertikal tekislikda pastga, gorizontal uchun va vertikal pastdan yuqoriga uchun — 3; pastga va qayiqqa o'xshash pastga uchun — 4.

Qo'llanilayotgan tokning turi va qutbliligi bo'yicha, shuningdek salt yurishning nominal kuchlanish, tok chastotasi 50 Hz bo'lgan o'zgaruvchan tok manbayi bo'yicha elektrodlar to'qqiz xil turga (0...9) bo'linadi.

Payvandlash flyuslari. Bu ayrim donalarning o'lchami 0,25—4 mm bo'lgan flyusning markasiga bog'liq holda murakkab tarkibli maydalangan maxsus tayyorlangan materiallar. Tayyorlash usuliga ko'ra flyuslarning eritilmagan (keramik) va erigan turlari farq qilinadi.

Keramik flyuslar ayrim komponentlarni eritib qo'shish va keyin ma'lum o'lchamdagi zarrachalarga maydalash yo'li bilan hosil qilinadi. Bundan tashqari, bu flyuslar ayrim komponentlarning mexanik aralashmasidan iborat bo'lishi mumkin. Metallni bunday flyuslar bilan legirlash ularga zarur ferroqotishmalarni kiritish orqali erishiladi. Flyuslar tayyorlanayotganda eritilmaydi, shuning uchun ferroqotishmalar va boshqa legirlovchi elementlarning miqdori hamda qo'shilmalari turlicha bo'lishi mumkin, bu esa chokning talab qilingan metall tarkibini oson hosil qilishga imkon beradi. Biroq bunday flyuslardan foydalanishda chok metalining kimyoviy tarkibi payvandlash rejimiga (tartibiga) kuchli ravishda bog'liq bo'ladi, bu

esa chok metali tarkibining hatto uzunlik bo'yicha ham bir jinsli bo'lmashligiga olib kelishi mumkin. Bundan tashqari, bu flyuslar uning zarrachalari mexanik mustahkamligi kam bo'lishi sababli tez buziladi (parchalanadi), bu esa uni o'lchamlariga ko'ra turlicha jinsli qiladi. Bu flyuslar asosan yuqori legirlangan maxsus po'latlarni payvandlashda va muhim (mas'uliyatli) buyumlarni kavsharlashda foydalaniladi.

Eritgan flyuslar metallarning oksidlari va tuzlaridan iboratdir. Oldindan maydalangan va ma'lum nisbatda qorishmagan komponentlar aralashtiriladi va pechda taxminan 1400°C temperaturada eritiladi. Suyuq flyus yoki metall formalarga quyiladi va sovigandan so'ng maydalanadi (quruq granulalash usuli) yoki ingichka oqim bilan suvli bakka quyiladi, u yerda u tezda soviydi va mayda zarrachalarga ajralib ketadi (ho'l granulalash usuli).

Eritilgan flyusning keramik flyusdan asosiy farqi shundaki, eritilgan flyusda sof holda legirlovchi elementlar bo'lmaydi. Chokni eritilgan flyuslar bilan legirlash flyusda mavjud oksidlardan elementlarni tiklash yo'li bilan yuz beradi.

Kimyoviy tarkibiga ko'ra oksidlovchili va oksidlovchisiz flyuslar farq qilinadi. Oksidlovchi flyus tarkibiga butun flyus massasining 75—85% ini tashkil etuvchi, taxminan turlicha og'irlik nisbatlaridagi marganes va kremniy oksidlari albatta kiradi. Flyusda marganes va kremniy oksidlari qanchalik ko'p bo'lsa, flyus metallni kremniy va marganes bilan shunchalik kuchli legirlashi mumkin, ammo shu bilan bir paytda chok metalini shunchalik kuchliroq oksidlashi mumkin. Po'lat qanchalik murakkab legirlangan bo'lsa, flyusda MnO va SiO_2 shuncha kam bo'lishi kerak, aks holda po'latda legirlovchi elementlarning oksidlanishi yo'l qo'yib bo'lmash darajada ortadi. Shuning uchun oksidlovchi flyuslar asosan uglerodli va past legirlangan po'latlarni payvandlashda qo'llanildi, AH-348-A; OCL-45; AH-8; AH-26; flyuslari ayniqsa keng qo'llaniladi.

Oksidsiz flyuslarda kremniy yoki marganes oksidlari deyarli bo'lmaydi yoki ular juda oz miqdorda bo'ladi. Ularga kalsiy ftoridi va metallarning (aluminium va magniying) mustahkam oksidlari kiradi. Bunday flyuslar (AH-30, AH-70, AHΦ-8 va boshqalar) asosan yuqori legirlangan po'latlarni payvandlashda foydalaniladi.

Kislorodsiz flyuslar butunicha metallarning ftoridli va xloridli tuzlaridan, shuningdek kislorodga ega bo'lmagan boshqa komponentlardan iborat. Kislorodsiz flyuslar orasida eng mashhurlari quyidagilar: korroziyaga bardosh beradigan po'latlarni payvandlashda foydala-

niladigan AHΦ-5 flyusi, aluminiylarni payvandlashda foydalaniladigan AH-Al flyusi, titanni payvandlashda foydalaniladigan AH-T1 flyusi.

Himoyalovchi gazlar. Ular ikki guruhga bo'linadi: kimyoviy inert va aktiv. Birinchi guruhdagi gazlar qizigan va erigan metall bilan o'zaro ta'sirlashmaydi va unda deyarli erimaydi. Bu gazlardan foydalanishda yoy bilan payvandlashni eruvchi yoki erimaydigan elektrodlar yordamida amalga oshirish mumkin. Ikkinchi guruhdagi gazlar payvandlash hududini havodan himoyalaydi, ammo o'zlari suyuq metallda yoxud oson erib ketadi, yoxud u bilan kimyoviy o'zaro ta'sirlashadi. Kimyoviy inert gazlarga argon va geliy kiradi. Argon uch xil navda ishlab chiqariladi: oliy, birinchi va ikkinchi. Argon miqdori 99,99% bo'lgan oliy navliysi kimyoviy aktiv metallarni (titan, sirkoniy va niobiy) erimaydigan elektrod bilan payvandlash uchun qo'llaniladi, birinchi navli argon (99,98%) — aluminiy, magniy va boshqa aktiv metallar qotishmalarini erimaydigan elektrod bilan payvandlash uchun, ikkinchi navli argon (99,95%) — korroziyaga chidamli po'latlarni erimaydigan elektrod bilan payvandlash uchun qo'llaniladi.

Yuqori tozalikdagi geliy (99,98%) rangli metallarni va qotishmalarni payvandlashda, shuningdek titan va zanglamaydigan po'latlarni payvandlashda himoya gazi sifatida qo'llaniladi. Geliy argondan 10 marta yengil, bu esa payvandlash vannasi himoyasini murakkablashtiradi va uning ko'p miqdorda sarflanishiga olib keladi. Geliyning qiymati (narxi) argonning qiymatidan bir necha marta ko'pdir, shuning uchun undan cheklangan holda foydalaniladi. Biroq geliydan foydalanishda argon bilan himoyalashga qaraganda issiqlik ko'proq ajralib chiqishiga erishiladi, bu esa metallning yanada chuqurroq erishini ta'minlaydi.

Aktiv himoya gazlariga karbonat angidrid, azot, vodorod, suv bug'lari va shu kabilar kiradi. Is gazi eruvchan yoki erimaydigan (ko'mirli yoki grafitli) elektrodlar bilan payvandlashda juda keng qo'llaniladi.

1.2. PAYVANDLASH VANNASIDA METALLURGIYA JARAYONLARI

Payvandlashda metallurgiya jarayonlari — bu suyuq metallning gazlar va payvandlash shlaklari, shuningdek suyuq va kristallanuvchi shlakning o'zaro ta'sirlashish jarayonlaridir. Bu jarayonlar elektrodning erish, suyuq metall tomchisining yoyli oraliqdan o'tish davrida va

payvandlash vannasining o'zida kechadi. Odatdagi po'lat eritish pechlarida kechadigan metallurgiya jarayonlaridan farqli o'laroq payvandlashda metallni eritish jarayoni quydagi xususiyatlarga ega:

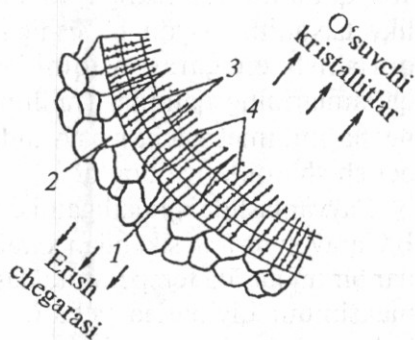
1. Payvandlash vannasining hajmi kichikligi va uning sovish tezligining tezkorligi. Bu hol boshlangan kimyoviy reaksiyalar oxirigacha kechmasligiga olib keladi. Bundan tashqari, chok metalining turli oksidlardan, nometall kirishmalardan va gazlardan to'la tozalanishiga to'sqinlik qiluvchi sharoitlar yaratiladi, bu oksidlar, nometall kirishlar va gazlar chok metalining tez qotishi sababli payvandlash vannasining sirtiga chiqishga ulgura olmaydi. Payvandlash vannasining shakli va hajmi payvandlash usuliga va asosiy rejimlariga, asosiy payvandlash materialining qalinligi va ajratilish turlariga bog'liq. Buning oqibatida payvandlash vannasining hajmi millimetrlardan to yuzlab kub santimetrlarni tashkil etishi mumkin.

2. Eritilgan metallning yuqori temperaturagacha qizitilgan atrofdagi gaz muhiti va shlaklar bilan faol o'zaro ta'sirlashuvi. Bu chok metalining gazlar va shlak kirishmalari bilan qo'shimcha ravishda to'yinishiga imkon beradi.

3. Payvand yoyi va payvandlash vannasidagi metallning yuqori temperaturada bo'lishi gazlar dissotsialanishiga sabab bo'ladi va oqibatda ularni aktivroq qiladi. Natijada chok metalining oksidlanishi va kisloroddan tozalanishi, tegishli elementlar bilan legirlanishi, shuningdek chokda azot, vodorod va shu kabi gazlarning erishi va ajralishi mumkin.

Payvandlanayotgan buyumlarning chetlari bo'ylab payvand yoyi harakatlanganda payvandlash vannasining old qismida asosiy va agar foydalanilsa, qo'shimcha (prisdakali) metallning erishi yuz beradi, uning dum qismida esa — erigan metallning kristallanishi, nurlanishga va buyumga issiqlik berishga issiqlik yo'qotish natijasida payvand choki hosil bo'lishi yuz beradi.

Erish chegarasi 1 da birlamchi kristallanish issiqlik oqimiga teskari yo'nalishda (1.1-rasm) erish chegarasiga perpendikular ravishda dendritlar ko'rinishida o'suvchi asosiy metallning qisman erigan donachalari 2 dan boshlanadi. Kris-



1.1-rasm.

Kristallitlarning o'sish sxemasi:

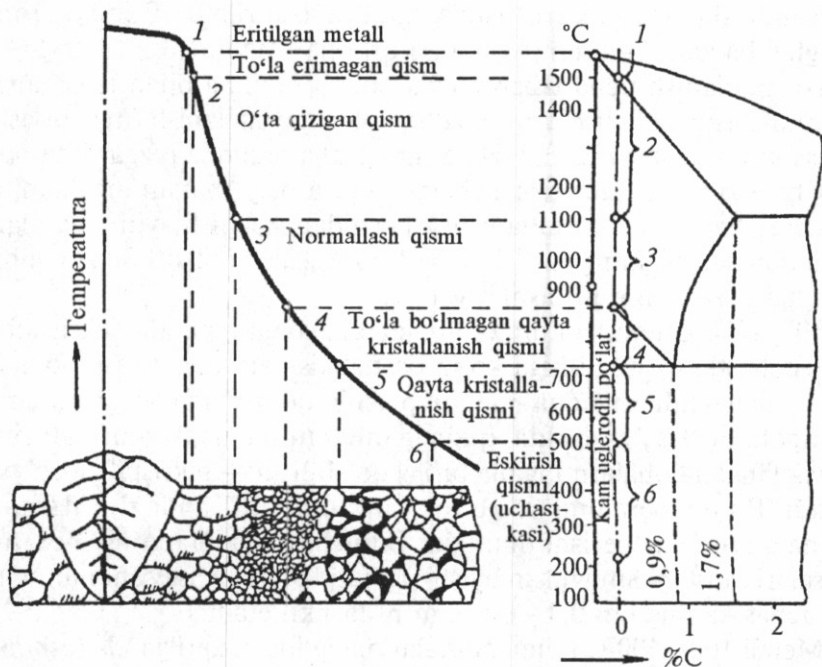
1 — erish chegarasi; 2 — asosiy metall donalari; 3 — kristallanish qatlamlari; 4 — o'suvchi kristallitlar.

tallanish jarayonida o'suvchi kristallitlar ko'rinishidagi markazlardan tashqari suyuqlikdan o'z-o'zidan vujudga keladigan ham, ayrim qiyin eruvchan zarrachalar, dona bo'laklari va boshqa ko'rinishda ham kristallanishning yangi markazlari paydo bo'lishi mumkin. Kristallitlarning o'sishi ularning sirtiga atrofdagi eritmadan ayrim zarrachalarning qo'shilishi natijasida yuz beradi. Erish chegarasida alohida donadan o'suvchi har bir kristallit bir uchi umumiy asosli bo'lib o'sib chiqqan, ya'ni asosiy metallarning erigan donasi bilan birgalikda o'suvchi ustunli kristallar guruhidan iborat. Ko'p qatlamli payvandlashda kristallanish oldingi chokning qisman erigan donalaridan boshlanganda kristallitlarning qatlamdan-qatlamga o'sishi mumkin bo'lib, transkristallitli tuzilma vujudga kelishi mumkin.

Payvandlash vannasida metall kristallanishining turli bosqichlarida uning kimyoviy tarkibi bir xil bo'lmaydi. Metallning birinchi partiyalari oxirgilariga qaraganda qorishmalar bilan kamroq ifloslangan bo'ladi. Natijada chokning butun hajmida kuzatiladigan metall kimyoviy tarkibining zonalar bo'yicha va kristall ichi (dendrid) nobirjinslik paydo bo'ladi. Bitta kristallitning turli qismlardagi kimyoviy tarkibining bir jinsli bo'lmashligi payvand chokida afzalli rivojlanishiga ega. Payvand chokida likvatsiyaning rivojlanishi metallning kimyoviy tarkibiga, payvandlash vannasining shakliga, kristallanish tezligiga va payvandlash usuliga bog'liq.

Payvandlash vannasi metalining birlamchi kristallanishi uzlukli xarakterga ega bo'lib, u fazalar bo'linishi fronti oldida yashirin kristallanish issiqligi ajralishi bilan vujudga kelgan. Bu chokning o'ziga xos qatlamli tuzilishiga va qatlamli nobirjinslilik ko'rinishdagi likvatsiyaning paydo bo'lishiga olib keladi, bu esa ko'p darajada qorishish chegarasi yaqinida namoyon bo'ladi. Kristallanish qatlamlarining qalinligi (millimetrning o'ndan bir ulushlaridan bir necha millimetrgacha) payvandlash vannasining hajmiga va issiqlik berish sharoitlariga bog'liq.

Payvanlashda ajraladigan issiqlik asosiy metall tanasiga tarqaladi. Bu jarayon termik sikl bilan xarakterlanadi. Chok yaqinidagi zonaning har bir nuqtasida temperatura dastlab orta borib, qorishish chegarasida maksimum qiymatiga yetadi, keyin esa chegaradan ancha uzoqlashganda minimumgacha pasayadi. Shunday qilib, asosiy metallning turli qismlari turlicha temperatura, qizish va sovish tezliklari bilan tavsiflanadi, ya'ni o'ziga xos termik ishlovdan o'tadi. Shuning uchun chok atrofidagi zonaning turli qismlaridagi asosiy metallning strukturalari (1.2-rasm) va xossalari turlichadir. Payvandlashda termik sikl



1.2-rasm. Kam uglerodli po'latni payvandlashda termik ta'sir hududidagi metall strukturasi.

ta'sirida faza va struktura o'zgarishlari yuz bergan asosiy metall zonasini *termik ta'sir zonasi* deyiladi. Bu aylanishlarning tavsifi va termik ta'sir zonasining uzunligi payvandlanayotgan metallning tarkibiga va issiqlik-fizik xossalariga, payvandlash usuli va rejimiga, payvand birikma turiga bog'liq.

Chala erish uchastkasida uning birlamchi tuzilmasi kimyoviy nobirjinslilikning mavjudligi bilan tavsiflanadi. Bu qism asosan payvandlash uchastkasi (qismi) bo'ladi. Uning davomiyligi metallning tarkibiga va xossasiga, payvandlash usuliga bog'liq bo'lib, odatda 0,5 mm dan ortmaydi, ammo bu qismdagi metallning xossalari butun payvand birikmaning xossalariga hal qiluvchi ta'sir ko'rsatishi mumkin.

O'ta qizish uchastkasida ko'pincha yirik donali tuzilma hosil bo'ladi, bunda donaning o'lchamlari metallning temperaturasi qancha yuqori bo'lsa, shuncha katta bo'ladi. Bu tuzilma metallning eng kichik plastikliгинi va zarbiy qovushqoqligini shart qilib qo'yadi. O'ta qizish uchastkasini kamaytirish uchun payvandlash tezligi oshiriladi yoki

payvandlash bir necha o'tishda amalga oshiriladi. Bunday zona kengligi ba'zan 3—4 mm va undan ortiqqa yetadi.

Normallanish uchastkasi mayda donali tuzilma bilan tavsiflanadi. Choklarning o'lchovlariga bog'liq holda normallanish (me'yorlash) uchastkasining kengligi 0,2 dan 5 mm gacha oraliqda o'zgarib turadi.

Chala o'ta kristallanish uchastkasida asosiy metallning hamma donalari ham o'ta kristallanishni boshidan kechirmaydi, masalan: ferrit donalari o'zining dastlabki tuzilishini saqlab qoladi. Bu zonaning kengligi 0,1—5 mm ni tashkil yetadi.

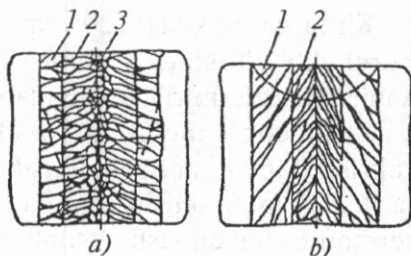
500—750°C temperatura oralig'ida qiziyotgan metall (rekristallanish uchastkasi) tuzilishiga ko'ra dastlabkisidan juda oz farq qiladi. Biroq payvandlashgacha metall plastik deformatsiyasiga duchor qilingan bo'lsa, u holda qizitilganda unda asosiy metallning maydalangan donalarining bir-biriga qo'shilishi — rekristallanish yuz beradi. Bu temperaturalarda biroz vaqt tutib turilganda donalarning ancha o'sishi yuz berishi mumkin. Bu uchastka metallning mexanik xossalari mustahkamligi kamayishi oqibatida biroz pasayishi mumkin. Bu uchastkaning eni 0,1—0,5 mm ni tashkil etadi.

Metall 100—500°C temperaturalar oralig'ida qizdirilganda (eskirish uchastkasi) uning strukturasini (tuzilishi) payvandlash jarayonida dastlabki metallning tuzilishidan farq qilmaydi. Ammo kislorod va azot miqdori yuqori bo'lgan ba'zi po'latlarda (odatda qaynovchi) 150—350°C gacha isitish zarbiy qovushqoqlikning va yemirilishga qarshilik ko'rsatish qobiliyatining keskin pasayishiga olib keladi.

Ko'p qatlamli payvandlash asosiy metallga payvandlashning termik sikli ko'p marta ta'sir ko'rsatgani sababli chok oldi termik ta'sir zonasida uning tuzilishini o'zgartiradi. Uzun uchastkalarni payvandlashda har bir keyingi o'tishdan so'ng avvalgi chok o'ziga xos bo'shatiladi. Qisqa uchastkalarni payvandlashda chok va chok oldi zonasi uzoq vaqt isitilgan holda bo'ladi. Strukturalarning o'zgarishidan tashqari bu hol termik ta'sir ko'rsatish zonasining davomiyligini ham orttiradi. Keyingi qatorlar quyma metall strukturasiga ega, avval kavsharlanganlarga termik ta'sir ko'rsatadi va ularda qurilish va tuzilmasi prokatlangan asosiy metallarning termik ta'sir zonasidan ancha farq qiluvchi termik ta'sir zonasini vujudga keltiradi. O'ta qizish uchastkasidagi bu zona odatda yirik donaga ega bo'lmaydi va yuqori plastik xossalarga ega mayda donali tuzilmalar bilan tavsiflanadi.

Chok metallarining tuzilishi elektroshlakli payvandlashda uchta zonaning mavjud bo'lishi bilan tavsiflanishi mumkin (1.3-a rasm):

yirik ustunsimon kristallitlar 1 zonasi, ular issiqlikni qaytarishga teskari yoʻnalishda oʻsadi; donasi-ning kattaligi kichikroq va ularning issiqlik markazi tomoniga koʻproq ogʻadigan yupqa ustinsimon kristallitlar 2 zonasi; chokning oʻrtasida joylashgan teng oʻqli kristallitlarning 3 zonasi. Elektroshlakli payvandlash usuliga, chok metallining kimyoviy tarkibiga va payvandlash rejimiga bogʻliq holda choklarning turlicha tuzilishi olinishi mumkin



1.3-rasm.

Elektroshlakli payvandlashda chok metallining tuzilishi:

a — chuqur pishirish bilan; *b* — chuqur boʻlmagan pishirish bilan.

(1.3-*b* rasm). Chokda uglerod va marganes miqdorining ortishi 1 zonaning enini orttiradi, issiqlikni qaytarish jadalligining kamayishi esa 1 zonaning enini kamaytiradi. Elektroshlakli payvandlashda chok oldi zonasining termik sikli uzoq vaqt isitish va oʻta qizish temperaturasida tutib turish hamda sekin sovitish bilan tavsiflanadi. Shuning uchun unda yirik donali kam plastikli tuzilmalar vujudga kelib, ular erish chizigʻidan uzoqlashgani sari normallashtirilgan mayda donali tuzilma bilan almashinadi. Oʻta qizish uchastkasida zarbiy qovush-qoqlikning kamayishi kuzatilishi mumkin, u keyingi termik ishlov bilan bartaraf etiladi.

Termik taʼsir koʻrsatish zonasining turli uchastkalarining eni va chokli tuzilmasi termik sikl, payvandlash usuli va rejimi, asosiy metallning tarkibi va qalinligi bilan belgilanadi. Oʻz navbatida, payvandlashning termik siklini belgilovchi omil maksimal temperatura hisoblanadi. Termik taʼsir zonasining umumiy davomiyligi 20—30 mm ga yetishi mumkin.

1.3. POʻLATLARNING PAYVANDLANUVCHANLIGI

Termik jihatdan mustahkamlanmagan kam uglerodli va kam legirlangan poʻlatlarni payvandlashning yoyli usullarida chokning asosiy metall bilan mustahkamligi teng boʻlishini taʼminlash odatda qiyinchilik tugʻdirmaydi. Termik jihatdan mustahkamlangan poʻlatlarni payvandlashda maʼlum qiyinchiliklar yuzaga keladi, chunki chok atrofi zonasi metallining mexanik xossalari payvandlashning aniq sharoitlariga va payvandlash oldidan poʻlatga termik ishlov berish turiga bogʻliq.

Katta qalinlikdagi (20 mm dan ortiq) birikmalarini, bir o'tishli burchakli choklarni, manfiy temperaturalar sharoitida va shu kabilarda tezlashtirilgan rejimlarda payvandlashda sovitish tezliklarini oshirish chok metalida va chok oldi zonasida o'ta qizish va rekristallanish uchastkalarida toblanma tuzilmalarning paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin. Agar po'lat payvandlashdan avval termomustahkamlash — toblash jarayonidan o'tgan bo'lsa, u holda rekristallanish va eskirish uchastkalarida chokning termik zonasida metallni chiniqtirish, ya'ni uning mustahkamlik xossalarini kamaytirish kuzatiladi. Bu xossalarning o'zgarish darajasi pogon energiya miqdoriga, payvand birikmalar turiga va payvandlash sharoitlariga bog'liq bo'ladi.

Kam legirlangan po'latlarni payvandlashda chok metali va chok oldi zonasi xossalarining o'zgarishi ancha kuchli namoyon bo'ladi. Kam legirlangan issiq prokatka po'latda o'ta qizish va normallanish uchastkalarida toblanma tuzilmalar paydo bo'lishi mumkin. Bunday po'latning mexanik xossalarining o'zgarish darajasi kam uglerodli issiqalayin jo'valangan po'latnikidan katta.

Kam legirlangan po'latlarga termik ishlov berish (ko'pincha toblash) ularni payvandlash texnologiyasini murakkablashtiradi. Bir tekis mustahkam payvand birikma hosil qilish uchun tegishli texnik usullarni qo'llash zarur (termik mustahkamlanmaganlarni qisqa uchastkalab payvandlash, termik mustahkamlanganlarni uzun uchastkalab payvandlash va boshqalar). Termik sikl (mustahkamlash yoki toblash) ta'sirida asosiy metall xossalarining o'zgarishi yuz bergan joyda termik ta'sir zonasi uchastkasining uzunligi payvandlash usuliga va rejimiga, payvand birikma konstruksiyasining tarkibi va qalinligiga bog'liq bo'ladi. Pogon payvandlash energiyasining oshishi mustahkamlangan zonaning kengayishi va undagi metall qattiqligining pasayishi bilan birga kuzatiladi. Buning sababi yuqori temperaturali isitilgan metall hajmining kengayishi va sovitish sur'atining pasayishidir. O'ta qizish yoki toblash hodisasi juda keskin namoyon bo'lgan chok oldi zonasi — kam legirlangan po'latlarni payvandlashda sovuq yoriqlar paydo bo'ladigan ehtimolli joydir.

Tayyorlash operatsiyalarida kam uglerodli va kam legirlangan po'latlardan konstruksiyalarni tayyorlash jarayonida va yuqori temperaturali sohadan uzoqroqdagi zonalarda payvandlashda plastik deformatsiya vujudga keladi. Bu zonalar keyingi choklarni qo'yishda taxminan 300°C temperaturagacha qizish ostiga tushib, deformatsion

eskirish uchastkalari bo'lib qoladi, bu esa metallning plastik xossalarini pasaytiradi va mustahkamlik xossalarini orttiradi hamda yoriqlar paydo bo'lishi mumkinligiga olib keladi. Bunday hollarda 600—650°C darajada chiniqtirish metallning xossalarini tiklash uchun samarali vosita bo'lib xizmat qiladi. Yuqori darajada chiniqtirish payvandlash kuchlanishini olib tashlashda ham qo'llaniladi.

Kam uglerodli po'latlardan tayyorlangan payvand birikmalar kristallanuvchan yoriqlar paydo bo'lishiga qarshi qoniqarli mustahkamlikka ega. Buning sababi ulardagi uglerod miqdorining juda ozligidir. Biroq uglerodli po'lgan (0,20% dan yuqori) kam uglerodli po'latlar uchun burchak choklarini va ko'p qatlamli choklarda birinchi ildiz chokini, ayniqsa zarari katta bo'lgan choklarni payvandlashda kristallanuvchi yoriqlar paydo bo'lishi mumkin, bu asosan pishirishning noqulay shakli bilan bog'liq.

Uglerod miqdori 0,25—0,35% bo'lgan po'latlarni faqat musbat temperaturalarda payvandlash mumkin. Qalinligi katta va konstruksiyasi qattiq (bikir) buyumlar uchun 100—130°C gacha oldindan isitishni amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

Chegarali payvandlanadigan uglerodli po'latlarni (0,15—0,45% C) payvandlashni 100—150°C temperaturada dastlabki yoki yo'l-yo'lakay isitib amalga oshiriladi, payvandlashdan so'ng 600—650°C temperaturada yuqori chiniqtirish maqsadga muvofiqdir. Murakkab konfiguratsiyali va yuqori bikirlikka ega buyumlarni payvandlashda payvandlashdan avval 300—450°C gacha umumiy isitish zarur. Bunday buyumlarni payvandlagandan so'ng yuqori chiniqtirish shart.

0,45% dan ko'proq uglerodga ega po'latlar odatda juda qiyin payvandlanadi bunday hollarda buyumni 350—500°C gacha umumiy qizdirish amalga oshiriladi va bu temperatura payvandlash jarayonida saqlab turiladi, payvandlashdan so'ng po'latga shu marka uchun mo'ljallangan rejim bo'yicha termik ishlov beriladi. Shuni ta'kidlab o'tish zarurki, barcha hollarda ham buyumni qizdirish dastavval sovish tezligini pasaytirishga va toblash tuzilmalarining paydo bo'lish ehtimolining kamayishiga yo'naltirilgan.

Dastlabki qizitish (T_q) temperaturasi $T_q = 350 \sqrt{C_e - 0,25}$ shartdan tanlab olinadi, bunda $C_e = C_k(1 + 0,005C)$ — uglerodning to'liq ekvivalenti; C_k — uglerodning kimyoviy ekvivalenti, S — po'latning qalinligi, mm.

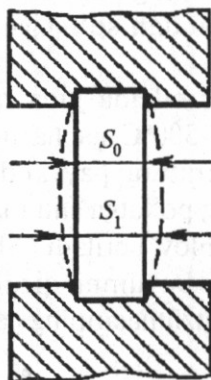
1.4. PAYVANDLASH KUCHLANISHI VA DEFORMATSIYALARI

Kuchlanishlar va deformatsiyalarning hosil bo'lish mexanizmi. Payvand konstruksiyalarni tayyorlash jarayonida ularda payvandlash kuchlanishlari va deformatsiyalari vujudga keladi. Metallning oquvchanlik chegarasidan ortuvchi payvandlash kuchlanishlari uning plastik deformatsiyasini vujudga keltiradi. Bu buyumning shakli va o'lchamlarining o'zgarishiga, ya'ni uning tob tashlashiga (qiyshayishiga) olib keladi. Agar payvandlash kuchlanishlari mustahkamlik chegarasidan yuqori bo'lsa, u holda payvand choki yoki birikma yaxlitligining buzilishi yuz beradi.

Payvandlash kuchlanishlarining va deformatsiyalarining vujudga kelishining sabablari asosiy metallning bir tekis qizitilmasligi, erigan metallning cho'kish va chok metalining sovish jarayonida unda tuzilmaviy o'zgarishlar sodir bo'lishidir.

Metall isitilganda uning hajmi kengayishi yuz beradi. Agar erkin yotgan plastinani isitilsa, u o'zining chiziqli o'lchamlarini ma'lum kattalikka orttiradi. Sovigandan so'ng bu plastina o'zining dastlabki o'lchamlariga qaytadi va unda na ichki kuchlanishlar, na qoldiq deformatsiyalari bo'lmaydi.

Ikkala uchi mahkam qilib mustahkamlangan shu plastinani mahalliy isitishda esa (1.4-rasm) unda siquvchi ichki kuchlanishlar paydo bo'lib, ular 600°C da qizitilgan uchastkaning oquvchanlik chegarasidan



1.4-rasm. Mahalliy isitishda qo'zg'almas devorlarga bikir mahkamlangan brusok deformatsiyasi sxemasi.

oshadi, plastik siqish deformatsiyasi yuz beradi va plastina biroz yo'g'onroq (S_1) bo'lib qoladi. Juda katta qalinlikdagi konstruksiyalarni payvandlashda xuddi shunga o'xshash jarayonlar kechadi, bu yerda isitishdagi notekislik keng miqyosda namoyon bo'ladi.

Kuchlanishlar va deformatsiyalar vujudga kelishining ikkinchi usuli chok eritilgan metalining sovish va kristallanish jarayonida cho'kishidir. Cho'kish hodisasi shu bilan izohlanadiki, bunda metall qotayotganda yanada zich bo'la boradi, buning natijasida uning hajmi kichiklashadi. Ammo o'zgarmas hajmda qolayotgan asosiy metall bu cho'kishga qarshilik ko'rsatgani

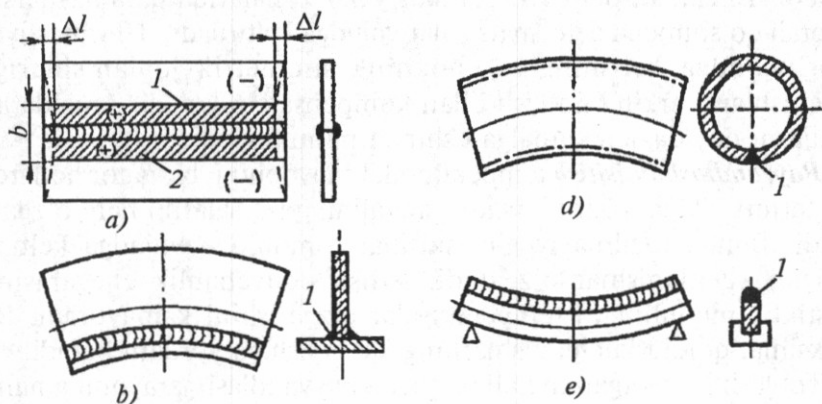
uchun payvand birikmada ichki kuchlanishlar vujudga keladi.

Payvand buyumlar payvand birikmalarda elastik, plastik deformatsiyalarning vujudga kelishi natijasida umumiy deformatsiyalarni boshidan kechiradilar. Umumiy deformatsiyalar ko'ndalang va bo'ylama deformatsiyalarga, bukilish, buralish va barqarorlikni yo'qotish deformatsiyalariga bo'linadi. Choklarni simmetrik joylashda ularning bo'ylama va ko'ndalangiga cho'kish yuz beradi, bu esa elementlarning uzunligi bo'yicha yoki eni bo'yicha qisqarishiga olib keladi (1.5-a rasm).

Buralish deformatsiyasi elementlarning ko'ndalang kesimlarida choklarning nosimmetrik joylashuvi oqibatida vujudga keladi. Barqarorlikni yo'qotish deformatsiyalari buyumlarning isitilishi va sovishi jarayonida (masalan, plastinkaning ikkala tomonidan (uchidan) siqish) hosil bo'ladigan siquvchi kuchlanishlar tomonidan chaqiriladi.

Shuni ta'kidlab o'tish kerakki, kavsharlangan metallning hajmi qanchalik kichik bo'lsa, ichki kuchlanishlar va deformatsiyalarning kattaligi shuncha kichik bo'ladi.

Isitishda metallda strukturaviy (tuzilmaviy) almashtirishlar ro'y beradi, ular metall hajmining o'zgarishi va ichki (xususiy) kuchlanishlarning paydo bo'lishi bilan birga bo'ladi. Metall hajmlarining o'zgarishi donalarining o'lchamlari boshqa bo'lgan va ularning o'zaro joylashishi dastlabki tuzilmadan farqli bo'lgan yangi



1.5-rasm. Eritilgan metallni to'g'ri o'tqazishdan payvand buyumlarning deformatsiyasi:

a — chok simmetrik joylashganda; b, d — chok nosimmetrik joylashganda; e — valikni polosa chetiga kavsharlaganda; 1 — payvand choki; 2 — isitish zonasi; Δl — bo'ylama o'tkazishdan deformatsiyalanish kattaligi; b — isitish zonasining kattaligi.

tuzilmalarning paydo bo'lishi oqibatida yuz beradi. Bunday hodisa, ko'pincha, legirlangan po'latlarni payvandlashda yuz beradi. Ichki (xususiy) kuchlanishlar muvozanatlangan jism hajmiga bog'liq holda birinchi, ikkinchi va uchinchi turdagi kuchlanishlarga bo'linadi. Birinchi turdagi xususiy kuchlanishlar buyumning o'lchamlari yoki uning qismlari o'lchamlari bilan o'lhovdosh katta hajmlarga (makro-hajmlarga) nisbatan muvozanatlanadi va buyumning shakliga bog'liq holda ma'lum yo'nalishga ega bo'ladi. Ikkinchi tur xususiy kuchlanishlar jismning mikrohajmlari doirasida muvozanatlanadi, ya'ni metallning bitta yoki bir nechta donalari chegarasida muvozanatlanadi. Uchinchi tur xususiy kuchlanishlar kristall panjara chegarasida muvozanatlanadi. Ikkinchi va uchinchi tur kuchlanishlar ma'lum yo'nalishga ega emas.

O'z navbatida, xususiy kuchlanishlar bir o'qli (yoki chiziqli), ikki o'qli (yoki tekislikli) va uch o'qli (yoki hajmiy) bo'lishi mumkin. Mavjud bo'lish vaqtiga bog'liq holda ular texnologik operatsiyaning bajarilishi davrida yoki fizik jarayon o'tayotgan davrda vaqtinchalik va uzoq jarayon mobaynida barqaror saqlanadigan qoldiqli bo'lishi mumkin.

Payvand kuchlanishlarni kamaytirish usullari. Payvand kuchlanishlarini kamaytirish uchun uch asosiy usuldan foydalaniladi: eritib tayyorlangan metall hajmining optimal shaklidan foydalanish va isitishning yanada to'plangan manbalarini qo'llanish hisobiga kamaytiriladi; isitishdan plastik deformatsiyalar zonalarida qarama-qarshi ishorali qo'shimcha deformatsiyalar vujudga keltiriladi; deformatsiyaning vujudga kelishini va chokning simmetrik joylanishlariga ko'chishlarni erkin cho'kish bilan kompensatsiyalanadi. Amalda bu usullarni quyidagicha amalga oshirish mumkin.

Payvandlashda isitish temperaturalar maydonini, bir qator hollarda esa termik siklga ta'sir ko'rsatib, metallning hossalarini ham o'zgartiradi. Bunda tuzilmaviy almashishlar tomonidan vujudga keltiriladigan kuchlanishlar o'zgaradi. Isitish oquvchanlik chegarasini, elastiklik modulini va temperaturalar o'zgarishini kamaytiradi. Bu maksimal qoldiq kuchlanishlarning kamayishiga yordam beradi.

Toblash soviyotgan metall bo'yicha payvandlash jarayonida ham, u to'la sovigandan keyin ham qo'llaniladi. Toblash zarb yo'nalishiga tik bo'lgan tekislikda uzayishning plastik deformatsiyalarini vujudga keltirib, metall qalinligi bo'yicha o'tkaziladi. Bu bilan cho'zuvchi yoki qisuvchi qoldiq kuchlanishlarning kamayishiga erishiladi. Toblash juda katta qalinlikdagi metallni ko'p qatlamli payvandlashda tavsiya

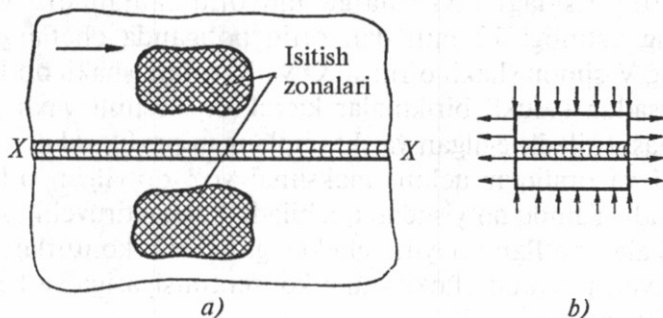
etiladi, bunda yoriqlar va sinishlar paydo bo'lmashligining oldini olish uchun ko'p qatlamli chokning birinchi va oxirgi qatlamlari toblanmaydi. Toblashga moyil bo'lgan metalldagi choklarni toblash lozim emas.

Qoldiq kuchlanishlarni pasaytirishning samarali vositasi chokni ham, chok atrofidagi zonani ham *prokatka* qilish hisoblanadi.

Metallga portlatish bilan *impulsli ishlov berishda* uning sirtqi qatlamida kuchlanishlar vujudga keltiriladi, bu esa qoldiq kuchlanishlarni qayta taqsimlashni shart qilib qo'yadi.

Shuningdek, ko'pincha statik yoki vibratsion kuchlanishlardan foydalaniladi. Bunda yuklash shu tarzda amalga oshiriladiki, bunda payvandlash zonasida cho'zuvchi kuchlanish yuzaga kelsin. Agar yuklash payvandlashdan so'ng bajarilsa, u holda yuklashdan yangidan vujudga kelgan kuchlanish qoldiq cho'zuvchi kuchlanishlar bilan qo'shilishi va plastik deformatsiyalarini chaqirishi zarur. Yuklanish olib tashlangandan so'ng kuchlanish pasayadi. Yuklanish sifatida cho'zilish yoki bukilish qo'llaniladi.

Agar payvand birikmaning ikkala tomonidan *isitish zonalari* tashkil etilsa (1.6-*a* rasm), u holda metall kengayib, konstruksiyalarning chok bo'ylab cho'zilishini va uning chokka ko'ndalang ravshda siqilishini vujudga keltiradi (1.6-*b* rasm). Kuchlanishlarning bunday sxemasi chok bo'yi yo'nalishidagi plastik deformatsiyalarning kechishi uchun qulaydir, bu esa qoldiq cho'zuvchi kuchlanishlar uchun aynan zarurdir. Agar isitish zonalarini chok bo'ylab aralashtirilsa va metallni issiqlik manbayi orqasida sovitilsa, u holda qoldiq kuchlanishlarning pasayish jarayonini uzluksiz qilish mumkin.



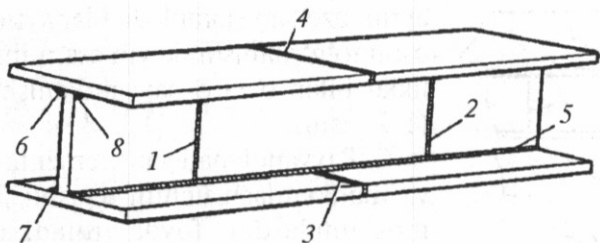
1.6-rasm. Mahalliy isitish yo'li bilan qoldiq kuchlanishlarni pasaytirish jarayonining sxemasi.

Payvandlashdan keyin bo'shatishni chok strukturasini tekislash (bir xillashtirish) va qoldiq kuchlanishlarni pasaytirish uchun qo'llaniladi, agar payvand konstruksiyasining mustahkamligiga va o'lchamlarining aniqligiga juda yuqori talablar qo'yilgan, shuningdek uning nozik yemirilishlarga qarshilik ko'rsatishini oshirish zarur bo'lsa, bo'shatishni qo'llash maqsadga muvofiq bo'ladi. Quyidagi bo'shatish turlari farq qilinadi: umumiy bo'shatish — buyum butunicha bir tekis isitiladi, mahalliy bo'shatish — konstruksiyaning payvand chok zonasidagi qismigina isitiladi, bosqichma-bosqich bo'shatish — isitish manbayi konstruksiya bo'ylab harakatlanadi, masalan quvurlar yoki qobiqlar va uning qismlari ketma-ket isitiladi, elementlar bo'yicha bo'shatish — payvand konstruksiyaning uzellariga termik ishlov beriladi, keyin esa ular o'zaro payvandlanadi. Bo'shatishning qoldiq kuchlanishlarni pasaytirish usuli sifatidagi asosiy afzalligi shundaki, metallning plastikligini kamaytiradigan plastik deformatsiyalarni vujudga keltirmaydi. Bo'shatishga qizitish, buyumning uzunligi va kesimi bo'yicha temperaturani bir xillashtirish, bo'shatish va sovitish temperaturasida tutib turish kiradi. Tutib turish taxminan uch soat mobaynida davom etadi, shundan so'ng tabiiy sovitish amalga oshiriladi.

Deformatsiyalarni kamaytirish usullari. Payvandlash natijasida vujudga keladigan deformatsiyalarni kamaytirish choralari ko'pchilik payvand birikmalarni loyihalash va tayyorlashning barcha bosqichlarida nazarda tutiladi. Loyihani tayyorlash bosqichida quyidagi konstruktiv qarorlar qabul qilinadi:

1. Eritiladigan metallning minimal hajmda bo'lishi belgilanadi, burchak choklari kesimlarini mustahkamlikka hisob qilib yoki minimal katetlar to'g'risidagi tavsiyalarga muvofiq tanlanadi. Masalan, metallning qalinligi 12 mm dan ortiq bo'lganda chetlarga ishlov berishning V-simon shakli o'rniga X- va K-simon shakli qo'llaniladi. Shu maqsadda uzlukli birikmalar kichikroq kesimli yaxlit choklar bilan almashtiriladi; egilgan va shtamplangan profillardan keng foydalaniladi va oraliqlar uchun maksimal yo'l qo'yilgan o'lchamlar belgilaniladi. Yamoq qo'yishdan qochiladi, kuchaytiruvchi ustqo'yma va kosinkalar qo'llanilmaydi, cheklangan berk konturlar vujudga keltirilmaydi, payvand choklarning konsentratsiyasiga va kesilishiga yo'l qo'yilmaydi.

2. Minimal issiqlik berib payvandlash usulidan foydalaniladi, masalan, bir o'tishli payvandlash o'rniga ko'p o'tishli payvandlashdan foydalaniladi.



1.7-rasm. Ikki tavrli to'sinda deformatsiyalarni muvozanatlash:
1—8 — choklarning tartib raqami.

3. To'sinli konstruksiyalar choklarining shunday ko'ndalang kesimli va joylashuvili choklari loyihalanadiki, bunda o'tkazish vujudga keltiradigan kuchlar momentlari muvozanatlangan bo'lsin (1.7-rasm). Bu usul choklarni bajarishning ketma ketligini tanlashdan iborat bo'lib, bunda avvalgi choklarni qo'yishda vujudga keladigan deformatsiyalarning kamayishi keyingi choklarni payvandlash bilan ta'minlanadi.

4. U yoki bu choklarni bajarishda ko'ndalang kesimlarning yuzlari imkoni boricha maksimal bo'ladigan yig'ish-tekshirish operatsiyalarining ketma-ketligiga intiladilar. Masalan, murakkab konstruksiyalarda elementlarni ketma-ket ko'paytira borish qamrovlarda keyinchalik payvandlash bilan butun konstruksiyani dastlabki yig'ishga qaraganda o'lchamlarning ko'proq buzilishini beradi.

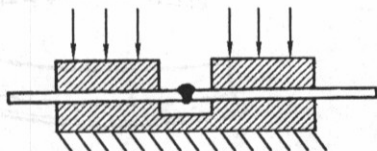
5. Ayrim hollarda butunlay konstruksiyaning buzilishlarini vujudga keltirmaslik uchun elementlarning o'tkazishdan erkin qisqartirilishi ta'minlanadi. Masalan, listlarning uchma-uch ulanishishini ularning konstruksiyaning boshqa qismlariga mahkamlagunga qadar bajarilib, bunda choklarning erkin ko'ndalang o'tqazishini ta'minlanadi.

6. Yupqa elementli konstruksiyalarda choklar yoki bikir elementlar ustida (1.8-rasm) yoki ular yaqinida joylashtiriladi.

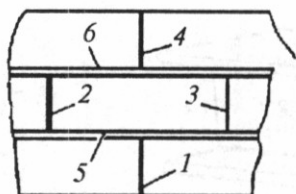
7. Berilgan o'lchamdagi payvand konstruksiyalarni hosil qilish uchun choklarni o'tqazish uchun prikuslar ko'zda tutiladi.

Payvandlash texnologiyasini ishlab chiqishda va amalga oshirishda quyidagi tadbirlardan foydalaniladi:

1. Yig'ish — payvandlash operatsiyalarining ratsional ketma-ketligi qo'llaniladi. Masalan, konstruksiya



1.8-rasm.
Listlarning bikir mahkamlanishi.



1.9-rasm.

**Yig'ish-payvandlash
operatsiyalarining
ketma-ketligi:**

1—6 — choklar holatining
tartib raqamlari.

ayrim uzellarga ajratiladi, ular ayrim ravishda oson to'g'rilanishi, keyin esa minimal xatoliklar bilan o'zaro payvandlanishi mumkin (1.9-rasm).

2. Payvandlanadigan elementlarni yig'ish va mahkamlash uchun tegishli jihozlar va moslamalardan foydalaniladi (masalan, uchma-uch birikmalarni payvandlashda yupqa metallarni siqish burchakli choklarni bajarishda qovurg'a va diafragmalarni mahkamlash va shular kabi). Ular o'lchami bo'yicha katta, lekin katta o'tkazish kuchlari

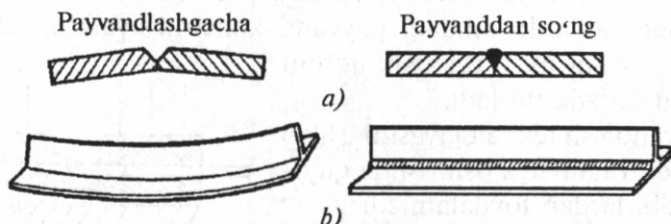
bilan birga kechmaydigan vaqtincha ko'chishlarni yo'qotishi uchun ayniqsa samaralidir.

3. Sun'iy deformatsiyalarni vujudga keltiradi, ko'pincha teskari bukilish bilan, uning kattaligi hisoblash yoki tajriba o'tkazish yo'li bilan aniqlanadi (1.10-rasm). Kelgusi ko'chishlarning o'rmini bosish maqsadida halqali choklarni payvandlashdan oldin obechayka chetlari yoyiladi.

4. Payvandlash zonasida maxsus moslamalar yordamida o'tqazuv kuchni kamaytirish uchun cho'zish kuchlanishlarini (odatda bukish bilan) vujudga keltiradilar. Bunday usuldan to'sinlarni payvandlashda foydalaniladi (1.11-rasm).

5. Kelgusi o'tkazishni hisobga olib zagotovkalarining yig'ish o'lchamlari belgilanadi, masalan, elektroshlakli payvandlashda uzunligi bo'yicha o'zgaruvchi oraliqni o'rnatiladi (1.12-a rasm), uchma-uch birikmalarni payvandlashda burchakli deformatsiyalar kompensatsiyalanadi (1.12-b rasm).

Payvandlashdan so'ng konstruksiyalarni to'g'rilash uchun turli xil mexanik va termik uslublardan foydalaniladi. Bosqon, domkrat, vintli presslar yoki boshqa qurilmalar yordamidagi mexanik tuzatishda odatda

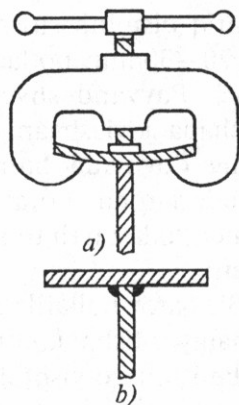


1.10-rasm. Teskari deformatsiyalar va buyum elementlarining
deformatsiyadan keyingi holati:

a — uchma-uch ulanishda; b — tavrli to'sin.

buyumning eng katta bukilgan tomonidan qo'yiladigan zarbli yoki statik yuklanish vujudga keltiriladi. Yupqa listli materialdan yasalgan buyumlarni prokatka usulida to'g'rilash mumkin. Prokatka metallning yo'g'onligi bo'yicha plastik deformatsiyasini vujudga keltiradi va asosan metallning bo'ylama uzayishiga va qisman ko'ndalang yo'nalishda uzayishiga olib keladi. Deformatsiyalarni prokatkalab bartaraf etish qalinligi 8—12 mm gacha bo'lgan po'latlar, titan va aluminiy qotishmalaridan iborat birikmalarda, ba'zan esa juda katta yo'g'onlikdagi birikmalarda amalga oshiriladi. Prokatkalashdan kam plastik materiallar uchun foydalanish tavsiya etiladi.

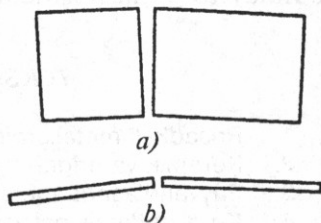
Termik tuzatish deformatsiyalangan konstruksiyalar metalining uncha katta bo'lmagan qismlarini mahalliy qizdirishdan iboratdir. Qizdirishni, odatda 600—860°C gacha bo'lgan katta quvvatli payvandlash gorelkalari bilan amalga oshiriladi. Sovitilganda qizigan uchastkalar siqiladi va buyumni to'g'rilaydi. Payvand tavrli to'sinning deformatsiyasini to'g'rilash (1.13-*a* rasm) vertikal devorning



1.11-rasm.

Polka (tokcha) ning holati:

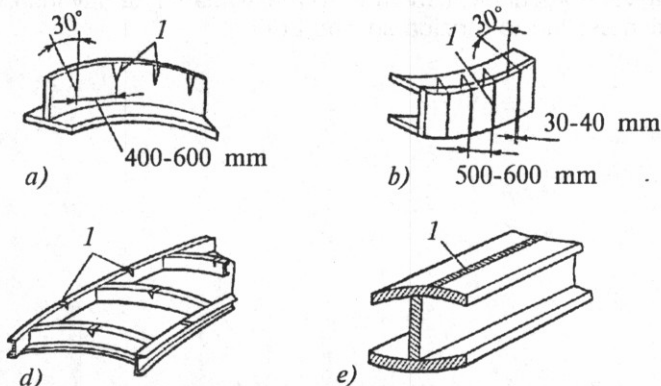
a — payvandlashdan oldin;
b — payvandlashdan keyin.



1.12-rasm.

Ko'chishlarni yaratish:

a — o'zgaruvchan zazorli; *b* — burchakni kompensatsiyalab.



1.13-rasm. Termik tuzatishda isitish uchastkalarining joylashishi:

a — tavrli to'sin; *b* — shveller kesimli to'sin;
d — shvellerlardan yasalgan rama; *e* — ikki tavrli to'sin.

qavariq qismini isitish bilan amalga oshiriladi. Isitish polosasining eni 20—30 mm bo'ladi. Isitish polosalari 30° burchak ostida tuta-shadi. Payvand shvellerlarni to'g'rilashda (1.13-*b* rasm) ikkala tokchada joylashgan uchburchakli isitish uchastkalaridan tashqari uning devorida ham bir qancha isitish polosalari bajariladi. Shvellerlardan iborat payvand ramani to'g'rilash sxemasi 1.13-*d* rasmda, ikki tavrli to'sinni to'g'rilash sxemasi 1.13-*e* rasmda ko'rsatilgan.

Bir qator hollarda termomexanik to'g'rilash qo'llaniladi, bu usul mahalliy isitishni konstruksiyaning egilishiga teskari yo'nalishda statik yuklanishni qo'yish bilan qo'shib olib borishdan iborat.

Konstruksiyani umumiy isitib moslamalardan foydalanmasdan termik to'g'rilash mumkin emas, chunki bu holda cho'zuvchi va siquvchi kuchlanishlarning pasayishi bir vaqtda yuz beradi va deformatsiyalarni to'g'rilash samarasi bo'lmaydi. Hozirgi vaqtda bunday to'g'rilash sanoatda keng qo'llaniladi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Prisadkali metallarning vazifasi qanday?
2. Keramik va erigan flyuslarning qo'llanish sohasini ko'rsating.
3. Payvandlashda metallurgiya jarayonlarini bayon qiling.
4. Ko'p qatlamli payvandlashda chok strukturasi o'zgarishini izohlab bering.
5. Po'latlarning payvandlanuvchanligini qanday omillar belgilaydi?
6. Payvandlashda kuchlanishlar va deformatsiyalarning vujudga kelish sabablari qanday?
7. Payvand kuchlanishlari va deformatsiyalarini kamaytirish va bartaraf etish usullari to'g'risida so'zlab bering.

2.1. NUQSONLARNING TURLARI VA KO'RINISHLARI

Payvandlash ishida nuqsonlarni quydagi turlarga ajratish qabul qilingan:

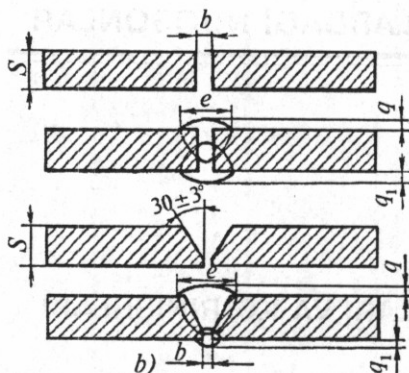
1. Buyumlarni payvandlashga tayyorlash va yig'ishdagi nuqsonlar.
2. Chok shakli nuqsonlari.
3. Tashqi va ichki nuqsonlar.

Payvandlashga tayyorlash va yig'ishdagi nuqsonlar. Eritib payvandlashda nuqsonlarning o'ziga xos ko'rinishlari quyidagilar hisoblanadi: V-simon, X-simon va U-simon choklarda chetlarining og'ish burchaklarining noto'g'riligi, ulanayotgan uchlarining uzunlik bo'yicha juda ko'p yoki kam to'mtoqlashuvi (o'tmaslashuvi); ulanayotgan elementlar uzunligi bo'yicha chetlari orasidagi oraliqning bir xil bo'lmasligi; ulanayotgan tekisliklarning bir-biriga mos kelmasligi, payvandlanayotgan detallar chetlari orasidagi oraliqning juda kattaligi, chetlarining qatqatlashuvi va ifloslanishi.

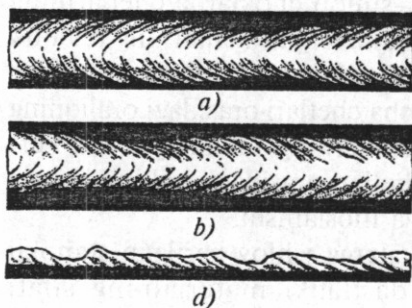
Aytib o'tilgan nuqsonlar zagotovkalarga ishlov berilgan stanokli qurilmaning nosozligi oqibatida; dastlabki materialning sifati yomonligidan, chizmalardagi xatoliklardan; chilangar va yig'uvchilar malakasining pastligidan vujudga kelishi mumkin.

Chok shakli nuqsonlari. Payvand choklarining shakli va o'lchamlari odatda texnik shartlar bilan beriladi, chizmalarda ko'rsatiladi va standartlar bilan tartibga solinadi. Uchma-uch choklarning konstruktiv elementlari (2.1-rasm) ularning eni e , kuchaytirish balandligi q va eritib quyishlar q_1 hisoblanadi; tavrli va ustma-ust qiya chetlarsiz bo'lgan burchak choklarning (2.2-rasm) konstruktiv elementlari esa katet K va qalinlik a hisoblanadi. Choklarning o'lchamlari payvandlanayotgan metallning qalinligi S ga va konstruksiyalardan foydalanish shartlariga bog'liq.

Payvand birikmalarni eritib payvandlashning istagan uslublari bilan bajarishda choklarning eni va balandligi notekis bo'lishi, balandliklar,



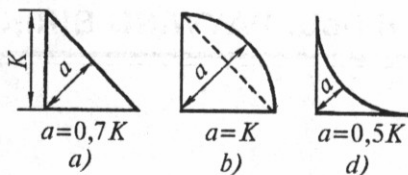
2.1- rasm. Uchma-uch choklarning asosiy konstruktiv elementlari: *a* — kichik qalinlikdagi uchlarni tayyorlamasdan; *b* — V-simon ajratish bilan.



2.3-rasm. Chok shakllari nuqsonlari: *a* — dastaki payvandlashda kengligining notekisligi; *b* — shuning o'zi avtomatik payvandlashda; *d* — notekis kuchaytirish — do'ngliklar va chuqurliklar.

dastaki payvandlashda payvandchining malakasi yetishmasligi sababli va birinchi navbatda payvandchining KHK hususiyati bilan; puxta-kalarni eritishning noto'g'ri usullari, elektrodning qoniqsiz sifati bilan izohlanadi.

Avtomatik payvandlashda bu nuqsonlar kam uchraydi va payvandlash tezligini sozlovchi avtomat mexanizmidagi nosozliklar oqibatida bo'ladi.

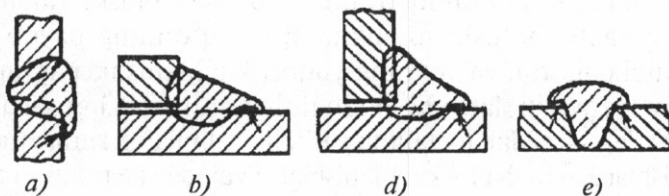


2.2-rasm. Valikli choklarning asosiy konstruktiv elementlari: *a* — normal (me'yordagi); *b* — qavariq; *d* — botiq.

chuqurchalar, katetlari va burchak choklarining balandligi bir tekis bo'lmashligi mumkin (2.3-rasm).

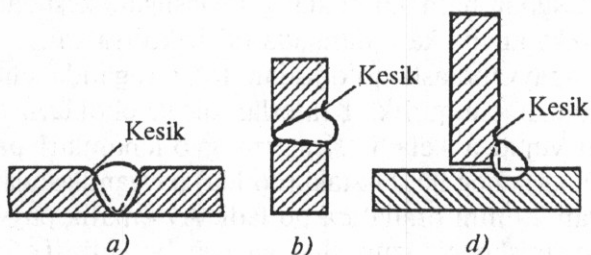
Choklarning notekis kengligi payvandchining ko'rish-harakatlanish koordinatitsiyasiga (KHK) bog'liq bo'ladigan elektrodning noto'g'ri harakatlari natijasida, shuningdek, yig'ishda chetlar orasida vujudga kelgan berilgan oraliqdan og'ishlar natijasida paydo bo'ladi. Avtomatik payvandlashda bunday nuqsonning vujudga kelishi sababi simni uzatish tezligining, payvandlash tezligining buzilishi va hokazolar hisoblanadi.

Chok uzunligi bo'yicha kuchaytirishning notekisligi, mahalliy balandliklar va chuqurliklar



2.4-rasm. Choklardagi oqmalar:

a — gorizontal; *b* — ustma-ust birikmalarda; *d* — tavrli birikmada;
e — uchma-uch birikmalarda yoki valiklarni eritib qo'yishda.



2.5-rasm. Kesiklar:

a — uchma-uch chokda; *b* — vertikal tekislikda o'rnatilgan gorizontal chokda;
d — tavrli birikmaning burchakli chokida.

Chok shaklining sanab o'tilgan nuqsonlari birikmaning mustahkamligini pasaytiradi va ichki nuqsonlar paydo bo'lishi mumkinligini bilvosita ko'rsatadi.

Tashqi nuqsonlarga oqmalar, kesiklar, to'ldirilmagan kraterlar, kuyindilar kiradi.

Oqmalar elektrodning erigan metali erimagan asosiy metall ustiga oqib tushganda yoki oldin bajarilgan valikka u bilan qorishmasdan oqib tushishi natijasida vujudga keladi (2.4-rasm). Oqmalar ayrim zonalar ko'rinishidagi mahalliy, shuningdek uzunligi bo'yicha ancha katta bo'lishi mumkin. Oqmalar yoy uzun bo'lganda tok kuchi haddan ortiqligi va payvandlash tezligi katta, chokning fazoviy holati noqulay bo'lganda (vertikal, shipda), payvand choki qo'yiladigan tekislik qiyalgi katta bo'lganda, flyus ostida halqali choklarni payvandlashda elektrod noto'g'ri yuritilganda yoki elektrod simi noto'g'ri ko'chirilganda; vertikal choklarni pastdan yuqoriga tomon bajarganda va payvandchining tajribasi yetarli bo'lmaganda vujudga keladi.

Kesiklar asosiy metallda chokning chetlari bo'ylab ketuvchi chuqurliklardan (ariqchalardan) (2.5-rasm) iborat bo'ladi. Kesik

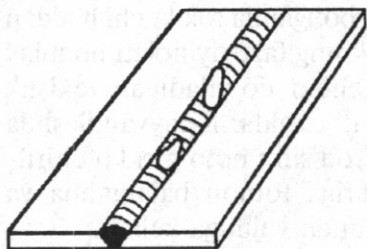
(kesma) chuqurligi millimetrning o'ndan bir ulushlaridan bir necha millimetrgacha bo'lishi mumkin. Bu nuqsonning paydo bo'lishiga katta kuchdagi tok va yoyning yuqori kuchlanishi; payvandlashdagi noqulay fazoviy holat; payvandchining ehtiyotsizligi sabab bo'ladi.

Chokdagi kesiklar metallning ishchi qalinligini kamaytiradi, ishchi yuklanishlardan mahalliy kuchlanishlarni vujudga keltiradi va foydalanish jarayonida choklarning yemirilishi sababchi bo'lishi mumkin.

Ta'sir qiluvchi kuchlanishlarga ko'ndalang joylashgan uchma-uch va burchakli choklardagi kesiklar vibratsion mustahkamlikning keskin pasayishiga olib keladi; ta'sir qiluvchi kuchlanish bo'ylab joylashgan hatto yirik kesiklar ham ko'ndalang joylashgan kesiklardan ko'ra mustahkamlikka ancha kam darajada ta'sir ko'rsatadi.

Krater — payvandlash qo'qqisidan to'xtatilganda chok oxirida paydo bo'ladigan chuqurlik. Kraterlar qisqa choklarni bajarishda ayniqsa ko'p vujudga keladi. Kraterning o'lchamlari payvandlash tokining kattaligiga bog'liq. Dastaki (qo'lda) payvandlashda kraterning diametri 3 dan 20 mm oralig'ida bo'ladi. Avtomatik payvandlashda u ariqcha ko'rinishdagi uzun shaklga ega bo'ladi. To'ldirilmagan kraterlar payvand birikmaning mustahkamligiga noqulay ta'sir ko'rsatadi, chunki ular kuchlanishlarning konsentratorlari bo'lib hisoblanadi. Vibratsion yuklanishda kam uglerodli po'lat birikma mustahkamligining pasayishi 25% ga yetadi, kam legirlangan po'lat birikmalar chokida krater mavjud bo'lganda mustahkamlikning pasayishi 50% ni tashkil etadi.

Kuyindilar — payvand chokida ochiq teshik ko'rinishidagi nuqsonlar bo'lib, ular payvand vannasining oqib chiqib ketishi oqibatida, uncha katta bo'lmagan qalinlikdagi metallni va ko'p qatlamli choklarda birinchi qatlamni payvandlashda, shuningdek vertikal choklarni pastdan yuqoriga tomon payvandlashda vujudga keladi (2.6-rasm).



2.6-rasm. Kuyindilar.

Kuyishlarning sababi yoyning had-dan tashqari yuqori pogon energiyasi, notekis tezlikda payvandlash, ta'minot manbayini to'xtatish, payvandlanadigan elementlar chetlari orasidagi zazorning kattaligidan iborat. Barcha hollarda kuydirishda yuzaga keladigan teshik to'ldirilsa ham, biroq shu joydagi chok tashqi ko'rinishi va sifatiga ko'ra qoniqarsiz bo'ladi.

Kuygan joylar metall uchida yoyning uygʻonishi natijasida («elektrod bilan yondirishda») vujudga keladi. Bu nuqson kuchlanishlarning toʻplanishi manbai boʻladi, uni mexanik usulda bartaraf etiladi.

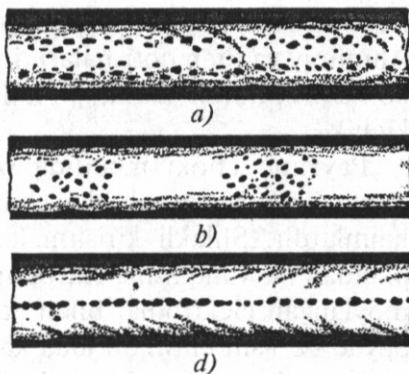
Ichki nuqsonlar. Ularga boʻshliqlar (gʻovaklar), shlakli qoʻshilmalar, pishmaganlar, qorishmaganlar va yoriqlar kiradi. Dumaloq shakldagi boʻshliqlar koʻrinishdagi, gaz bilan toʻldirilgan gʻovaklar (2.7-rasm) payvandlanayotgan metall uchlarining ifloslanganligi, nam flyusdan yoki nam elektrod-

lardan foydalanganlik, karbonat angidridi muhitida payvandlashda chokni himoyalash yetarlicha boʻlmasligi, payvandlash tezligi orttirilgani va yoy uzunligi ortiqcha boʻlishi oqibatida vujudga keladi. Karbonat angidrid gazi muhitida, ayrim hollarda esa katta toklarda flyus ostida payvandlashda ochiq gʻovaklar — svishlar hosil boʻladi.

Ichki boʻshliqlarning oʻlchamlari diametrlari 0,1 mm dan 2—3 mm gacha, baʼzan esa undan ham ortiq boʻladi. Chok sirtiga chiquvchi boʻshliqlar katta oʻlchamli boʻlishi ham mumkin. Flyus ostida va karbonat angidrid gazida katta toklarda payvandlashda svishlar 6—8 mm gacha diametrga ega boʻlishi mumkin. «Qurtsimon» gʻovaklar bir necha santimetrli uzunlikka ega boʻladi.

Bir tekis gʻovaklik (2.7-*a* rasm) muntazam taʼsir etuvchi omillarda: asosiy metallning payvandlanayotgan sirtlar boʻyicha ifloslanganda (zang bosganda, moy tekkanda va hokazo), elektrodlar qoplamasi qalinligi bir hil boʻlmaganda va hokazolarda sodir boʻladi. Boʻshliqlarning toʻplanishi (2.7-*b* rasm) mahalliy ifloslanishlarda yoki payvandlashning belgilangan tartibidan chetga chiqilganda, shuningdek elektrodni moylash yaxlitligi buzilganda, chok boshida payvandlashda, yoy uzilganda yoki uning uzunligi tasodifan oʻzgartirilganda paydo boʻladi.

Boʻshliqlar zanjiri (2.7-*d* rasm) gazsimon mahsulotlar metallga chok oʻqi boʻylab uning butun boʻyi boʻylab singib ketganida vujudga keladi (zang boʻyicha payvandlashda, chok ildizini sifatsiz elektrodlar bilan eritishda). Yakka boʻshliqlar tasodifiy omillarning taʼsiri hisobiga



2.7-rasm. Chokda erigan metallidagi gʻovakning koʻrinishi:

a — bir tekis gʻovaklik; *b* — boʻshliqlarning toʻplanganligi; *d* — boʻshliqlar zanjiri.

(tarmoqda kuchlanishning o'zgarib turishi va hokazo) paydo bo'ladi. Aluminiy va titan qotishalarini payvandlashda bo'shliqlarning paydo bo'lishi ehtimoli katta, po'latlarni payvandlashda esa bu ehtimol kichik.

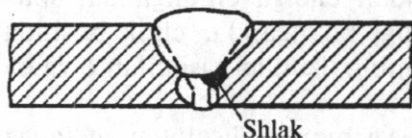
Payvand choki metalida **shlakli kirishmalar** — bu nometall moddalar (shlaklar, oksidlar) bilan to'ldirilgan uncha katta bo'lmagan hajmlardir. Shlakli kirishmalarning paydo bo'lishi ehtimoli ko'p jihatdan payvandlash elektrodining markasi bilan belgilanadi. Yupqa moylangan elektrodlar bilan payvandlashda shlakli kirishmalarning paydo bo'lishi ehtimoli juda kattadir.

Ko'p shlak beruvchi sifatli elektrodlar bilan payvandlashda erigan metall suyuq holatda uzoqroq vaqt turadi va nometall kirishmalar uning sirtiga qalqib chiqishga ulguradi, buning natijasida chok shlak kirishmalari bilan ozroq miqdorda ifloslanadi.

Shlakli kirishmalarni makro va mikroskopik kirishmalarga ajratish mumkin. Makroskopik kirishmalar cho'zilgan «dumlar» ko'rinishidagi sferik va cho'ziq shaklga ega bo'ladi. Bu kirishmalar chokda payvandlanayotgan uchlarni kuyindi va boshqa iflosliklardan yaxshilab tozalamaslik oqibatida va ko'pincha ichki kesiklar hamda ko'p qatlamli choklarning birinchi qatlamlari sirtlarini keyingilarini payvandlashdan oldin shlakdan yomon tozalaganda paydo bo'ladi (2.8-rasm).

Makroskopik shlakli kirishmalar eritish jarayonida kristallanishda chokda qoladigan ayrim kimyoviy birikmalarning paydo bo'lishi natijasida vujudga keladi.

Oksidli plyonkalar payvandlashning barcha turlarida vujudga kelishi mumkin. Ularning paydo bo'lishi sababi shlakli kirishmalar kabi: payvandlanayotgan sirtlarning ifloslanganligi, ko'p qatlamli payvandlashda chok qatlamlari sirtining shlakdan yomon tozalanishi; elektrod qoplama yoki flyusning sifati pastligi; payvandchining malakasi pastligi va hokazo.

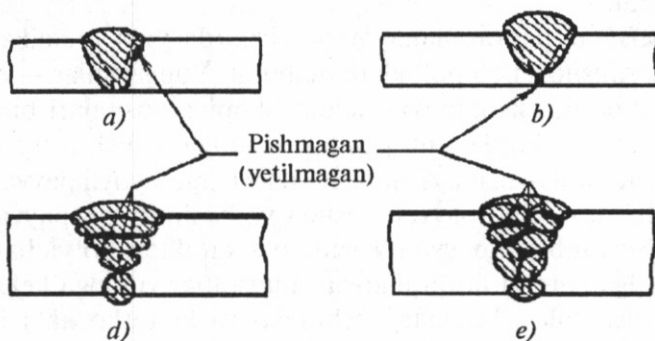


2.8-rasm. Ko'p qatlamli chokda uchning kesilishi bo'yicha shlakli kirishmalar.

Neprovarlar (chala payvand) — payvand birikmasida chetlarning to'liq erimasligi yoki avval bajarilgan valiklarning to'liq erimasligi oqibatida mahalliy erimaslik ko'rinishidagi nuqsondir. Asosiy metallning eritilgan metall bilan qorishmasligi ko'rinishidagi nepro-

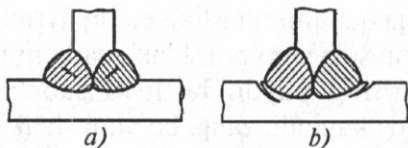
varlar (2.9-*a* rasm), oksidlarning yupqa qatlamini tashkil etadi, ayrim hollarda esa asosiy va eritilgan metall orasidagi qo‘pol shlakli qatlamni tashkil etadi. Bunday neprovarlarning paydo bo‘lishi sababi payvandlanayotgan detallar chetlarining kuyindi, zang, bo‘yoq, shlak, moy va boshqa ifloslanishlardan yomon tozalanishi, yoyning magnit maydonlar ta‘sirida adashishi yoki og‘ishi, ayniqsa o‘zgarmas tokda payvandlashda; elektrodlar oson eruvchi materialdan tayyorlanganda, bunday elektrodlar bilan chok to‘ldirilganda suyuq metall erimagan chok chetlariga oqib tushadi, payvandlash tezligi haddan tashqari tez, bunda payvandlanayotgan chetlar (uchlar) erishga ulgurmaydi; elektrodning payvandlanayotgan uchlarning birortasi tomon ancha siljishi, bunda erigan metall ikkinchi erimagan uchga oqib, pishmagan joyni yopadi; asosiy metall, payvand simi, elektrodlar, flyuslar va hokazolarning sifati qoniqarsizligi; payvandlash qurilmasining qoniqarsiz ishlashi — payvandlash jarayonida payvandlash toki kuchining va yoy kuchlanishining tebranishi (o‘zgarishi); payvandchining malakasi pastligi.

Chok ildizida (asosida) pishmagan joylarning paydo bo‘lishi sabablari (2.9-*a* rasm) yuqorida aytib o‘tilganlardan tashqari uchlarning qiyalik burchagining yetarli bo‘lmasligi; ular o‘tmaslashishining yuqori kattalikdaligi; payvandlanayotgan detallar uchlari orasidagi oraliqning yetarli emasligi; chok oralig‘iga quyiladigan elektrod yoki prisadka simi kesimining kattaligi, bu asosiy metallning erishini ancha qiyinlashtiradi. Alohida qatlamlar orasida pishmaganlik (2.9-*d, e* rasm) quyidagi sabablarga ko‘ra yuzaga keladi: oldingi valik qo‘yilganda vujudga keladigan shlak to‘la olib tashlanmagan, bu hol uni olib tashlash qiyinligidan yoki payvandchining pala-partishligi tufayli yuzaga kelishi



2.9-rasm. Pishmagan (yetilmagan) joylar:

a — asosiy metall bilan uchi bo‘yicha; *b* — chok ildizida;
d — alohida qatlamlar orasida; *e* — valiklar orasida.



2.10-rasm. Payvand chok va birikmalardagi yoriqlar:

a — eritilgan metallda; b — erish va termik ta'sir zonalarida.

mumkin; issiqlik quvvati yetarli emasligi (kichik tok, juda uzun yoki qisqa yoy).

Yoriqlar — darz ko'rinishidagi payvand birikmaning qisman mahalliy yemirilishi (buzilishi) (2.10-rasm). Yoriqlarning paydo bo'lishiga quyidagi omillar sabab bo'ladi: qattiq mahkamlangan

konstruksiyalarda legirlangan po'latlarni payvandlash, havoda toblashga moyil bo'lgan uglerodli po'latlarni payvandlashda sovitish tezligining yuqoriligi; konstruksion legirlangan po'latni avtomatik payvandlashda yuqori uglerodli elektrod simning qo'llanilishi; qalin devorli idishlar va buyumlarda ko'p qatlamli choklarning birinchi qatlamini qo'yishda payvand tokining yuqori zichliklaridan foydalanish; elektr-shlakli payvandlashda detallar uchlari orasidagi oraliqning yetarli emasligi; flyus ostida avtomatik payvandlashda haddan ortiq chuqur va tor choklar; past temperaturada payvandlash ishlarini bajarish; konstruksiyalarni «kuchaytirish» uchun choklarni haddan ortiq kuchaytirish (ustma-ust qo'yishlarning qo'llanishi va hokazo), buning natijasida payvand birikmada yoriqlarning paydo bo'lishiga imkon beruvchi payvand kuchlanishlar ortadi; payvand birikmalarda kuchlanishlarning konsentratorlari hisoblanadigan boshqa nuqsonlarning mavjudligi, ular ta'sirida bu nuqsonlar sohasida yoriqlar rivojlanib boshlaydi.

Yoriqlar eng havfli nuqsonlar qatoriga kiritiladi va amaldagi barcha me'yoriy-texnik hujjatlarga ko'ra yo'l qo'yib bo'lmaydigan nuqsonlar hisoblanadi.

Yopishishlar payvandlanayotgan sirtlarda yoki metall chetlarida kichik ko'rinishdagi qo'polliklardan iborat. Yopishishlar — juda havfli nuqsonlar bo'lib, zamonaviy defektoskopiya vositalari bilan yaxshi aniqlanmaydi. Bunday nuqsonlar vujudga kelishining eng ko'p ehtimoli aluminiy-magniyli qotishmalarni argon yoyli payvandlashda, shuningdek kontaktli payvandlashda va bosim bilan payvandlashda bo'ladi. Bosim bilan payvandlashda o'z xarakteri bo'yicha yuqorida sanab o'tilganlardan farq qiladigan nuqsonlar vujudga keladi. Biroq shlakli kirishmalar, kesiklar, toshmalar va kraterlar kabi nuqsonlar odatda uchramaydi.

Uchma-uch, nuqtali va chokli kontakt payvandlashning umumiy nuqsonlari metallning kuyishi, chala payvandlanish, erimay qolganlik,

g'ovaklik, radial va bo'ylama yoriqlar hisoblanadi. Bu nuqsonlar payvandlash texnologiyasining buzilishi natijasida vujudga keladi (katta yoki kichik tokda, bosim, cho'kish tezligi noto'g'ri tanlanganda, tok ostida ushlab turish davomiyligi noto'g'ri tanlanganda va hokazo). Bu nuqsonlarning barchasi birikmalarning ish qobiliyatini pasaytiradi. Bosim bilan payvandlashdagi nuqsonlarni eritib payvandlashdagi nuqsonlarga qaraganda aniqlash odatda ancha murakkab.

2.2. PAYVANDLASHDAGI NUQSONLARNING KONSTRUKSIYALAR ISH UNUMIGA TA'SIRI

Payvand birikmalarning sifatini nazorat qilishda va ularning foydalanishda yaroqliligini baholashda tashqi va ichki nuqsonlarning konstruksiyaning mustahkamlik xarakteristikalariga ta'sirini bilish zarur. Nuqsonlarning xavfliligi ularning xususiy xarakteristikalari (turlari, ko'rinishlari, o'lchovlari, shakllari va h. k.)ning ta'siri bilan bir qatorda ko'pgina konstruksion va ekspluatatsion omillarga bog'liq. Bu masalani o'rganish ham amaliy, ham nazariy jihatdan katta qiyinchiliklar tug'diradi. Ko'pchilik hollarda u yoki bu turdagi nuqsonning konstruksiyalarning ishlash qobiliyatiga ta'sir ko'rsatish darajasi nuqsonli namunalarni sinab aniqlanadi.

Konstruksiyani foydalanishga topshirishda dastavval tashqi nuqsonlarning yo'l qo'yilishi baholanadi. Tashqi nuqsonlarga yo'l qo'yish qiymatlari, odatda, konstruksiyani tayyorlashga oid texnik shartlarda ko'rsatilgan va undan foydalanish shart-sharoitlariga bog'liq. Chokni kuchaytirish statik mustahkamlikni kamaytirmasligi aniqlangan, biroq u vibratsion mustahkamlikka kuchli ta'sir ko'rsatadi.

Chok qancha ko'p kuchaytirilsa, va binobarin, asosiy metalldan eritiladigan metallga o'tish burchagi qancha kichik bo'lsa, u chidamlilik chegarasini shuncha kuchliroq pasaytiradi. Shunday qilib, chokni haddan ortiq kuchaytirish vibratsion, dinamik va takroriy-statik yuklanishlarda ishlovchi payvand birikmalar sifatini yaxshilash bo'yicha texnologik jarayonni optimallashtirishdan olingan barcha afzalliklarni yo'qqa chiqarishi mumkin.

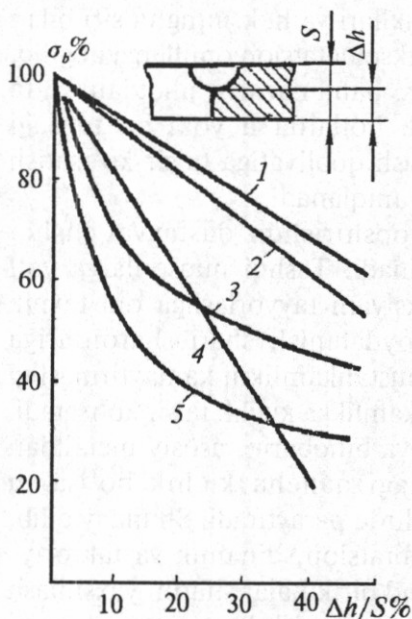
Kesik xavfli tashqi nuqson hisoblanadi. Unga chidamlilikka ishlaydigan konstruksiyalarda yo'l qo'yilmaydi. Statik yuklanishlar ta'sirida ishlovchi konstruksiyalarda chok kesimini ko'pi bilan 5% ga susaytiruvchi, uzunligi uncha katta bo'lmagan kesiklarni joiz kesiklar deb hisoblash mumkin.

G'uddalar choklarning tashqi shaklini o'zgartirib, kuchlanishlar konsentrator (markaz)larini hosil qiladi va shu bilan konstruksiyalarning pishiqligini pasaytiradi. Katta davomiylikdagi g'uddalarni nojoiz nuqsonlar deb hisoblash lozim, chunki ular kuchlanishlarni to'plagandan tashqari ko'pincha chala payvandlanishlar bilan birga bo'ladi.

Payvandlash rejimlarining me'yordagilardan tasodifiy chetlashishlari bilan yuzaga kelgan uncha katta bo'lmagan mahalliy g'uddalarni joiz nuqsonlar deb hisoblash mumkin.

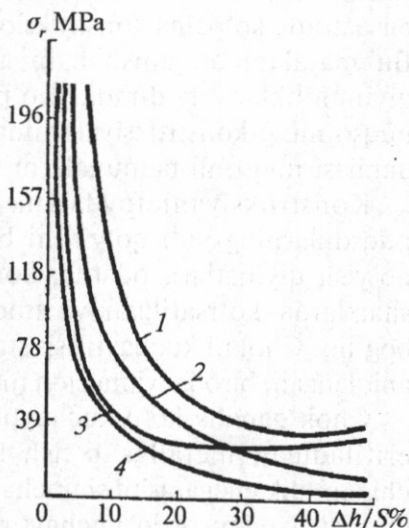
Kraterlar, kuyindilar singari nuqsonlar barcha hollarda nojoiz nuqsonlar hisoblanadi va tuzatilishi kerak.

Payvand birikmaning sifatini yakuniy baholash uchun nazoratchi ichki nuqsonlarning joiz chegarasini bilishi kerak, bu chegara sinovlar asosida o'rnatiladi. Ko'p sonli tadqiqot natijalarining ko'rsatishicha plastik materiallar uchun statik yuklanishda (2.11-rasm, 1, 2, 4 egri



2.11-rasm. Chok ildizi neprovari nisbiy chuqurligi $\Delta h/S$ ning tutashtiriluvchi birikmalarning statik mustahkamligiga ta'siri (kuchaytirishsiz):

1 — Cr3 po'lati; 2 — 12X18H9T po'lati; 3 — 25XГΦА po'lati; 4 — Д16Т; 5 — 30XГЧА po'lati.



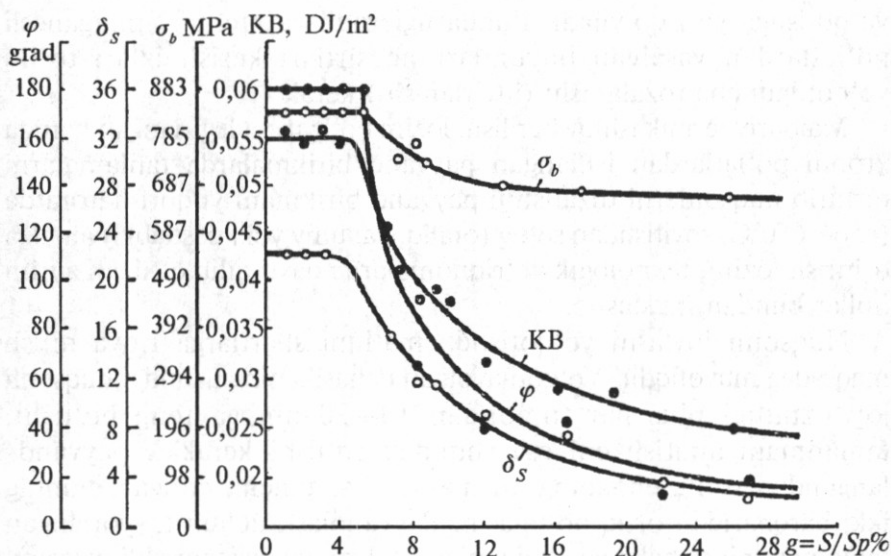
2.12-rasm. Nuqsonlarning $\Delta h/S$ nisbiy kattaligining kam uglerodli po'atlardan tayyorlangan tutashtiriluvchi payvand birikmalarning charchash mustahkamligiga ta'siri (kuchaytirishsiz):

1 — kesiklar; 2 — bo'shliqlar; 3 — chok ildizining yaxshi eritilmaganligi; 4 — shlaklar.

chiziqlar) chala payvand (neprovar) kattaligining ularning mustahkamligi kamayishiga ta'siri neprovarning nisbiy chuqurligiga yoki uning yuziga to'g'ri proporsional. Plastikligi kichik va o'ta mustahkam materiallar uchun statik yuklanishda (2.11-rasm, 3, 5), shuningdek dinamik yoki vibratsion yuklanishda (2.12-rasm) ish unumini yo'qotish bilan nuqson kattaligi orasidagi mutanosiblik buziladi.

Chok kesimida nisbiy yuzi 5—10% gacha bo'lgan bo'shliqlar va shlakli kirishmalar birikmaning statik mustahkamligiga amalda kam ta'sir ko'rsatishi aniqlangan (2.13-rasm). Agar choklar ancha katta kuchaytirilgan bo'lsa, u holda yig'indi yuzi chok kesimining 10—15% ga teng bo'shliqlar va shlakli kirishmalar statik mustahkamlikka kam ta'sir qiladi. Bir qator konstruksiyalar (garovga qo'yiladigan detallar, armaturaning ulanish joylari) uchun bunday nuqsonlarning joylashgan o'rniga bog'liq holda ularning joiz kattaligi chok kesimining 10—25% ini tashkil etishi mumkin.

Yoriqlar, oksidli plyonkalar, erib qo'shilmay qolganlar kabi nuqsonlar nojoiz nuqsonlar hisoblanadi.



2.13-rasm. Nuqsonlarning (bo'shliqlarning) nisbiy yuzining legirlangan po'latdan qilingan tutashtiruvchi birikmalarning mexanik xossalriga ta'siri ($\delta_b = 850$ MPa toblashdan va yumshatishdan so'ng).

2.3. NUQSONLARNI TUZATISH USULLARI

Nojoiz tashqi va ichki nuqsonlar aniqlanganda ular albatta bartaraf qilinadi. Tashqi nuqsonlarni yo'qotish tanlangan joylarda silliq o'tishlarni ta'minlagan holda jilvirlash orqali amalga oshiriladi. Agar yig'maning maksimal chuqur joyida detal devorining minimal joiz qalinligi saqlangan bo'lsa, tanlab olingan joylarni payvandlamasa ham bo'ladi. Chokning teskari tomonidan nuqsonlarni yo'qotish asosiy metall bilan chok yuzining butun uzunligi bo'ylab chokning teskari tomonidan amalga oshiriladi. Agar mexanik ishlov berish jarayonida (jilvirlashda) tashqi nuqsonlarni to'la tuzatish imkoni bo'lmasa, u holda ularni, nojoiz nuqsonlar sifatida to'la yo'qotish zarur.

Chuqurlashgan tashqi va ichki nuqsonlarni (nuqsonli uchastkalarni) yo'qotish, aluminiy, titan va ularning qotishmalaridan yo'qotishni faqat mexanik usulda abraziv asbob bilan jilvirlash yoki kesish, shuningdek kesib tashlab, keyin jilvirlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Bir qator hollarda po'latdan yasalgan konstruksiyalarda nuqsonli uchastkalarni havo-yoyli yoki alangali-yoyli strojka bilan keyinchalik tanlab olingan sirtni abraziv asboblardan bilan ishlov berib yo'qotishga yo'l qo'yiladi. Bunda uglerodli va kremniy-marganesli po'latlardan yasalgan buyumlarning sirtlari kesish izlari to'liq yo'qotilguncha tozalanishi (jilvirlanishi) kerak.

Majburiy termik ishlov berilishi lozim bo'lgan va legirlangan hamda xromli po'latlardan ishlangan payvand birikmalarda tanlamalarni pishirib nuqsonlarni tuzatishni payvand birikmani yuqori haroratda (450—650°C) sovitishdan so'ng (oraliq, yakuniy yoki dastlabki) amalga oshirish lozim, texnologik yo'riqnomalarda qayd qilib o'tilgan ayrim hollar bundan mustasno.

Nuqsonli joylarni yo'qotishda ma'lum shartlarga rioya qilish maqsadga muvofiqdir. Yo'qotilayotgan uchastkaning uzunligi nuqsonli joy uzunligi plus har tomondan 10—20 mm ga teng bo'lishi, tanlanmani ajratish eni esa shunday bo'lishi kerakki, payvandlangandan so'ng chokning eni payvandlanguncha bo'lgan enining ikki barobaridan ortiq bo'lmasin. Payvandlash uchun tayyorlangan tanlamalarning shakli va o'lchamlari istalgan joyda ishonchli payvand qilish imkonini ta'minlashi kerak. Har bir tanlanmaning sirti keskin chiqiqlarsiz, o'tkir chuqurliklar va do'ngliklarsiz silliq qiyofaga ega bo'lishi kerak. Nuqsonli uchastkani payvandlashda asosiy metallning yaqinidagi uchastkalarining qamrab olinishi ta'minlanishi kerak.

Payvandlangandan so'ng uchastkani kraterdagi chuqurliklar va do'ngliklarni to'liq yo'qotilguncha tozalash, unda asosiy metallga silliq o'tilishini ta'minlash zarur.

Ochiq yoriqli payvand choklarda payvandlashdan oldin yoriqlar tarqalib ketishning oldini olish uchun ularning uchlarini parmalab teshish talab qilinadi. Bunday holda nuqsonli qism to'liq chuqurlikka payvandlanadi. Nuqsonli qismni payvandlashni eritib payvandlash usullaridan biri (dastaki, yoyli, inert gazlar muhitida yoyli va h. k.) bilan amalga oshiriladi.

Payvand birikmalarning tuzatilgan choklari buyumning sifatiga qo'yiladigan talablarga muvofiq takroran nazoratdan o'tkazilishi kerak. Agar bunda ham yana nuqsonlar aniqlansa, u holda zarur talablarga rioya qilgan holda ularning takroriy tuzatilishi amalga oshiriladi. Aynan bitta nuqsonli uchastkani tuzatish soni konstruksiyaning ahamiyatlilik toifasiga bog'liq va odatda, uchtdan ortmaydi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Tashqi nuqsonlarning paydo bo'lishiga qanday asosiy omillar ta'sir ko'rsatadi?
2. Ichki nuqsonlarning paydo bo'lishi sabablarini ayting va ularning payvand konstruksiyalarning ish qobiliyatiga ta'siri to'g'risida so'zlab bering.
3. Nuqsonlarni tuzatishning mavjud usullarini sanab o'ting.

3.1. DASTLABKI MATERIALLARNI NAZORAT QILISH

Payvand birikmalarning sifati yuqori bo'lishini ta'minlash uchun dastlabki materiallar (asosiy metall, elektrodlar, payvandlash simi, flyuslar, himoya gazlari va h. k.)ni nazorat qilish zarur. Dastlabki materiallarning sifati sertifikat ma'lumotlari asosida belgilanadi, buning uchun ularning buyumni payvandlashning mazkur texnologik jarayoni, talablariga muvofiqligi aniqlanadi. Tashqi nuqsonlar mavjud bo'lganda, shuningdek sertifikatlar bo'lmaganda dastlabki materiallarni faqat kimyoviy tahlil, mexanik sinovlar va payvandlanuvchanlikni aniqlash sinovlari o'tkazilgandan so'ng foydalanishga ruxsat etiladi.

Quyma zagotovkalar ko'rinishidagi asosiy metallda bo'shliqlar, cho'kma rakovinalar va yoriqlarning mavjudligiga tekshiriladi. Payvandlash lozim bo'ladigan zonalarga alohida e'tibor beriladi. Bu joylar iflosdan, bo'yoqdan, zangdan va boshqa iflosliklardan yaxshilab tozalanishi kerak. Prokatni qatlamlashuv, quyish, list qalinligining bir xilligi mavjudligiga tekshiriladi.

Elektrodlar qoplamasi qalinligining bir tekisligi, unda yoriqlar va boshqa mexanik shikastlanishlar mavjudligi tekshiriladi. Elektrod sterjeni va qoplamaning erishi xarakterini, shlak ajralishi osonligini va payvand chokining shakllanish sifati (erigan metallning oquvchanligi, sachrashi)ni aniqlash uchun sinov payvandlash bajariladi. Elektrodlar amaldagi DSLari talablarini qanoatlantirishi kerak.

Payvandlash simi sirtlarning tozaligiga, mazkur payvandlash texnologik jarayoni uchun noma'qul bo'lgan qoplamalarning, qatlamlarga ajralishi va zontlarning yo'qligiga tekshiriladi. Elektrodlar uchun yuqorida eslatib o'tilgan ko'rsakichlar bo'yicha materiallarning sifatini aniqlash uchun tegishli flyuslar yoki himoya gazidan foydalanib, sinov payvandlash bajariladi.

Flyuslarni tekshirishda ular zarrachalarning kattaligi va o'lchamining bir xilligi, ularda ifloslik va boshqa kirishmalarning yo'qligi aniqlanadi.

Himoya gazlari ularda zararli qo'shimchalar va namlik yo'qligini aniqlash maqsadida tekshiriladi.

Payvandlanuvchanlik metallning (yoki metallar qo'shilmalarining) payvandlashning belgilangan texnologiyasida buyumning konstruksiyasi va foydalanish shartlariga bog'liq talablarga javob beruvchi birikma hosil qilish xossasidir. Dastlabki materiallarni payvandlanuvchanlikka tekshirishdan avval payvand konstruksiyada u yoki boshqa materiallardan foydalanish to'g'risida qaror qabul qilinishi kerak. Aytilganlarga muvofiq, payvandlanuvchanlik ikki holda nazorat qilinadi: materiallarni tanlashda va payvandlash texnologiyasini ishlab chiqishda, ya'ni ishlab chiqarishni loyiha bosqichida tayyorlashda; materiallarni ishlab chiqarishni texnologik tayyorlashda. Ikkinchi tekshirish asosiy metall, simning erishida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan chetlashishlar, shuningdek, elektrodlar va flyuslarning sertifikatdagi qiymatlaridan og'ishi bilan bog'liq.

3.2. QURILMA VA JIHOZLARNI NAZORAT QILISH

Payvand birikmalarining sifati ko'p jihatdan payvandlash qurilmasining soz ishlashiga bog'liq. Nazorat qilishning mazkur turining maqsadi va vazifasi har bir apparat yoki mashinaning pasporti ma'lumotlariga muvofiq payvandlash qurilmasining ish holatida saqlanishini ta'minlash. Yoyli payvandlash uchun mashina va apparatlar yoyning barqaror yonishini, payvandlash rejimini sozlashning talab qilingan aniqligi va to'g'riligini ta'minlashi kerak. Bu parametrlar har safar qurilmani ishga tushrishdan oldin va ishlab chiqarish jarayonida sinchiklab tekshirilishi kerak. Gaz bilan payvandlashda gaz bilan ta'minlash manbalarini tekshirish birinchi darajali ahamiyatga ega. Masalan, asetilenli gazogeneratorlarning ishlashini nazorat qilish toza va quruq gazning normal temperatura va o'zgarmas bosimda uzatib turilishini ta'minlashga qaratilgan. Buning uchun gaz magistrallari, suv to'siqlari va bosim sozlagichlari tekshiriladi. Gorelkalarning ventill va shlanglarga zich ulanishini doimiy tekshirish zarur. Ortiqcha kislorod yoki yonuvchi gazni uzatishga yo'l qo'yilmaydi. Reduktorlarning ishlashini nazorat qilishda ishchi bosimning doimiyiligiga, ularning sozlashga sezgirligiga, o'tkazish qobiliyatiga va muzlashga qarshi chidamliligiga diqqatni qaratish zarur. Nazorat-o'lchov asboblari ularning ko'rsatishlarini namunaviy asboblari va o'lchash vositalarining ko'rsatishlari bilan taqqoslab tekshiriladi. Payvand birikmaning sifati ko'p jihatdan foydalanilayotgan maxsus asbob va moslamalarning

sifatiga bog'liq. Yig'ish moslamalari talab qilingan mustahkamlik va qattiqlikni, payvand konstruksiyasi elementlarining aniq, tez va ishonchli mahkamlanishini; payvandlanayotgan detal, uzal, buyumning barcha o'lchamlarining zarur aniqlik darajasini, payvandlanayotgan obyektни payvandlash uchun qulay holatga o'rnatishni va hokazolarni ta'minlash kerak.

Bu talablar moslamalarni loyihalash va tayyorlashning texnik shartlarida aks ettirilishi kerak. Yangi tayyorlangan moslamalar foydalanishdan avval texnik shartlarga muvofiqligiga tekshiriladi. Tiraklar, qisqichlar va boshqalarning ishlashi to'g'riligiga e'tiborni qaratish lozim. Moslamaning yaroqli ekanligi to'g'risidagi yakuniy xulosani detallning birinchi payvand buyumi (yoki uzeli) tayyorlangandan va o'lchamlari tekshirilgandan so'ng berish lozim.

Ishlab chiqarish jarayonida moslamalarning holati muntazam va ishlab chiqarish hamda ishlab chiqarilayotgan mahsulotning xarakteriga bog'liq holda o'rnatilgan muddatlarda nazoratdan o'tkaziladi. Zarur bo'lganda ular ta'mirlanadi yoki almashtiriladi.

3.3. TEXNOLOGIYANI NAZORAT QILISH

Ishlab chiqarilayotgan mahsulot sifatini ta'minlash uchun ishlab chiqarish jarayonida nazorat katta ahamiyatga ega. Qurilmalarning apparaturaning, moslamalarning, asboblarning va kerak yarog'larning holati, shuningdek payvandlash operatsiyasining borishi, har bir payvandchi ustidan diqqat bilan va uzluksiz kuzatish payvandlashdagi nuqsonlarni o'z vaqtida aniqlashga va ularning paydo bo'lishi sabablarini bartaraf etish bo'yicha choralar ko'rishga imkon beradi.

Payvand buyumlarni tayyorlash texnologiyasini nazorat qilish o'z ichiga payvandlashga tayyorlangan zagotovkalarni, payvandlash moslamalarining sozligini, buyumlarni payvandlashga yig'ishni, payvandlash materiallarining holatini (3.1-bandga qarang), payvandlash qurilmasini (3.2-bandga qarang) va payvandlashda belgilangan tartib qoidalarga rioya qilinishini tekshirishni oladi. Payvandlashga tayyorlangan zagotovkalarda ularning shakli, o'lchamlari va bo'linish geometriyasi, shuningdek ularning sirtlarida iflosliklar, zang va namlik yo'qligi tekshiriladi.

Payvandlash moslamalarida qisuvchi qurilmalarning sozligi, o'rnatuvchi sirtlarning yaroqliligi, shuningdek flyusli, mis yoki burchakli ostquymalar va issiqlikni eltuvchi elementlarning yaroqliligi nazorat qilinadi. Yig'ilgan uzellarda asosiy gabarit o'lchamlar, ulanish

joylaridagi oraliqlar va payvandlanayotgan uchlarning siljish kattaligi, tutqichlarning sifati va chiquvchi plankalarning mavjudligi tekshiriladi.

Payvandlash rejimi (tartibi) birinchi navbatda tok, kuchlanish va belgilangan chegaralarda payvandlash tezligi bo'yicha nazorat qilinadi. Nazorat asboblarga qarab va payvand chokining tashqi ko'rinishiga ko'ra olib boriladi. Mas'ul konstruksiyalarni tayyorlashda va seriyalab (yalpi) ishlab chiqarishda rejim parametrlari o'zi yozar asboblarning yordamida uzluksiz yozib boriladi.

Bir qator hollarda, masalan, katta diametrli truboprovodlarni kontaktli uchma-uch payvandlashda payvandlash rejimi qiymatiga qarab (kuchlanish, bosim, tutib turish vaqti va sh.k.) birikma sifati to'g'risida umumiy xulosa chiqariladi.

Texnologik jarayonning borish to'g'risida operatsion nazoratni mazkur uchastka, sex, korxona ishi uchun ma'sul bo'lgan texnologlar, ustalar va boshqa injener-texnik hodimlar amalga oshiradilar.

Operatsion nazoratda umuman payvand buyumlarni tayyorlash ketma-ketligi va rejimlariga qat'iy amal qilinishiga e'tibor berish zarur, chunki konstruksiyaning ayrim elementlari yoki detallarining payvand birikmalarini sifatli bajarish umuman buyumning yuqori sifatiga hali kafolat bermaydi.

3.4. PAYVANDCHILARNING MALAKASINI NAZORAT QILISH

Buyumlarni payvandlashga tayyorlashni va payvandlash jarayonini sinchiklab reja asosida nazorat qilish payvandchilarning tayyorgarlik darajasini tekshirmasdan turib samarli bo'lmaydi. Bir qator ishlab chiqarishlar uchun (masalan, montaj qilish vaqtida quvurlarni payvandlash) braklarning 70% dan ortig'i payvandchilarning aybi bilan vujudga keladi. Shuning uchun konstruksiyalarni tayyorlash texnologik jarayonining barcha bosqichlarida ularning malakasini bilish kerak. Buning uchun tibbiy fiziologik va malakaga oid ko'rsatkichlarni tekshirib turish lozim. Dastavval, payvandchilarning malakasini ularni ma'lum bir payvandlash ishlarini bajarishga ruxsat berishdan oldin hisobga olish zarur. Bundan tashqari, ishlab chiqarish jarayonida payvandchilarning takroriy sinovlardan davriy ravishda o'tkazib turilishi kerak.

Payvandchilarning malakasini tekshirish uchun korxona ma'muriyati ba'zan davkontexnazorat yo'riqchisi ishtirokida malakani tekshirish komissiyasini tashkil etadi. Sinovlar tegishli buyum namunalari bajarishga kirishgan holda payvandlash ishlari nazariyasi

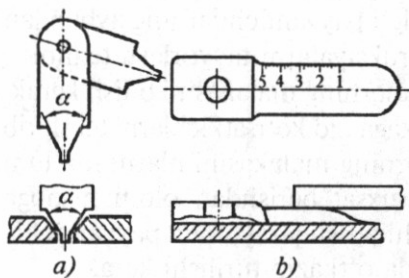
va amaliyoti bo'yicha o'tkaziladi. Bunda namunalar xuddi haqiqiy buyum kabi o'shanday sharoitda va fazoviy holatda payvandlanadi. Payvandlangan namunalar tashqi ko'rikdan so'ng buzmaydigan nazoratning barcha usullari bilan tekshiriladi, shuningdek mexanik sinovdan o'tkaziladi. Sinovlar uchun namunalar soni «Payvandchilarni attestatsiyadan o'tkazish qoidalari» bilan belgilanadi.

3.5. TASHQI KO'ZDAN KECHIRISH

Tashqi kuzatish orqali zagotovkalarni payvandlashga tayyorlash va yig'ish sifati, payvandlash jarayonida choklarni bajarish sifati va tayyor payvand birikmalarining sifati tekshiriladi. Odatda nazorat qilishning boshqa ko'rinishlaridan qat'iy nazar tashqi ko'zdan kechirish orqali barcha payvand buyumlar nazorat qilinadi. Tashqi ko'zdan kechirish ko'pchilik hollarda yetarlicha informativ bo'lib, nazorat qilishning eng maqsadga muvofiq va operativ usuli hisoblanadi.

Zagotovkani va yig'ishni nazorat qilish. Ezilgan joylar, chiziqlar, kuygan joylar, zanglagan joylar va sh.k. larni aniqlash (ularning yo'qligini bilish) uchun payvandlangan materiallar tashqi ko'zdan kechiriladi. Uchlarning payvandlashga tayyorgarlik sifati va zagotovkalarning yig'ilishi tekshiriladi. Payvandlash uchun yig'ilgan detallar (buyumlar)ning asosiy nazorat qilinadigan o'lchamlariga uchlar orasidagi oraliq va uchlarning o'tmaslashuvi kiradi — uchma-uch birikmalar uchun uchlarni ajratmasdan: uchlar orasidagi oraliq (zazor) uchlarning o'tmasligi va ajratish burchagi uchlari ajratilgan birikmalar uchun; ustma-ust qo'yish eni va listlar o'rtasidagi oraliq ustma-ust birikmalar uchun; list bilan uch orasidagi oraliq,

payvandlanayotgan elementlar orasidagi burchak, shuningdek uchlarning o'tmaslashishi va og'ish burchagi turli birikmalar uchun; payvandlanayotgan elementlar o'rtasidagi oraliq va ular orasidagi burchak burchakli birikmalar uchun. Yuqorida ko'rsatilgan parametrlarni o'lchash va tekshirish uchun maxsus andozalar yoki universal asbob (3.1-rasm) qo'llaniladi. Texnik shart yoki belgilangan texnologik jarayondan



3.1-rasm. Payvand birikmalarni yig'ishni tekshirish uchun andoza:
a — uchma-uch ulash uchun;
b — ustma-ust qo'yib ulash uchun.

chetga chiqib payvandlashga yig'ilgan detallar, uzellar yoki buyumlar brakka chiqariladi. Nazorat qilish vositalari, tartibi va metodikasi ishlab chiqarishning texnologik jarayonida ko'zda tutiladi.

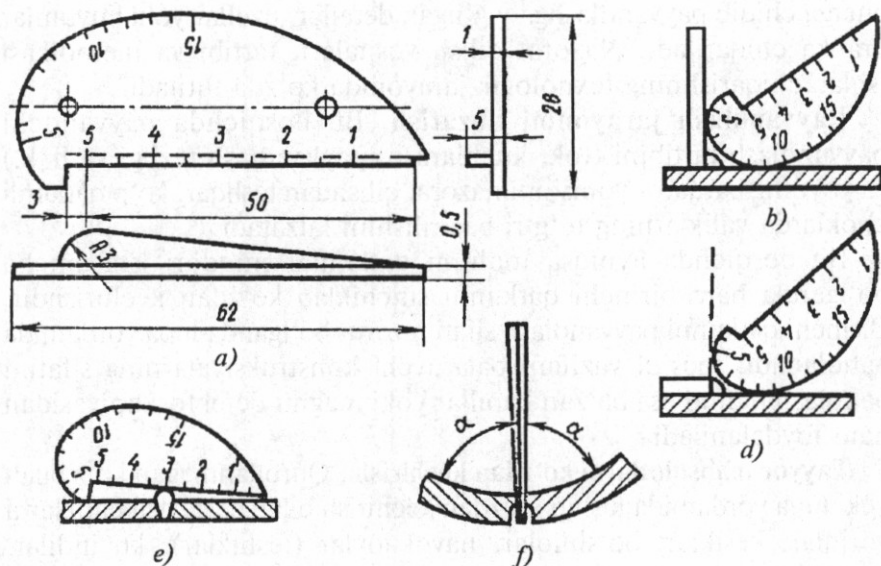
Payvandlash jarayonini kuzatish. Bu bosqichda payvandchi payvandlash tartibini (tok, kuchlanish, payvandlash tezligi va h. k.) va yoyning barqaror yonishini nazorat qilishdan tashqari ko'p qatlamli choklarda valiklarning to'g'ri bajarilishini kuzatadi.

Bu bosqichda ayniqsa muhimi qatlamlar miqdori istalgancha bo'lganda ham birinchi qatlamni sinchiklab ko'zdan kechirishdir. Birinchi qatlamni payvandlash sifatini zarur bo'lganda lupa yordamida baholanadi, mas'ul vazifani bajaruvchi konstruksiyalarning sifatini baholash uchun esa ba'zan kapillar yoki magnit defektoskopiyasidan ham foydalaniladi.

Tayyor mahsulotlarni ko'zdan kechirish. Qurollanmagan ko'z bilan yoki lupa yordamida tashqi ko'zdan kechirish bilan dastavval choklarni yoriqlar, kesiklar, bo'shliqlar, havol joylar (teshiklar), kuyindilar, oqavalar, choklarni quyi qismida payvandlanmagan joylar ko'rinishidagi nuqsonlar aniqlanadi. Bu nuqsonlarning ko'pchiligi, odatda yo'l qo'yib bo'lmaydigan nuqsonlar bo'lib tuzatilishi lozim. Ko'zdan kechirishda shuningdek choklar shaklidagi nuqsonlar, tangachalarning taqsimlanishi va chokni kuchaytirishda metall taqsimlanishining umumiy xarakteri aniqlanadi.

Chok sirtining tashqi ko'rinishi har bir tekshirish usuli uchun, shuningdek payvandlash bajarilgan fazoviy holat uchun ham xosdir. Tangachalarning bir tekisdaligi payvandchining ishini, uning yoy uzunligini o'zgarmas saqlash va bir tekis tezlikda payvandlash uquvini ifodalaydi. Tangachalarni bir tekisda bo'lmasligi, chokning eni va balandligining turlicha bo'lishi yoy quvvatini o'zgarib turganini, payvandlash jarayonida tez-tez to'xtashlar va yoyning yonishi barqaror bo'lmaganini ko'rsatadi. Bunday chokda yaxshi payvandlanmagan joylar, bo'shliqlar, shlaklar va boshqa nuqsonlar bo'lishi mumkin. Tik va shipda payvandlashda payvand choklarida tangachalarning bir tekisda bo'lmasligi, do'ngliklar, past-balandliklar va erigan joylar keskin ifodalanib turadi. Vakuumda himoya choklarida payvandlashda choklarning tashqi sirti tekis yaltiroq, tangachalarsiz bo'lib, eritilgan metall polosasi ko'rinishga ega bo'ladi. Titan va boshqa aktiv materiallardan bajarilgan payvand choklarida yugurgan ranglarni va ranglar zonasi kattaligi nazorat qilinadi.

Payvand choklarini ko'pincha tashqi ko'rinishi bo'yicha maxsus etalonlar bilan taqqoslashadi. Choklarning geometrik parametrlari



3.2-rasm. Universal andoza:

a — umumiy ko‘rinish; *b, d* — burchakli chokning balandligini o‘lchash;
e — uchma-uch chokning balandligini o‘lchash; *f* — oraliqni o‘lchash.

andozalar yoki o‘lchov asboblari (3.2-rasm) yordamida o‘lchanadi. Sinchiklab tashqi kuzatish odatda juda oddiy operatsiyadir, shunga qaramay u nuqsonlarning oldini olish va aniqlashning yuqori samarali vositasi bo‘lib xizmat qilishi mumkin. Tashqi ko‘zdan kechirish amalga oshirilgandan va yo‘l qo‘yib bo‘lmaydigan nuqsonlarning oldi olingandan keyingina payvand birikmalar ichki nuqsonlarni aniqlash uchun boshqa fizik uslublar bilan nazorat qilinadi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

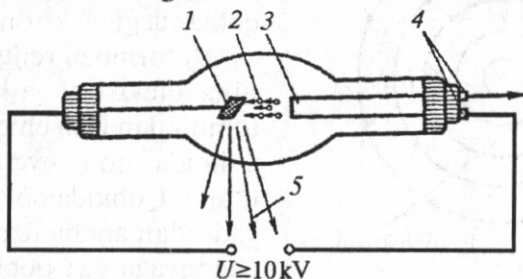
1. Dastlabki materiallarni nazorat qilishda nimaga e’tibor beriladi?
2. Payvandlash jarayonida qanday parametrlar nazorat qilinadi?
3. Shahodatlashda payvandchilarning malakasini sinash to‘g‘rsida so‘zlab bering.
4. Tashqi kuzatishdan maqsad nima?

4.1. IONLOVCHI NURLANISH

Rentgen va gamma nurlanishlar yorug'lik, ultrabinafsha va radioto'lqinlar kabi elektromagnit tabiatiga ega. Biroq radioto'lqinlar, yorug'lik tebranishlari, rentgen va gamma-nurlanishlar to'lqin uzunliklari bilan farq qiladi. Xususan, ko'rinadigan yorug'likning to'lqin uzunligi $(4 \div 7) \cdot 10^{-7} \text{ m}$; rentgen nurlanishniki $6 \cdot 10^{-13} \div 10^{-9} \text{ m}$, gamma—nurlanishlarniki $10^{-13} \div 4 \cdot 10^{-12} \text{ m}$.

Rentgen va gamma nurlanishlarining alohida xossalari shu bilan bog'langanki, ular, masalan, ko'rinuvchi yorug'likka qaraganda ancha katta energiyaga ega, turli muhitlar ularni turlicha yutadi. Bu xossalari tufayli rentgen va gamma nurlanishlar buyumlarning defektoskopiya uchun foydalaniladi. Bundan tashqari, ular elektr va magnit maydonlar ta'siriga berilmaydi, fotoplastinaga ta'sir qiladi, ba'zi kimyoviy birikmalarning luminessensiyasini vujudga keltiradi, gazlarni ionlantiradi, nurlantirilayotgan moddani qizdiradi, jonli organizmlarga ta'sir ko'rsatadi.

Rentgen nurlanish. Bu nurlanish tormozli va xarakteristik nurlanishlardan iborat. Uning paydo bo'lishi rentgen trubkasining anodida katta tezlikka ega bo'lgan (yadrodan tashqari jarayon) erkin elektronlarning tormozlanishi natijasida yuz beradi. Rentgen trubkasi ichidan havosi so'rib olingan shisha ballondan iborat (4.1-rasm).



4.1-rasm. Rentgen trubkasining sxemasi:

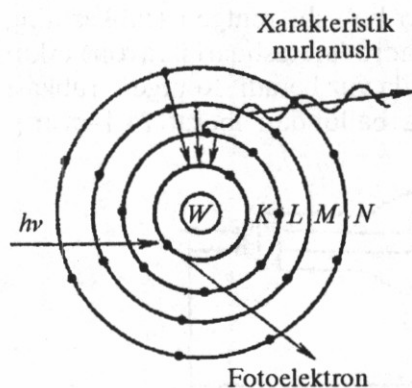
- 1 — anod; 2 — elektronlar; 3 — katod; 4 — katod uchidagi kontakt;
5 — rentgen nurlanish.

Idish ichiga ikkita elektrod kavsharlangan: anod 1 va katod 3. Spiral shaklidagi volfram simdan tayyorlangan katod tok manbaiy tomonidan yuqori temperaturalargacha qizdiriladi va elektronlar 2 nurlaydi. Trubkaning tormozli nurlanishni olish uchun foydalaniladigan anodi volfram va molibdendan qilingan plastina ko'rinishda tayyorlanadi. Elektronlar zarur kinetik energiyaga ega bo'lishlari uchun trubkaning anodi va katodiga yuqori kuchlanish (10 kV dan ortiq) beriladi.

Yuqori kuchlanishli elektr maydoni beradigan ma'lum tezlik bilan anodga tushayotgan elektronlar unda tormozlanadi va oxir oqibatda o'z tezligini, binobarin, kinetik energiyasini ham yo'qotadi. Bunda elektronlarning kinetik energiyasi qisman nurli energiyaga aylanadi, u buyumlar defektoskopiyasida foydalaniladigan tormozli nurlanish fotonlari ko'rinishda ajralib chiqadi, uning katta qismi esa ($\sim 97\%$) issiqlik energiyasiga aylanadi. Hosil bo'layotgan rentgen nurlanishining minimal to'lqin uzunligi kvantning maksimal energiyasiga mos keladi. Elektronlar tezligi qanchalik katta bo'lsa, kvant energiyasi shuncha katta bo'ladi. Kvant energiyasi trubkadagi kuchlanish bilan aniqlanadi:

$$eU = h\nu = h(c/\lambda_{\min}),$$

bu yerda: e — elektron zaryadi, $1,6 \cdot 10^{-19}(\text{C})$ ga teng; U — trubka-dagi kuchlanish, kV; h — Plank doimiysi, $6,625 \cdot 10^{-34} \text{ J/s}$; ν — chastota Hz; c — yorug'lik tezligiga teng bo'lib, $3 \cdot 10^{10} \text{ km/s}$ ga teng; λ — to'lqin uzunligi, sm. Keltirilgan formulaga son qiymatlari qo'yilsa, $\lambda_{\min} = 12,4/U(\text{sm})$ ni hosil qilamiz.



4.2-rasm. Rentgen nurlanish fotoni yutilishida fotoelektron va xarakteristik nurlanishning vujudga kelishi sxemasi.

Xarakteristik nurlanish amallarining energetik holati o'zgarganda yuzaga keladi. Agar atomning ichki qobig'idagi elektronlardan biri (K, L, M) tormozli rentgen nurlanishining elektroni yoki kvanti ($h\lambda$) tomonidan urib chiqarilgan bo'lsa, u holda atom uyg'ongan holatga o'tadi. Qobiqda bo'sh qolgan o'rin yadrodan ancha uzoqdagi va katta energiyaga ega qobiqlardagi elektronlar bilan to'ladi (4.2-rasm). Bunda atom normal holatga o'tadi va energiyasi turli sohalarda ener-

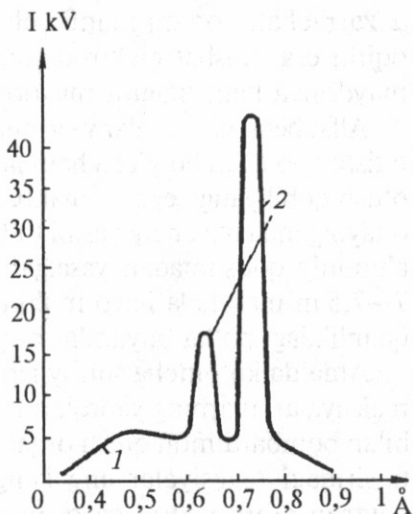
giyalar farqiga teng energiyali xarakteristik nuralinshli kvant chiqaradi:

$$h\nu = E_2 - E_1,$$

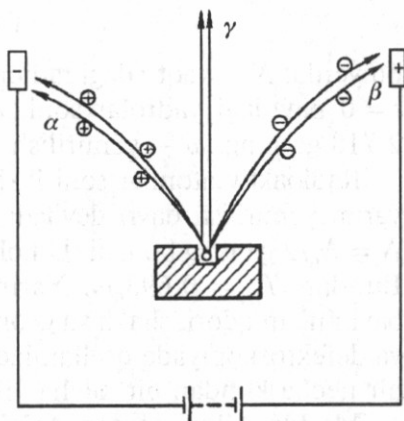
bu yerda: E_1 — uygʻonganda elektron uzilib chiqadigan sath; E_2 — elektron boʻshab qolgan joyga oʻtadigan sath. Bu nurlanish rentgenostruktur analizda foydalaniladi. Tormozli va xarakteristik nurlanish spektriga misol 4.3-rasmda keltirilgan.

Gamma-nurlanish. Bu nurlanish radioaktiv elementlar yadrolarining (izotoplarning) yemirilishi natijasida paydo boʻladi. Yemirilish jarayoni quyidagi tarzda izohlanadi. Radioaktiv elementlar yadrosi tarkibiga kiruvchi protonlar va neytronlar oʻrtasidagi ichki yadroviy tortishish kuchlari yadroning yetarlicha barqarorligini taʼminlamaydi. Natijada barqarorligi kam yadrolarning ancha barqaror yadrolarga oʻz-oʻzidan oʻtishi kuzatiladi. Tabiiy radioaktiv yemirilish deb ataladigan bu jarayon musbat zaryadlangan alfa zarrachalar (α) ni, manfiy zaryadlangan beta zarrachalar (β) ni va elektromagnit gamma nurlanish (γ) ni chiqarish bilan kechadi. α va β zarrachalarning uchib chiqishi hamda γ nurlanish natijasida yangi yadro paydo boʻlib, u uygʻongan holatda boʻlishi mumkin. Uygʻongan yadro normal uygʻonmagan holatga oʻtib, gamma-nurlanish koʻrinishdagi ortiqcha energiyani chiqaradi. Gamma-nurlanish spektri tutash boʻlmay, bitta yoki bir nechta diskret energiyalar nurlanishini oʻz ichiga oladi.

Agar aytib oʻtilgan koʻrinishdagi nurlanish manbayini kuchli elektr yoki magnit maydoniga joylashtirilsa, u holda 4.4-rasmda koʻrsatilgan manzarani kuzatish mumkin.



4.3-rasm. $U = 35$ kV da molibden anod uchun rentgen nurlanishning tutash (1) va chiziqli (2) spektrlari.



4.4-rasm. Nurlanishlarning elektr maydonda ogʻishi.

α -zarrachalar oqimi manfiy elektrod tomonga ogʻadi, β -zarrachalar oqimi esa musbat elektrod tomon ogʻadi. γ -nurlanish oqimi elektr maydonga ham magnit maydonga ham taʼsirlanmaydi.

Alfa, beta-zarrachalar va γ -nurlanish, shuningdek turli moddlar orqali oʻtishi qobiliyati boʻyicha ham farqlanadi, α -zarrachalar eng kam singib oʻtish qobiliyatiga ega va manbadan 75—80 mm masofada havo orqali oʻtayotganda oʻz energiyasini toʻla yoʻqotadi; β -zarrachalar 6 millimetrli aluminiy qotishmadan yasalgan listda toʻliq yutiladi yoki manbadan 7—7,5 m masofada havo muhitida toʻla yutiladi; γ -nurlanish 500 mm qalinlikdagi poʻlat buyumlar orqali ham singib oʻta oladi.

Amalda koʻpincha sunʼiy izotoplardan foydalaniladi, ularda yadro reaksiyalari ularning yadrolarini maʼlum kinetik energiyali zarrachalar bilan bombardimon qilish orqali chaqiriladi. Neytronlar va deyttronlar taʼsiridagi reaksiyalar eng keng tarqalgan. Zaryadi yoʻqligi tufayli neytron atom yadrosiga oson kiradi va shuning uchun ham yadro reaksiyalarni amalga oshirish uchun eng samarali foydalanish mumkin. Neytronlar bilan bombardimon qilinganda atom yadrosi neytronni tutib oladi, bunda yadro zaryadi oʻzgarmaydi, ammo uning massasi bir birlik ortadi, natijada yadro nobarqaror (uygʻongan) holatga keladi, bu esa uning oʻz-oʻzidan yemirilishiga olib keladi. Yadro reaktorlari, neytron generatorlar, shuningdek tabiiy radioaktiv nurlanish manbalari neytronlar manbayi hisoblanadi.

Izotopning aktivligi vaqt birligida yemirilayotgan radioaktiv modda atomlarining soni bilan belgilanadi. Radioaktiv yemirilish qonuni eksponensial bogʻlanish koʻrinishiga ega:

$$N = N_0 e^{-\omega t},$$

bu yerda: N — vaqt t dagi radioaktiv yadrolar soni; N_0 — boshlangʻich $t = 0$ paytdagi yadrolar soni; e — natural logarifm asosi boʻlib, u 2,718 ga teng; ω — yemirilish doimiysi.

Radioaktiv atomlar soni ikki marta kamayadigan $T_{1/2}$ vaqt oraligʻi yarim yemirilish davri deyiladi. Bu vaqt ichida qolgan yadrolar soni $N = N_0/2$ ga teng boʻladi. U holda $N_0/2 = N_0 e^{-\omega T_{1/2}}$ yoki $1/2 = e^{-\omega T_{1/2}}$. Bundan $T_{1/2} = 0,693/\omega$. Yarim yemirilishi davri nurlanish manbayining miqdori, shakli va geometrik oʻlchamlariga bogʻliq boʻlmaydi va defektoskopiya qoʻllaniladigan turli xil radioaktiv elementlarda bir necha kundan bir necha yil oraligʻida boʻladi (4.1-jadval).

Modda bilan oʻzaro taʼsir toʻgʻrisida. Manbadan tarqalib, ionlovchi nurlanish (α -, β -, γ - va rentgen nurlari) oʻz yoʻlida modda atomlarini uchratadi va asosan atom yadrolari va atom

qobiqlaridagi elektronlar bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bunday o'zaro ta'sir natijasida modda qatlamida nurlanish ma'lum kattalikka susayadi. Susayish quyidagi uchta asosiy jarayon ta'sirida ro'y beradi (4.5-rasm): fotoelektrik yutilish (fotoeffekt), kompton yoyilishi va elektron-pozitron juftligining paydo bo'lishi.

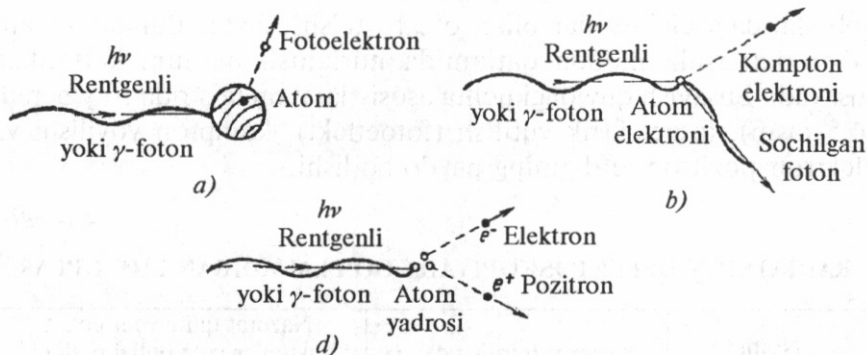
4.1-jadval

RADIATION DEFECTOSKOPIYADA QO'LLANADIGAN IZOTOPLAR

Nomi	Yarim yemirilish davri	Nazorat qilinuvchi po'lat buyumlar yo'g'onligi oralig'i, mm
Tuliy-170	129 kun	<15
Selen-75	120,4 kun	<25
Iridiy-192	74,4 kun	6-70
Seziy-137	33 yil	25-120

Rentgen yoki gamma-nurlanish modda orqali elektromagnit tebranish kabi o'tib, moddalar atomlarining maydonlari bilan o'zaro ta'sirlashadi. Bunda agar modda atomi elektroni uning atomidagi bog'lanish energiyasiga qaraganda katta energiya olsa, u holda elektron undan uchib chiqadi. Uchib chiqqan elektronni fotoelektron deyiladi (4.5-a rasm). Uning energiyasi (E_e) u bilan o'zaro ta'sirlashuvchi nurlanishning atomdagi elektronining E_i bog'lanish energiyasiga kamaytirilgan $h\nu$ energiyasiga teng bo'ladi, ya'ni $E_e = h\nu - E_i$. Atomlar fotoelektronlarini yo'qotganda elektron qobiqlardagi bo'sh qolgan o'rinlar (joylar) bundan keyin tashqi qobiqlardagi elektronlar bilan to'ldiriladi. Elektronning yadroga yanada yaqinroq qobiqqa o'tishi xarakteristik nurlanish kvantini chiqarish bilan birga amala oshadi. Shuni ta'kidlash lozimki, rentgen yoki γ -nurlanish oqimidagi hamma fotonlar ham modda tomonidan yutilavermaydi. Ularning ayrim qismi modda atomlari bilan o'zaro ta'sirlashmaydi. Nurlanish energiyasi-ning ortishi bilan fotoelektrik yutish kamayadi va moddaning atom (tartib) raqami ortishi bilan keskin ortadi.

Rentgen va γ -fotonlarning modda bilan o'zaro ta'sirlashuvda fotoelektrik yutilish bilan birga ularning yoyilishi ham ro'y beradi, uni kompton yoyilishi deyiladi. Kompton effektini birlamchi fotonning erkin elektron bilan elastik urilishi sifatida qarash mumkin, bunda fotoeffektidan farqli ravishda foton elektronga barcha energiyani emas, balki uning bir qismini beradi. Kompton elektroni ma'lum miqdordagi energiyani olib, rentgen yoki γ -fotoni harakati yo'nalishga burchak ostida harakatlana boshlaydi (4.5-b rasm).



4.5-rasm. Rentgen va γ -nurlanishlar fotonlarining modda bilan o'zaro ta'sirlashuvi.

Kompton effekti natijasida to'liq uzunligi katta va energiyasi kichik bo'lgan yoyilgan foton paydo bo'ladi, u o'zining dastlabki yo'nalishidan φ burchakka og'ib, harakatida davom etadi. Nurlanish energiyasi (E) φ burchak ostida yoyilgandan so'ng $E = h\nu / (1 + 0,024 \cos \varphi)$ ga teng bo'ladi, bunda $h\nu$ — tushayotgan fotonning energiyasi.

Kompton yoyilishini qarab chiqishdan birlamchi nurlanish intensivligining susayishi rentgen yoki γ -foton muhitining atomlar elektronlari bilan o'zaro ta'sirlashuvi va ularning turli yo'nalishlarda asosan birlamchi nurlanish dastasidan tashqariga yoyilishi natijasida yuz beradi. Nurlanish energiyasining ortishi bilan kompton yoyilishi koeffitsiyenti fotoelektrik yutilish koeffitsiyentiga nisbatan ancha kam darajada kamayadi. Yetarlicha yuqori energiyali (kamida 1,02 MeV) rentgen yoki γ -nurlanish fotonlarining modda bilan o'zaro ta'sirlashishida juftliklar paydo bo'lishi jarayoni yuz beradi (4.5-d rasm), ya'ni fotonlar modda atomlarining yadro maydoni tomonidan yutilib, bir juft zarra — pozitron (e^+) va elektron (e^-) hosil qiladi.

Sanoat defektoskopiyasi uchun qo'llaniladigan ko'pchilik apparatlardan (betatronlar, mikrotronlar va tezlatkichlar bundan mustasno) chiqadigan rentgen nurlanish energiyasi juftlar hosil qilish uchun zarur bo'lgan nurlanish energiyasidan quyiroqda yotadi, shuning uchun yutilishning bu turi rentgen nurlanishi bilan yoritishda o'rinli emas. Yoritish uchun foydalaniladigan ko'pchilik radioaktiv manbalardan chiqadigan gamma-nurlanish 2—2,5 MeV dan oshmaydi, shuning uchun ham elektron-pozitron juftliklarini hosil qilish hisobiga gamma-nurlanishning yutilishi juda ozdir. Faqat So^{60} uchun bu effekt ayrim (kam sezilarli) tarzda namoyon bo'ladi.

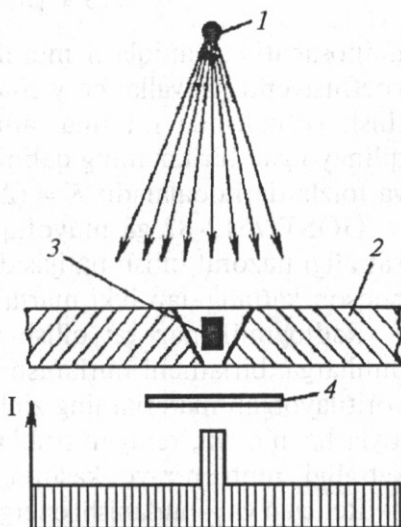
Shunday qilib, yuqorida tavsiflangan effektlar oqibatida birlamchi nurlanish (I_0) ning ekspozitsion dozasiining intensivligi va quvvati

uning modda orqali o'ta borishiga qarab uzluksiz kamayadi. Modda qatlami qanchalik qalin bo'lsa, undan o'tayotgan nurlanish shuncha ko'p susayadi, chunki uning yo'lida u bilan ta'sirlashayotgan modda atomlari va elektronlar soni ortadi.

Ekspozitsion nurlanish dozasi quvvatining moddaning qalinligiga qarab o'zgarishi eksponensial qonun ($I_s = I_0 e^{-\mu S}$)ga bo'ysunishi aniqlangan, bu yerda I_s — detektorda ekspozitsion nurlanish dozasi quvvati; S — yoritilayotgan materialning qalinligi; μ — material jinsi va nurlanish energiyasi bilan aniqlanadigan chiziqli susayish koeffitsiyenti; e — natural logarifm asosi. Ekspozitsion nurlanish dozasi quvvati deb ma'lum vaqt oralig'ida ionlovchi nurlanishning zarracha yoki fotonlari (kvantlari) energiyasi oqimining shu vaqtga nisbatiga aytiladi. Susayishning chiziqli koeffitsiyenti chiziqli susayish koeffitsiyentlari yig'indisidan iborat bo'lib, fotoeffekt (μ_f), kompton yoyilishi (μ_k) va juftliklar (μ_j) hosil qilish jarayoni bilan aniqlanadi: $\mu = \mu_f + \mu_k + \mu_j$.

4.2. RADIATSION DEFEKTOSKOPIYANING FIZIK ASOSLARI

Yoritishda ichki nuqsonlarni aniqlash rentgen va gamma-nurlanishlarning turli materiallar orqali bir xil o'tmasligi aniqlangan va ularga materialning qalinligi, uning turi (jinsi) va nurlanish energiyasiga bog'liq holda ularda yutilishi qobiliyatiga asoslangan. Payvand choklarida nuqsonlarni aniqlash uchun buyumning bir tomoniga nurlanish manbayi (rentgen trubkasi yoki izotop) o'rnatiladi, ikkinchi tomoniga nuqson to'g'risida axborotni qayd qiluvchi detektor o'rnatiladi (4.6-rasm). Detektor sifatida rentgen plyonkasi, elektron-optik o'zgartgich, kseroradiografik plastina, fotoqog'oz va hokazolar qo'llanilishi mumkin. Manba 1 dan chiqqan nurlanish ichki nuqson 3 ga ega payvand birikma 2 orqali o'tib



4.6-rasm. Payvand birikmani yoritish sxemasi:

1 — manba; 2 — nazorat qilinayotgan birikma; 3 — nuqsonli joy; 4 — detektor; I — nazorat qilinayotgan birikmadan o'tgan nurlanishning intensivligi grafigi.

nuqsonli va nuqsonsiz joyda turlicha yutiladi va detektor 4 ga turli intensivlik bilan keladi. Havo, gaz yoki nometall kirishmalar bilan to'lgan nuqsonli joylar orqali o'tganda nurlanishning intensivligi yaxlit metalldagiga qaraganda kamroq susayadi.

Intensivliklar farqini detektor qayd qiladi, masalan, o'tgan nurlanishning intensivligi 1 nuqsonli joyda eng ko'p bo'lsa (4.6-rasmga qarang), plyonka kuchliroq qorayadi. Rentgen plyonkalarining qo'llanilishi defektoskopiyaning radiografik uslubining asosini tashkil etadi, u radiatsion nazoratning barcha ma'lum bo'lgan usulublaridan eng katta hajmni egallaydi. Yoritilayotgan obyektning ichida mavjud bo'lgan barcha nuqsonlar har doim ham va har qanday sharoitda ham plyonkada aniqlanavermaydi. Minimal aniqlanadigan nuqson mavjud bo'lib, u uslubning chegaraviy sezgirligini ifodalaydi.

Radiografiyada sezgirlikning ikki turidan foydalaniladi. Absolut (mutlaq) — minimal aniqlanadigan nuqsoning o'lchami bilan yoki yoritilish yo'nalishida sezgirlik etaloni elementi o'lchami bilan belgilanadi. Absolut sezgirlik qiymatini (mm) taxminan

$$\Delta S \approx [0,005 \cdot (2 + S)]/\mu$$

munosabatidan aniqlash mumkin, bu yerda: μ — chiziqli susayish koeffitsiyenti (jadvallar bo'yicha tanlab olinadi). Nisbiy sezgirlik yoritilish yo'nalishda minimal aniqlanadigan nuqson S ning nazorat qilinayotgan birikmaning qalinligi ΔS ga nisbati bilan xarakterlanadi va foizlarda ifodalaladi: $K = (\Delta S/S) \cdot 100$.

GOST 7512-82 ga muvofiq nazorat qilishning absolut sezgirligi kattaligi nazorat qilish natijasida aniqlash talab qilinadigan minimal nuqson kattaligidan ikki marta kichik bo'lishi mumkin.

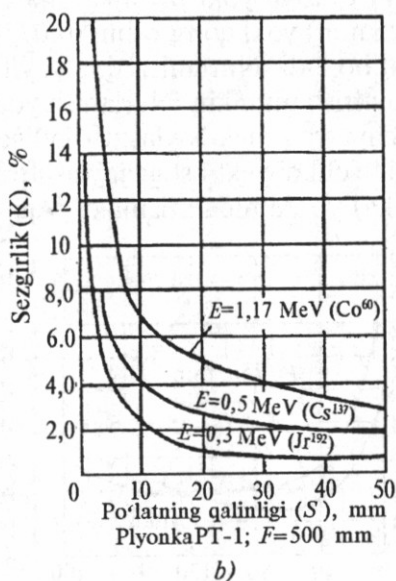
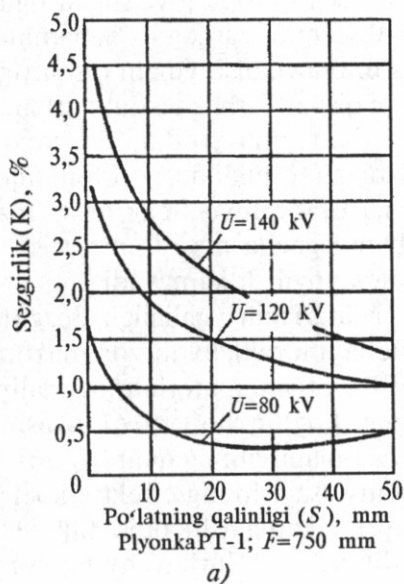
Radiografik nazorat qilish uslubining sezgirligi quyidagi asosiy omillarga: birlamchi nurlanish energiyasi, yoyiq (tarqoq) nurlanish, yoritilayotgan materialning zichligi va qalinligi, nuqsoning shakli va joylashgan o'rni, rentgen trubkasining fokus masofasi va fokus dog'i kattaligi, rentgen plyonkasining turiga bog'liq.

Rentgen va γ -nurlanishi energiyasining ularning nazorat qilinayotgan metall orqali o'tishda susayishi jarayonlarning murakkabligi va uslubning sezgirligiga bog'liq bo'lgan omillarning xilma-xilligi tufayli bu omillarning ta'sirini bir vaqtda hisobga olishning imkoni yo'q. Bu omillardan har birini uslubning nuqsonlarni aniqlashga sezgirligini baholab, ularni alohida qarab chiqish maqsadga muvofiq bo'ladi.

Nurlanish energiyasi. Absolut sezgirlikni hisoblash formulasi-dan ko'rinadiki, chiziqli susayish koeffitsiyenti (μ) qanchalik katta

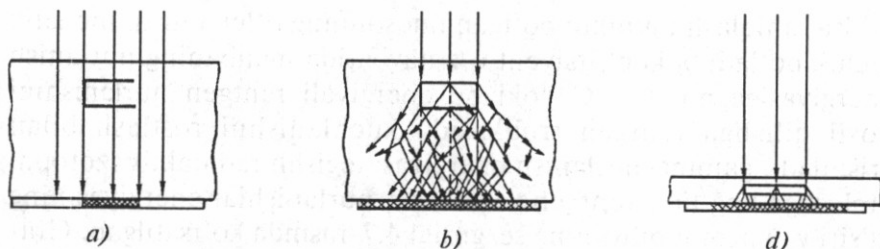
bo'lsa, aniqlash mumkin bo'lgan nuqsonning o'lchami shunchalik kichik bo'ladi. μ koeffitsiyent o'z navbatida manbaning nurlanish energiyasiga bog'liq. U yoki bu energiyali rentgen nurlanishini hosil qilishga rentgen trubkasida kuchlanishni rostlash bilan erishiladi, gamma-nurlanish energiyasi tegishli radioaktiv izotopni tanlashga bog'liq. Rentgen va gamma-nurlanishlar energiyasining ta'siri va nazorat qilishning sezgirligi 4.7-rasmda ko'rsatilgan. Grafiklardan ko'rinishicha, bir xil qalinlikdagi po'latni nazorat qilish sezgirligi nurlanish energiyasi qancha kichik bo'lsa, shuncha yuqori bo'ladi.

Tarqoq nurlanish birlamchi nurlanishning energiyasiga bog'liq holda suratning sifatini o'zgartiradi, tasvirning ravshanligini va aniqligini pasaytiradi, binobarin, uslubning sezgirligini ham pasaytiradi. Yoyilish bo'lmaganda plyonkadagi nuqson aniq chegaralar bilan tasvirlanadi (4.8-a rasm). Biroq amalda tasvirning aniqligini buzuvchi nurlanishning yoyilishi o'rinli bo'ladi. Bu hodisa oqibatida kichik o'lchamli nuqsonlar qiyin farqlanadigan (tasvir chegaralari xira) bo'lib qoladi va ko'pincha umuman aniqlanmasligi mumkin.



4.7-rasm. Radiografik nazorat sezgirligining:

a — PYII-150-10 rentgen apparatining; b — izotoplarning nurlanish energiyasiga bog'liqligi.



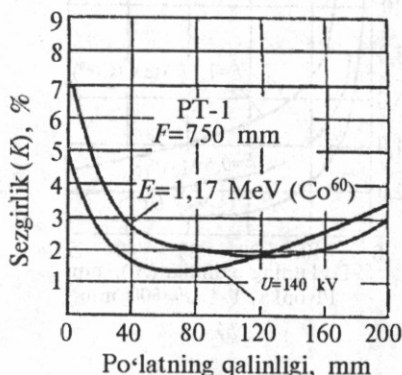
4.8-rasm. Yoyilgan nurlanishning yoritishda tasvirning aniqligiga ta'siri:

a — paralel yoyilmagan nurlanish dastasida plyonkadagi tasvirning aniqligi; *b* — qalin devorli materiallarni yoritishda yoyilgan nurlanishdan tasvir aniqligining yomonlashishi; *d* — yupqa devorli materiallarni o'shanday nurlanish dastasi bilan yoritishda tasvirning aniqligi yomonlashadi.

Nurlanishning sochilishi doimo yupqa devorli (4.8-*d* rasm) materiallardagidan qalin devorli materiallarda (4.8-*b* rasm) kuchliroq bo'ladi, shuning uchun uslubning sezgirliги yoritilayotgan materialning qalinligi ortishi bilan ancha yomonlashadi. Nurlanishning yoyilishdan mutlaqo qutilish mumkin emas. Maxsus filtrlarni qo'llanib uni kamaytirish mumkin. Bu filtrlar yoxud manba bilan nazorat qiluv obyekti orasiga yoki plyonka bilan obyekti orasiga joylashgan qalay (0,025 mm) yoki qo'rg'oshin (0,075—0,15 mm) zarqog'oz qatlamidan iborat bo'ladi. Nurlanishning yoyilishini nurlanish yuzini qisqartirib kamaytirish mumkin. Nurlanish yuzini qisqartirishga yoxud nurlanish manbayi yaqiniga joylashtiriladigan diafragma yordamida, yoxud yoritiluvchi obyekt ustiga joylashtiriladigan teshikli qo'rg'oshin niqob (maska) yordamida erishiladi. Agar nazorat qilinayotgan obyektdan

plyonkagacha masofa orttirilsa, u holda yoyilish kamayadi.

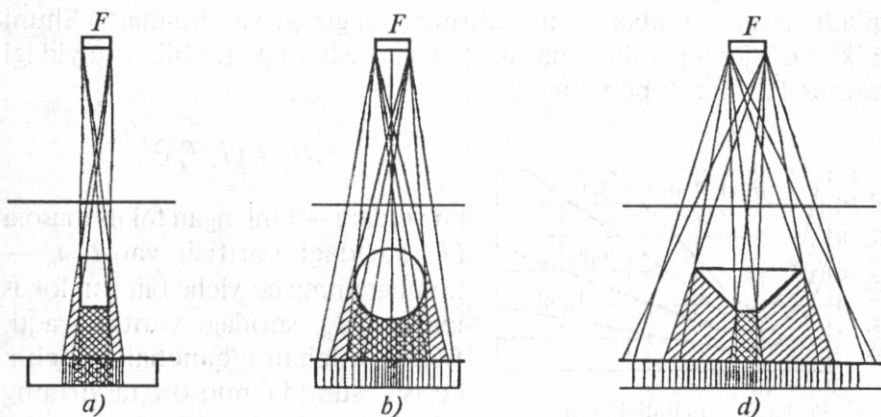
Materialning qalinligi. Sezgirlik ancha murakkab tarzda nazorat qilinayotgan materialning qalinligiga bog'liq bo'ladi (4.9-rasm). Avval materialning qalinligi ortishi bilan susayishning effektiv koeffitsiyenti kamayishi oqibatida sezgirlik ortadi. Nurlanishning yumshoq tashkil etuvchilari qattiq tashkil etuvchilarga qaraganda kuchliroq susayadi va keyingi qatlamlarga avvalgi qatlamlarda



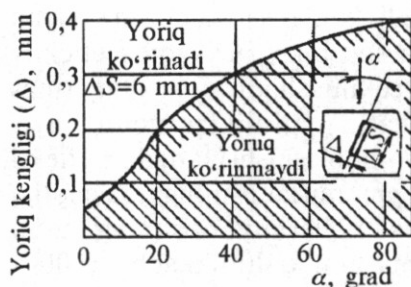
4.9-rasm. Radiografik nazorat sezgirligining nazorat qilinayotgan birikmaning qalinligiga bog'liqligi.

qisman filtrlanib o'tgan nurlanish tushadi. Nurlanish moddadan o'tgan sari qattiqroq bo'lib boradi va bunda shu bilan bir vaqtda effektiv susayish koeffitsiyentini kamayishi sekinlashadi — u o'zgarmas qiymatga yaqinlashadi. Nisbatan katta qalinliklar uchun egri chiziqning ko'tarilishi (sezgirlikning yomonlashishi) tarqalish effekti bilan izohlanadi. Pirovardida tarqalgan nurlanishning mavjudligi tufayli sezgirlikning yomonlashishi materiallarni yoritishning butun uslubining qo'llanish chegarasini ma'lum qalinlikkacha (100—150 mm) belgilaydi.

Nuqsonlarning shakli va ularning chokdagi o'rnini topish. To'g'ri chiziqli qirralarga ega, nurlanishning tarqalishi yo'nalishiga paralel joylashgan nuqsonlar (yaxshi payvandlanmay qolgan joylar) silindrik (shlakli kirishmalar) yoki shar (bo'shliqlar) yoki boshqa shakldagi (4.10-*b*, *d* rasm) nuqsonlarga qaraganda, tasviri chegaralari (4.10-*a* rasm) juda aniq bo'lgani sababli, ancha yaxshiroq aniqlanadi. Haqiqatan ham yaxshi payvandlanmaganlik tushayotgan nurlanish dastasi kesishi bo'yicha o'zgarmas balandlikka (ΔS) ega, hajmiy nuqsonlarda esa bu balandlik o'zgaruvchan bo'ladi va shuning uchun bu holda tasvirning qorayish zichligi plyonkaning butun maydoni qorayishi zichligigacha, nuqson diametri bilan aniqlanadigan maksimum qiymatga asta sekin va bir tekis pasayadi. Buning natijasida tasvir aniq bo'lmaydi, binobarin, ko'z bilan ko'rilayotgan suratning aniqligi (kontrastligi) ham yomonlashadi.



4.10-rasm. Nuqson shaklining uning tasviri aniqligiga ta'siri:
a — to'g'ri burchakli; b — sharsimon; d — trapetsiyasimon.

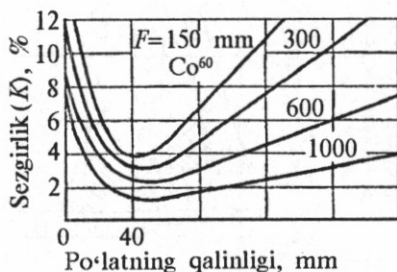


4.11-rasm. Yoriqning nurlanish yo'nalishiga bog'liq holda aniqlanuvchanligi.

kengligi (Δ) bilan aniqlanadi. Amalda balandligi yetarli katta (ΔS) bo'lgan nuqsonlarning ochilish kengliklari (Δ) juda kichik bo'lgan nuqsonlar tez-tez uchrab turadi. Bu holda plyonkada nuqson tasvirining proyeksiyasi nuqsonli va nuqsonsiz joylarda plyonkaning qorayish zichliklaridagi farqning juda kamligi sababli ko'rinmaydi. Bunday nuqsonlarga, masalan, yoriqlar, tortishib qolgan neprovarlar, uchlar bo'yicha eritilmagan joylar kiradi. Bunga o'xshash nuqsonlarni aniqlash ehtimoli juda kichik (~35—40%). Listlarning parallel sirtlarida joylashgan prokat listlardagi qatlamlarga ajralish aniqlanmaydi. Shu sababga ko'ra tavlri, burchakli va ustma-ust birikmalarda chokning katetlari bo'yicha payvandlanmay qolgan joylar kuchsiz aniqlanadi.

Fokus masofa. Fokus masofa kattaligini oshirish (4.12-rasm) nurlanishning susayish energiyasiga o'xshash uni yanada yumshoq qiladi, buning oqibatida nazoratning sezgirligi yaxshilanadi. Shuni ta'kidlash joizki, fokus masofa (F) yoritish vaqti (t) bilan quyidagi munosabat orqali bog'langan:

$$t/t_0 = (F/F_0)^2,$$

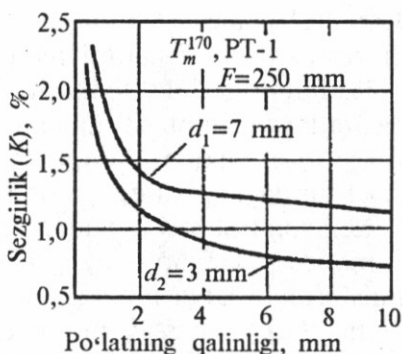


4.12-rasm. Po'latni γ -nurlanish bilan turli F fokus masofalarda yoritganda sezuvchanlik.

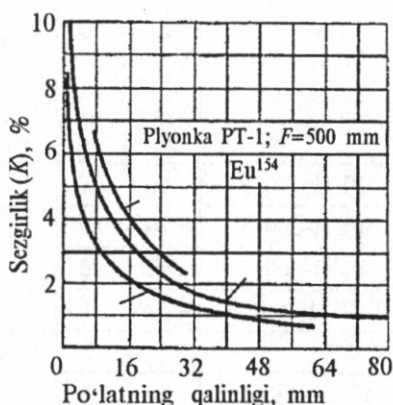
bu yerda: t — tanlangan fokus masofa (F , sm)dagi yoritish vaqti; t_0 — nomogramma bo'yicha olingan fokus masofa (F_0 , sm)dagi yoritish vaqti. Fokus o'lchami qanchalik kichik bo'lsa, suratda nuqson tasvirining relyefi shunchalik aniq bo'ladi, yarim soya sohasi shunchalik kichik, nazorat sezgirligi shunchalik yuqori bo'ladi (4.13-rasm).

Kuchaytiruvchi ekranlar. 4.14-rasmdan ko'rinadiki, metall ekranlardan foydalanish manbayi nazorat qilinayotgan materialning o'zi hisoblangan ikkilamchi nurlanish ta'sirining kamayishi bilan shart qilingan sezgirlikning biroz oshishini ta'minlaydi. Yoyilgan ikkilamchi nurlanish obyekt tasvirining aniqligini va kontrastligini kamaytiradi. Qo'rg'oshinga o'xshash og'ir elementlardan yoyiq nurlanish nisbatan uncha katta emas, ularga o'ziga xos filtr vazifasini bajaradi, ayniqsa past energiyalarning birlamchi nurlanishlari uchun.

Plyonka turi. Donasining o'lchami va nurlanishga sezgirlikka bog'liq bo'lgan plyonkaning turiga bog'liq holda boshqa teng sharoitlarda (nurlanish energiyasi, materialning jinsi va qalinligi) radiografik nazoratning sezgirligi 0,5% (PT-5) dan 3% (PT-2) gacha o'zgrishi mumkin. Yaxshi sezgirlikni ta'minlovchi plyonkalar mayda donali tuzilishga va nurlanishga nisbatan kuchsiz reaksiyaga ega, ammo yoritish uchun ko'proq vaqtni talab etadi.



4.13-rasm. Fokus o'lchami (d) ning nazoratning sezuvchanligiga ta'siri.



4.14-rasm. Kuchaytiruvchi ekranlarning po'latni γ -nurlari bilan yoritishda Eu^{154} radiografik uslubning sezgirligiga ta'siri: 1 — fluorescent ekranlar; 2 — ekran-siz; 3 — metall ekranlar (qo'rg'oshin 0,1 mm).

4.3. APPARATURA VA MATERIALLAR

Rentgen va gamma nurlanishlarni olish hamda foydalanish uchun turli xil radiatsion-texnik: rentgen apparatlari, gamma-apparatlar, chiziqli tezlatgichlar va betatronlar qo'llaniladi.

Rentgen apparatlari. Umumiy ko'rinishda rentgen apparati himoya g'ilofidagi rentgen trubkasidan, yuqori voltli generator dan va boshqarish pultidan iborat. Yuqori voltli generator yuqori voltli transformator, trubkaning cho'g'lanma transformatori va to'g'rilagichdan iborat.

Boshqarish pultiga odatda avtotransformator, kuchlanish va tok regulatori, o'lov asboblari signal sistemasi va boshqarish sistemasi kiradi.

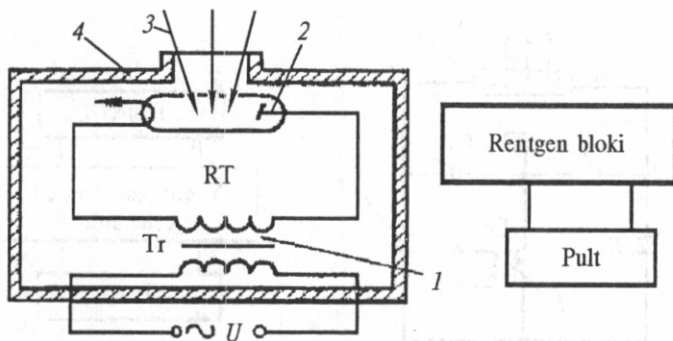
Radiatsion defektoskopiya amaliyotida doimiy yuklanishli apparatlar va impulsli apparatlar qo'llaniladi (4.2-jadval). Doimiy (o'zgarmas) yuklanishli apparatlar o'z navbatida monobloklarga va kabel turidagi apparatlarga bo'linadi.

Rentgen trubkasi va yuqori voltli transformatori bo'lgan apparatlar — monobloklar moy quyilgan yoki gaz to'ldirilgan yagona blok — transformatorlarga montaj qilingan. Bunday apparatlarning gabarit o'lchamlari va massasi minimal bo'lishi lozim.

4.2-jadval

RENTGEN APPARATLARINING TAVSIFI

Apparat turi	Trubkadagi kuchlanich, kV	Trubkadagi tok, mA	Fokus masofa o'Ichovi, mm	Apparat massasi, kg	Yoritiladigan po'latning qalinligi, mm
Monobloklar					
РУП-120-5	50—120	5	2×2	75	25
РУП-200-5	70—200	5	2×2	110	50
РУП-400-5	250—400	5	7	600	120
РУП-160-10П	50—160	10	1,3×4	60	40
Kabelli					
РУП-100-10	10—100	10	1×1	200	30
РУП-150-10 (ikkita trubka)	35—100	10	5	670	45
		2	0,3		
РУП-150-300-10 (uchta trubka)	35—300	10	4×4	1000	70
		10	5		
		2	0,3		
РАП-150/300-01 (to'rtta trubka)	35—300	2	0,3	800	70
		10	4×4		
Impulsli					
РИНА-1Д	100	—	3	12	10
РИНА-2Д	300	—	3	15	20
РИНА-3Д	400	—	4	46	40
МИРА-2Д	200	—	3	15	20
МИРА-3Д	300	—	4	25	40



4.15-rasm. Rentgen apparati manbayining umumiy (a) va blok sxemalari (b):

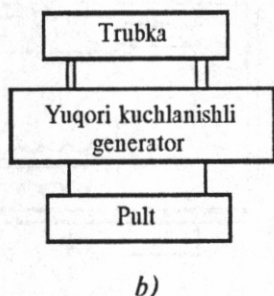
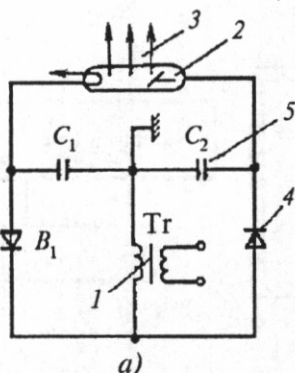
1 — transformator Tr; 2 — RT naychasi;

3 — rentgen nurlanish; 4 — kojux.

Bunga erishish uchun nurlanish sifati va uzluksiz ishlash davomiyligi kabi nazorat qilish jarayonining bunday muhim ko'rsatkichlari bahridan o'tiladi. Bu hol quyidagilar bilan izohlanadi. Apparat-monobloklarda odatda eng oddiy sxema (4.15-rasm) qo'llaniladi yarim to'liqlinli ventilsiz, unda to'g'rilagich sifatida rentgen trubkasining o'zi xizmat qiladi. Trubkaga tok bevosita yuqori kuchlanishli transformatoridan uzatiladi, u birinchi yarimdavr mobaynida tokni faqat bir yo'nalishda o'tkazadi, keyin esa ikkinchi yarimdavr vaqtida tokni berkitib, to'g'rilagich sifatida ishlaydi. Bunday sxemaning qo'llanilishi trubkaning ishlash muddatini qisqartiradi.

Unifikatsiyalangan boshqarish pultlari bilan jihozlangan monoblok apparatlarning umumiy qatori ishlab chiqarilmoqda. Bu apparatlarga dala va montaj sharoitlarida ishlash uchun ixcham (kichik) apparatlar ham (masalan, PYΠ-120-5, PAΠ-160-6P, PYΠ-200-5, PAΠ-220-5H, PAΠ-300-5H), barqaror yuqori voltli apparatlar ham kiradi (masalan, PYΠ-400-5). Monobloklar ko'pincha nurlatkichni boshqarish pultidan katta masofaga (30 m gacha va undan ortiq) uzoqlashtirish va nurlatkichning katta manyovrli bo'lishiga erishish talab qilingan joylarda qo'llaniladi. Magistrал truboprovodlarni nazorat qilish uchun maxsus mo'ljallangan PAΠ-160-6Π apparati bunga mos misol bo'lishi mumkin. U panoramali nurlanish maydonini hosil qiladi, bu esa apparatni quvur ichiga joylashtirganda bitta ekspozitsiyada quvurlarning halqali choklarini yoritishga imkon beradi.

Kabel turidagi apparatlar mustaqil gennerator qurilmasidan, rentgen trubkasi va boshqarish pultidan iborat. Kabel turidagi apparatlarda odatda, ikkita to'g'rilagichli ikkilangan kuchlanishli

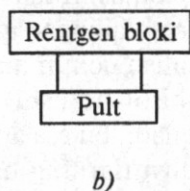
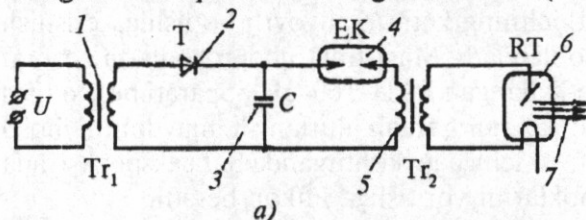


4.16-rasm. Kabel apparatning prinsipal (umumiy) (a) va blok-sxemalari (b):

1 — transformator, Tr; 2 — rentgen trubkasi; 3 — rentgen nurlanishi;
4 — to'g'rilagich; 5 — kondensatorlar.

sxemalar qo'llaniladi (4.16-rasm). Kuchlanishning manfiy yarimdavri vaqtida S_1 va S_2 kondensatorlar V_1 va V_2 to'g'rilagichlar orqali amplituda qiymatigacha zaryadlanadi. Musbat yarimdavrlar kelishi bilan ular transformatorning ikkilamchi chulg'ami bilan ketma-ket ulangan bo'ladi va trubka anodidagi kuchlanish ikki marta ortadi. Rentgen nurlanishining chiqishi yarimdavrlar mobaynida yuz beradi. Bunday turdagi apparatlar odatda ko'chuvchi qilib chiqariladi va sex hamda laboratoriya sharoitlarida ishlash uchun foydalaniladi (maslan, PYП-150-10, PYП-150/300-10, PAП-150-7, PAП-150/300-10). Bu sinfdagi apparatlarda PYП-100-10 rentgen trubkasining yengil (6 kg) himoya g'ilofi bilan ta'minlangan. Nurlanish blokining massasi kichikligi va yuqori voltli generatorni va boshqarish pultini rentgen trubkasidan uzoqroq (10 m gacha) masofaga o'rnatish mumkinligi PYП-10-10 apparatidan borish qiyin bo'lgan joylarni nazorat qilish uchun foydalanishga imkon beradi.

Impulsli rentgen apparatlari konstruktiv jihatdan ikki blokdan tuzilgan: boshqarish va rentgen bloklari (4.17-rasm). Kondensator



4.17-rasm. Impulsli rentgen apparatining prinsipial (a) va blok-sxemalari (b):

1 — transformator Tr_1 ; 2 — to'g'rilagich T; 3 — kondensator S; 4 — elektron kalit, EK; 5 — impulsli transformator, Tr_2 ; 6 — RT naychasi; 7 — rentgen nurlanishi.

C transformator Tr_1 dan to'g'rilagich T orqali zaryadlanadi. Elektron kalit EK yordamida trubka zanjirida ko'taruvchi transformator Tr_2 ga kondensator zaryadsizlanadi.

Yuqori kuchlanishli impuls ta'sirida sovuq katodli rentgen trubkasida avtoelektron tok vujudga keladi. Buning natijasida katod qiziydi va uning sirtidan elektronlar plazma bulutini hosil qilib, ajraladi, plazma buluti trubka anodi tomon o'zgarmas tezlikda harakatlanadi. Natijada yuqori voltli transformatorning ikkilamchi chulg'amida vujudga kelgan yuqori kuchlanish (250—300 kV) harakatlanayotgan plazmaning oldingi fronti bilan anod o'rtasiga qo'yilgan bo'ladi. Bu holat anod tokining oshishiga va natijada rentgen nurlanishining generatsiyalanishiga olib keladi. Trubkaning anodi vazifasini uchi konus shaklida bo'lgan (uchidagi burchagi 30°) og'ir volfram sterjen bajaradi; ikki elektrodli trubkaning katodi vazifasini chetki uchi o'tkirlangan volfram silindr bajaradi. Rentgen trubka ishlaganda elektronlar emissiyasi katodning barcha chetki sirtidan boshlanmay, faqat elektr maydoni kuchlanganligi eng katta bo'lgan nuqtadagina boshlanadi. Shuning uchun nurlanish intensivligi bir tekis taqsimlanmagan. Ulanishlar soni ortishi bilan katodning mikrostrukturasi o'zgaradi, uning sirtidagi juda o'tkir tishlar silliqlanada va natijada, avtoelektron emissiya boshlanishidagi kuchlanish ortadi. Bu rentgen nurlanishining intensivlik va spektral tarkibi bo'yicha ulanishdan-ulanishga nobarqarorlikka olib keladi. Impulsli trubkalar juda katta quvvatga ega, ammo impulsning davomiyligi juda kichik (2—100 ns), ular takrorlanishining erishgan chastotasi 50 Hz dan oshmaydi. Nurlanish dozasining quvvati 1 m masofada 2 R/min dan oshmaydi, ayni chog'da katodi qizitilgan trubkalar shunday kuchlanishlarda (250—300 kV) 10 R/min gacha beradi. Impulsli trubkalarning ishlash resursi cho'q'lanma trubkalarnikidan ancha kam: МИПА seriyasidagi eng yangi apparatlarda $5 \cdot 10^6$ impulsgacha yetadi, bu 25 Hz chastotada cho'g'lanish trubkasining 500 soatli ishlashiga qaraganda jami 50 soat ishlashni ta'minlaydi.

Shuni ta'kidlash kerakki, impulsli apparatlarning uncha katta bo'lmagan gabarit o'lchamlari va kichik massasi ularning sanoatda keng qo'llanishiga sabab bo'ldi (4.1-jadvalga qarang). Ular asosan magistral truboprovodlarni, kema qurish konstruksiyalarini nazorat qilishda va montaj qilishda qalinligi 30 mm bo'lgan birikmalarni tekshirish uchun foydalaniladi.

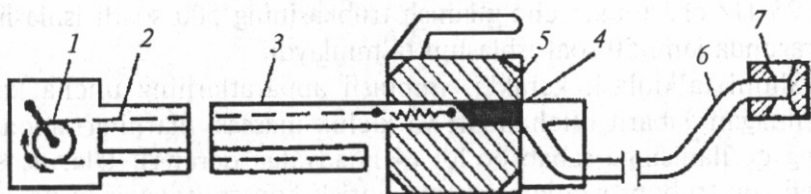
Rentgen apparatlarning asosiy kamchiligi trubkaning ishlash muddati kamligi va odatdagi apparatlarga qaraganda sezgirliги ancha

pastligidir. Afzalligi massasi kamligi, ixchamligi va past voltli (12 V) ta'minot manbalariga ega ekanligi hisoblanadi.

Xorijiy kabelli apparatlardan eng ko'p tarqalganlari «Filips», «Zayfert» va boshqa firmalarning qurilmalaridir. Xorijiy apparatlarning vatanimizdagi bilan taqqoslagandagi farq qiladigan jihatlari massasi kamligi va fokus tovonni o'lchamining kichikligidan iborat.

Gamma-apparatlar. Eng oddiy ko'rinishdagi radioizotopli defektoskop radioaktiv izotopli radiatsion kallakdan iborat bo'lib, unga manba uzatkichi ampuloprovd va boshqarish pulti kiradi. Ishlab chiqarilayotgan defektoskoplarning barcha turlarini (4.3-jadval) shartli ravishda umumsanoat vazifalarni bajaruvchi (universal shlangli defektoskoplar) va frontal hamda panoramali yoritish (qulflanadigan turdagi) uchun maxsus vazifalarni bajaruvchi qurilmalarga ajratish mumkin.

Universal shlangli defektoskoplarda nurlanish manbayi nazorat qilish zonasiga radiatsion kallakdan egiluvchan ampula provod bo'yicha, panoramali nurlanish dastasini shakllantirib yoki unda qolib yo'naltirilgan nurlanish dastasi almashinuvchi kollimatsiyalovchi kallaklar yordamida uzatilishi mumkin. Bu turdagi defektoskoplarning rentgen apparatlari va boshqa turdagi gamma-defektoskoplarga nisbatan afzalliklari (universalligi va kichik gabaritli manbani 5—12 m masofaga uzatish mumkinligi) ularni nostatsionar sharoitlarda radiografik nazorat qilishda, ayniqsa noqulay joylari mavjud buyumlarni nazorat qilishda ustun qiladi. Bu turdagi qurilmalarda manbani radiatsion kallak 5 dan kollimatsiyalovchi kallak 7ga uzatish (4.18-rasm) tishli uzatkich g'ildirak 1 bilan tishlangan egiluvchan tishli tros 2 yordamida egiluvchan yoki qattiq ampula provod 6 bo'yicha amalga oshiriladi. Bu sinfdan «Gammarid» seriyasidagi РИД-41 defektoskoplari va boshqalar keng qo'llaniladi.



4.18-rasm. Shlangli «Gammarid» defektoskoplarining kinematik sxemasi:

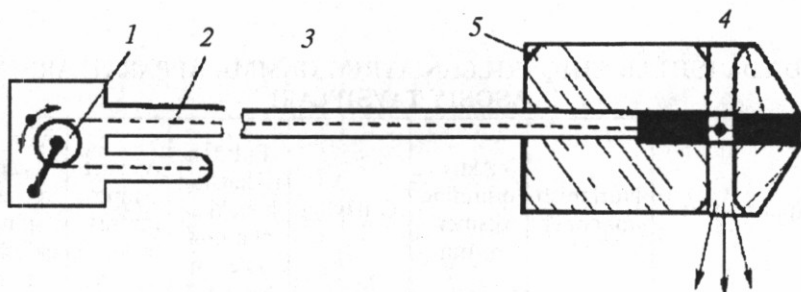
1 — uzatuvchi g'ildirak; 2 — uzatuvchi tros; 3 — tutashtiruvchi shlang; 4 — nurlanish manbayini tutqich; 5 — radiatsion kallak; 6 — ampuloprovd; 7 — kollimatsiyalovchi kallak.

MDHDA ISHLAB CHIQARILGAN AYRIM GAMMA-APPARATLARNING ASOSIY TAVSIFLARI

Apparat turi	Nurlanish manbayi	Aktiv qismning diametri, mm	Qulayligi	Pulldan radiatsion kallakka-cha masofa, m	Apparatning massasi, kg	Yoritilgan po'latning qalinligi, mm
Universal shlangli						
«Гаммарид-11»	Tuliy-170	3	Ko'tarib yuradigan	5	10,5	1—15
«Гаммарид-11»	Seziy-137	3	>>	5	16	6—50
«Гаммарид-11»	Seziy-137	5	>>	8	19	15—80
«Гаммарид-11»	Seziy-137	5	>>	13	19	15—80
РИД-41	Kobalt-60	7	Ko'chma	50	45	30—200
Qulflanadigan						
«Магистраль-1»	Seziy-137	5	Ko'chma	30	35	15—80
РИД-12	Tuliy-170	9	Ko'tarib yuradigan	5	11	1—15
РИД-32	Kobalt-60	7	Ko'chma	30	295	30—200
РИД-44	Kobalt-60	15	Statsionar	50	620	30—200
«Гаммарид-11»	Iridiy-192	3	Ko'tarib yuradigan	8	15	6—60
«Стапель-5»	Iridiy-192	1,5	>>	3,5	11,5	6—40
«Стапель-20»	Iridiy-192	3	>>	30	24	6—40

Frontal yoritish uchun gamma defektoskoplar radiatsion-himoya zonalari o'lchamlarining cheklanganligi tufayli universal shlangli defektoskoplarni qo'llanish mumkin bo'lmaganda dala, montaj qilish sharoitlarida, stapellarda, dokda yoki sexda ishlash uchun mo'ljallangan. Frontal (yo'naltirilgan) nurlanishli defektoskoplar neft-gaz quvurlarini o'tkazishda («Gazprom»), kema qurish sanoatida («Стапель-5М» va «Стапель-20») va katta qalinlikdagi buyumlarni nazorat qilishda, mashinasozlikda (ППД-32) payvand birikmalrini nazorat qilish uchun keng qo'llaniladi.

Panoramali yoritish uchun gamma-qurilmalar magistral gaz-neft quvurlari, shar yoki silindr shakldagi yuqori bosimi idishlar,



4.19-rasm. Frontal va panoramali yoritish uchun «Магистраль-1» defektoskopining kinematik sxemasi:

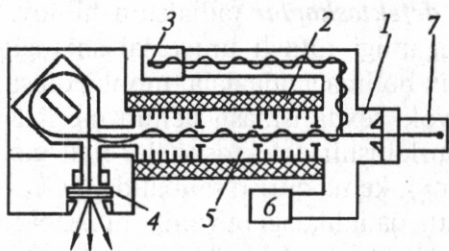
1 — boshqarish uzatmasi; 2 — uzatuvchi tros; 3 — tutashtiruvchi shlang; 4 — nurlanish manbayi-tutqichi; 5 — radiatsion kallak.

shuningdek g'ovak aylanish jismlari ko'rinishdaga boshqa buyumlar sifatini nazorat qilishda keng qo'llaniladi.

Shlangli turdagi defektoskoplardan farqli ravishda «Магистраль-1» defektoskopida nurlanish manbayini uzatish uchun (manba tutqichini radiatsion kallakdan ko'chirish uchun) dastaki ham, elektromexanik uzatkich 1 dan ham foydalanish mumkin (4.19-rasm). Elektromexanik uzatkich kallakning truboprovod (quvur) ichida 1,5 km gacha masofaga ko'chishini ta'minlaydi.

Xorijda «Zayfert» firmasining (GFR) «Gammamet», TK-30, Gammavolt CO-100, AGS firmasining (Fransiya) ГАМ-120, «Produkts» firmasining (Angliya) Mark III va boshqa gamma-apparatlari keng qo'llaniladi. Bu apparatlarda nurlanish manbayi sifatida Iridiy-192 izotopidan foydalaniladi. Mazkur apparatlarning o'ziga xos xususiyatlari massaning uncha katta emasligi, ixchamligidir.

Yuqori energetik fotonli nurlanish manbalari. Radiatsion defektoskopiya quyidagi elektronlar tezlatkichlari qo'llaniladi:



4.20-rasm. Chiziqli tezlatkich sxemasi:

1 — kamera; 2 — elektromagnit; 3 — generator; 4 — nishon; 5 — volnovod; 6 — vakuumli nasos; 7 — elektron pushka (to'p).

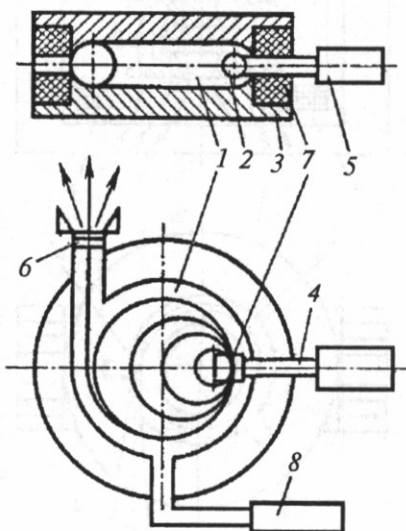
chiziqli tezlatkichlar, mikrotronlar va betatronlar. Yuqori nurlanish energiyasi tufayli bu manbalardan qalinligi 70 mm va undan ortiq bo'lgan buyumlarni nazorat qilishda foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Chiziqli tezlatkich (4.20-rasm) silindr sirtida joylashtirilgan fokuslovchi elektronmagnit 2 bo'lgan vakuumli silindrik

tezlatkich kamera 1 ko‘rinishda ishlangan. Yuqori chastotali generator 3 volnovod 5 da yuguruvchi elektromagnit to‘lqinning hosil bo‘lishni ta‘minlaydi, bu to‘lqinning elektr maydoni silindr o‘qi bo‘ylab yo‘nalgan. Pushka 7 bilan generatsiyalanuvchi elektronlar 30—100 keV energiya bilan impuls tarzda yuguruvchi to‘lqin elektr maydoni bilan tezlashtiriladi. Keyin tezlashtirilgan elektronlar nishon 4 ga kelib tegadi, unda $(5 \div 75000) \cdot 10^{-5}$ C/kg ekspozitsion dozali tormoz nurlanishi vujudga keladi. Chiziqli tezlatkichlarning afzalligi tormoz nurlanishining intensivligi katta bo‘lishidan iborat. Masalan, 10—25 MeV energiyali chiziqli tezlatkichlar ekspozitsion dozasi quvvati nishondan 1 m masofada 2000—25000 R/min ni tashkil etgan tormoz nurlanishni vujudga keltiradi. Shu tufayli ular 400—500 mm qalinlikdagi payvand choklarni nazorat qilishda muvaffaqiyatli qo‘llaniladi.

Tezlatkichlar nurlatkich va elektr ta‘minot bloklari, issiqlik almashtirgichlar va boshqarish bloklaridan iborat ixcham qurilmadan iborat. Sanoatda ЛУЭ-10/1Д, ЛУЭ-10/2Д, ЛУЭ-15-1500Д, ЛУЭ-8-5Б, ЛУЭ-5-500Д tezlatkichlar qo‘llaniladi.

Микротрон — vaqt bo‘yicha o‘zgarmas va magnit maydoni bir jinsli elektronlarni siklik rezonansli kuchaytirgich (4.21-rasm). Mikrotronda vakuumli kamera 1 ga kiritilgan elektronlar turli radiusli, lekin o‘ta yuqori chastotali maydon elektronlarni tezlashtiradigan rezonator 2 joylashgan joyda umumiy urinish nuqtasiga ega bo‘lgan aylana bo‘ylab harakatlanadi. Tezlanish rezonansi elektronlarning rezonatorning tezlashtiruvchi oralig‘ini har kesib o‘tganda yuqori chastotali kuchlanish davrining karrali ortishi natijasida vujudga keladi. Rezonator volnovod 4 orqali kuchli impulsli magnitron 5 vositasida uyg‘otiladi. Vakuumli kamera nasos 8 yordamida uzluksiz siyraklanish ostida bo‘ladi. Oxirgi orbitadagi tezlashtirilgan elektronlar yoxud



4.21-rasm. Mikrotron sxemasi:
1 — kamera; 2 — rezonator; 3 — elektromagnit; 4 — volnovod; 5 — magnitron; 6 — nishon; 7 — uyg‘onish chulg‘ami; 8 — vakuumli nasos.

$(4 \div 70) \cdot 10^{-3}$ C/kg diapazonda ekspozitsion dozali rentgen nurlanishi vujudga keladigan nishon 6 ga kelib tushadi, yoki maxsus qurilma yordamida kameradan chiqarib tashlanadi. Mikrotronning elektron dastasi boshqa turdagi tezlatkichlardan farqli ravishda yuqori monoenergetiklikka ega. Mikrotronning asosiy afzalliklari rentgen nurlanishining yuqori intensivligida, tarqalishi kichikligida va elektronlar dastasi ko'ndalang kesimi diametriga nisbatan kichikligida (effektiv fokus dog'i 2—3 mm ni tashkil etadi). Sanoatda PMД-10T, MT-20, MP-30 va boshqlar qo'llaniladi.

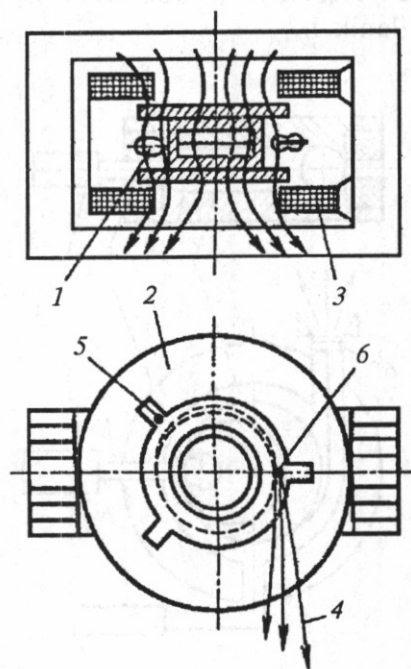
Chiziqli tezlatkichlar va mikrotronlar kichik fokusga ega bo'lib, yuqori intensivlikdagi tormozli rentgen nurlanishni olishni ta'minlaydi, shu tufayli radiatsion defektoskopiya uchun istiqbolli nurlanish manbalari bo'ladi.

Masalan, ЛУЭ-10/1Д chiziqli tezlatkichdan foydalanilgan nurlanish vaqti S_0^{60} izotopiga nisbatan 15—20 marta qisqaradi, nazoratning sezgirliги esa 0,8—1% ni tashkil etadi.

Radiatsion defektoskopiya elektronlarni boshqa tezlatkichlari

betatronlar ko'p tarqalgan. Betatronlarda elektronlarni tezlashtirish ularning doiraviy orbita bo'yicha harakatlanishida vaqt bo'yicha o'sib boruvchi magnit maydonida yuz beradi. Betatron (4.22-rasm) elektromagnit 3 ning qutblari orasida joylashgan toroidal vakuumli tezlatkich kamera 1 ko'rinishida ishlangan. Elektron to'p 5 elektronlarni toroidal kameraga generatsiyalaydi, u yerda elektronlar o'zgaruvchan magnit maydon vujudga keltiradigan uyurmali elektr maydonda tezlashadi.

Betatronlar chiziqli tezlatkichlar va mikrotronlarga qaraganda kichik nurlanish intensivligini ta'minlashiga qaramay, ular massasi kamligi, gabarit o'lchamlari uncha katta bo'lmagani, ekspluatatsion va iqtisodiy ko'rsatkichlari ancha yuqori bo'lgani tufayli defektoskopiya juda keng qo'llaniladi.



4.22-rasm. Betatron sxemasi:

- 1 — kamera; 2 — magnit korpusi; 3 — elektromagnit; 4 — rentgen nurlanish; 5 — elektron pushka (to'p); 6 — nishon.

Radiografik plyonkalar. Ular o'tgan ionlovchi nurlanishni qayd qilishning asosiy vositasi hisoblanadi. Ishlab chiqarilayotgan rentgen plyonkalari xossalari va vazifasiga ko'ra ikki guruhga bo'linadi (4.4-jadval): **ekransiz** fluoressent ekranlarsiz yoki metall kuchaytiruvchi ekranlar bilan foydalanish uchun va **ekranli** plyonkalar fluoressent kuchaytiruvchi ekranlarni qo'llanib foydalaniladigan plyonkalar. Birinchi guruhga PT-5, PT-4, PT-3, PT-1 plyonkalari kiradi; ikkinchi guruhga PT-2, PM-1, PM-2 va PM-3 plyonkalari kiradi. Plyonkaning asosiy xarakteristikalari spektral sezgirlik, kontrastlik va ajrata olish qobiliyati hisoblanadi.

4.4-jadval

RADIOGRAFIK PLYONKALARNING ASOSIY XARAKTERISTIKALARI

Plyonka turi	Cezgirlik, P^{-1}	Kontrastlik koeffitsiyenti	Ajrata olish qobiliyati, mm^{-1}
Ekransiz			
PT-1	50—60	3,5	68—73
PT -1	20—30	3,9	80—110
PT -1	9—12	3,5	110—140
PT -1	3—5	3,5	140—180
Ekranli			
PT -1	350	3,0	73—78
PT -1	300	3,0	73—78
PT -1	400	2,8	78
PT -1	300	2,7	78

Plyonkaning spektral sezgirligi bir xil ekspozitsion doza bilan turli xil energiya nurlanishlari bilan nurlantirgandan so'ng ochiltirilganda uning turli xil qorayish zichliklarini olish qobiliyati (Q) bilan belgilanadi. Amalda Q bir xil qorayish zichligini olish uchun zarur bo'lgan ionlovchi nurlanish dozasiga teskari kattalik bilan ifodalanadi: $Q = 1/R$ yoki R^{-1} .

Plyonkaning optimal spektral sezgirligiga rentgen trubkasidagi kuchlanish 50—110 kV bo'lganda erishiladi.

Plyonkaning qorayish zichligi D tushyotgan yorug'lik ravshanligi h_0 ning plyonka orqali o'tgan yorug'lik ravshanligiga nisbatining logarifmiga teng:

$$h_p: D = \lg(h_0/h_p).$$

Buyumlarni rentgen yoki gamma-nurlanish bilan nurlantirganda D ning eng optimal qiymatlari 1,8—2,2 oraliqda yotadi, ya'ni eng yaxshi spektral sezgirlikni D ning aynan shu qiymatlarida olish mumkin.

Kontrastlik D — qorayish zichligi orttirimasining nisbiy ekspozitsiya vaqti orttirimasiga nisbatidan iborat. Qorayish zichligining optimal (qulay) qiymatlarida ($D = 1,2 \div 2,2$) ekranli plyonkalarining kontrastligi $2,5 \div 3$ oraliqda, ekransiz plyonkalarniki $2,5 \div 4,5$ oraliqda bo'ladi.

Ajrata olish qobiliyati plyonkaning yaqin joylashgan nuqsonli uchastkalarni alohida qayd qiluvchi xossasini belgilaydi. Miqdoriy jihatdan bu tavsif uzunligi 1 mm (mm^{-1}) bo'lgan uchastkada seziladigan bir xil qalinlikdagi shtrix chiziqlar soni bilan baholanadi.

4.4. NAZORAT QILISH TEXNOLOGIYASI

Payvand birikmalarni sinash uchun radiografik nazorat qilish uslublari juda keng qo'llaniladi, bunda ionlovchi nurlanish-detektorli sifatida radiografik plyonkalardan foydalaniladi.

Foydalanilayotgan nurlanish turiga bog'liq holda rentgenogramma, va betatronli radiografiya farq qilinadi. Sanab o'tilgan uslublarning har biri o'zining foydalanish sohasiga ega. Xususan, rentgenografiya, eng sezgir uslub sifatida ko'pincha sex sharoitida va kamdan-kam hollarda dala sharoitida, payvand birikmalar sifatini nazorat qilishga sezgirlik bo'yicha eng yuqori talablar qo'yilganda, qo'llaniladi. Gammagrafiya borish qiyin bo'lgan joylarda joylashgan, dala va montaj qilish sharoitidagi payvand birikmalarni nazorat qilishda ustunlikka ega. Betatronli radiografiyadan ko'pincha sex sharoitida katta qalinlikdagi payvand birikmalarining defektoskopiyasida foydalaniladi.

Payvand birikmalarni radiografiyalashda asosiy operatsiyalarni bajarishning quyidagi ketma-ketligiga rioya qilinadi: nurlanish manbayi, radiografik plyonka tanlanadi va yoritishning optimal rejimlari belgilanadi; nazorat qilinayotgan obyekt yoritishga tayyorlanadi; obyekt yoritiladi; suratlar tahlil qilinadi; nazorat natijalari rasmiylashtiriladi.

Nurlanish manbayini tanlash. Nurlanish manbayini tanlash texnik maqsadga muvofiqlik va iqtisodiy samaradorlikka bog'liq. Manbani tanlashni belgilovchi asosiy omillar nazorat qilishning berilgan sezgirligi, nazorat qilinayotgan buyum materialining zichligi va qalinligi; nazoratning ish unumi; nazorat qilinayotgan detalning konfiguratsiyasi, uning nazorat qilishga qulayligi va boshqalardan iborat.

Masalan, katta o'lchamdagi nuqsonlar yo'l qo'yiladigan buyumlarni nazorat qilishda kam vaqt yoritishni ta'minlovchi yuqori energiyali izotoplarni qo'llanish eng maqsadga muvofiqdir. Mas'ul vazifalarni bajaruvchi buyumlar uchun rentgen nurlanishdan foydalaniladi va istisno sifatida imkoni boricha eng kam nurlanish energiyasiga ega, masalan, 1 g (4.5-jadval) bo'lgan izotoplarni qo'llanishga ruxsat etiladi.

Radiografik plyonkani tanlash. Tanlash yoritilayotgan obyekt materialining qalinligi va zichligi bo'yicha, shuningdek nazorat qilishning talab qilinayotgan ish unumi va sezgirligi bo'yicha amalga oshiriladi.

PT-1 plyonkasi asosan katta qalinlikdagi payvand birikmalarni nazorat qilish uchun foydalaniladi, chunki u yuqori kontrastlikka va nurlanishga sezgirlikka ega. PT-2 universal ekran plyonkasi turlicha qalinlikdagi detallarni yoritishda qo'llaniladi, bunda yoritish vaqti plyonkalarining boshqa turlariga nisbatan eng kamdir. Aluminiyli qotishmalar va qalinligi uncha katta bo'lmagan qora metallar qotishmasidan yasalgan buyumlarni nazorat qilish uchun yuqori kontrastli PT-3 va PT-4 plyonkalaridan foydalanish mumkin.

4.5-jadval

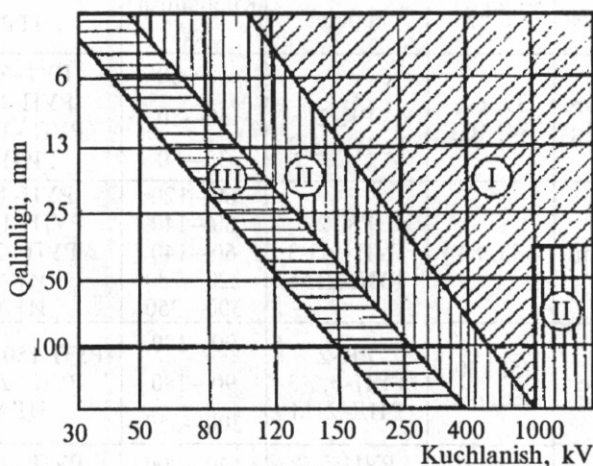
DEFEKTOSKOPIYADA IONLOVCHI NURLANISHNING QO'LLANISH SOHASI

Po'lat qalinligi, mm	Gamma-nurlanish			Rentgen-nurlanish	
	manba	Energiya, keV	apparat	Kuchlanish, kV	apparat
4	¹⁴⁵ Sm ¹⁵⁵ Eu	39, 62, 84, 102	PK-2 ГУП-0,5-3	10—60 50—80 35—80	РУТ-60-20-1 РУП-120-5-1 РУП -150-10-1 РИНА-1Д
1—20	¹⁷⁰ Tm	53, 84	PK-2 ГУП-0,5-3 РИД-21М	60—120 60—140 60—140 220—280 300—350	РУП-120-5-1 РУП -150-10-1 РУП -200-5-1 ИРА-1Д ИРА-2Д
2—40	⁷⁵ Se	75, 130, 280, 405	PK-2 ГУП-0,5-3 РИД-21М	90—180 90—180 300—350	РУП-150/300-10-1 РУП -200-20-5 ИРА-2Д
10—60	¹⁹² Ir	295, 316, 468, 604	РУП-5-2 РИД-11 РИД-21М «Стапель-5»	140—200 140—300 250—400	РУП -200-20-1 РУП -150/300-10 РУП -400-5-1

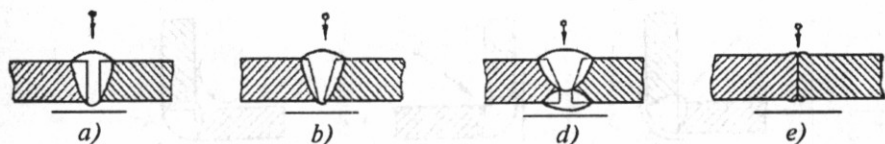
Po'lat qalinligi, mm	Gamma-nurlanish			Rentgen-nurlanish	
	manba	Energiya, keV	apparat	Kuchlanish, kV	apparat
30—100	^{137}Cs ^{152}Eu	661, 122, 344, 963, 1405	«Газпром» «Трасса», «Нева» ГУП-0,5-2 ГУП-50-3	180—300 250—400 250—1	РУП -150/300-10 РУП -400-5-1 РТД-1
60—200	^{60}Co	1170, 1330	ГУП-1,5-3 ГУП-5-2 ГУП-50-2 «Кама»	250—400 250—100	РУП -400-5-1 РТД -1
6 va 18 MeV li betatronlar					

Mas'ul birikmalarni defektoskopiya qilishda PT-5 plyonkasi qo'llaniladi. Bu plyonka juda yuqori kontrastlikka ega, nurlanishga nisbatan eng kam sezgirlikka ega bo'lsa ham, juda kichik nuqsonlarni aniqlashga imkon beradi, bu esa nazorat qilishda ekspozitsiya vaqtining ortishiga olib keladi. Radiografik plyonkani tanlashni taxminan nomogrammalar bo'yicha (4.23-rasm) amalga oshirish maqsadga muvofiqdir.

Yoritish sxemasi va parametrlarini tanlash. Payvand birikmalarini yoritish sxemasi buyum uchun belgilangan normalarda yo'l qo'yib bo'lmaydigan nuqsonlarni aniqlashni ta'minlashi kerak. 4.25—4.34-rasmlarda yoyli, kontaktli va boshqa turdagi payvandlash usullarida



4.23-rasm. Po'latning yoritish uchun radiografik plyonkalarni qo'llanish sohalari nomogrammasi:
I-PT-5, PT-4, II-PT-1, PT-3, III-PT-2.



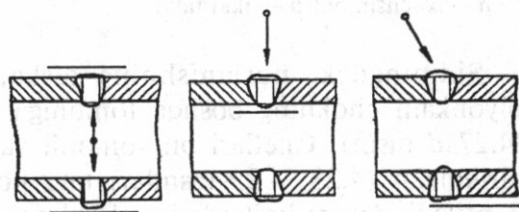
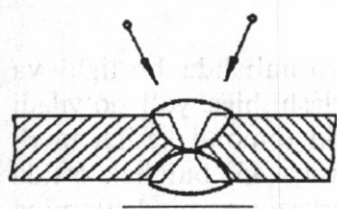
4.24-rasm. Uchma-uch payvand birikmalarni yoritib ko'rish:

a — chetlarni kesmadan; *b* — bir tomonlama payvandlashda chetlarini ishlab;
d — kontaktli payvandlashga.

bajarilgan uchma-uch birikmalarni yoritish sxemalari ko'rsatilgan. Ionlovchi nurlanishning ishchi dastasi payvandlanayotgan elementlarning tekisligiga perpendikular holda yo'naltirilishi kerak (4.24-rasm). Birikmalarning ba'zi turlari (4.25-rasm) ikki marta turli xil burchak ostida yoritiladi. Bu holda ishchi dasta o'qining yo'nalishi chetlarni kesish chiziqlari bilan mos tushishi kerak. Plyonkani chok ildizi tomonidan joylashtirish lozim, biroq zarur bo'lganda uni yoritish yo'nalishini teskarisiga o'zgartirib, qarama-qarshi tomondan ham joylashtirish mumkin.

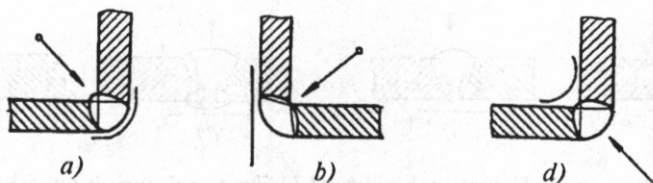
Masalan, rezervuarlar, payvandlovchi quvurlar va boshqa silindrik buyumlarning halqali va bo'ylama uchma-uch birikmalari nurlanish manbayini buyum ichiga joylashtirib (4.26-*a* rasm — panoramali yoritish) yoki tashqaridan ishchi dastaning o'qini chokka perpendikular yo'naltirib yoritiladi (4.26-*b* rasm). Agar konstruksiyaning ichiga plyonkali kassetani yoki nurlanish manbayini joylashtirishning imkoni bo'lmaydigan bo'lsa, u holda qarama-qarshi tashqi tomonlarga nurlanish manbayi va plyonkani joylashtirib (4.26-*d* rasm) ikki devor orqali yoritiladi. Ishchi dastaning o'qi chok joylashgan tekislikka burchak ostida yo'naltirilgan bo'lishi kerak.

Chetlari kesiksiz va ikki cheti kesikli burchakli birikmalarning choklari ishchi dastasi o'qining yo'nalish payvandlangan elementlar orasidagi burchakning bissektrisasi bo'ylab yoritiladi. (4.27-*a, b* rasm).

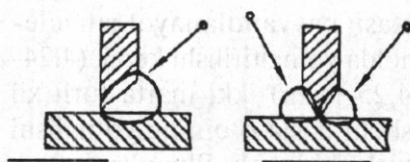


4.25-rasm. Uchma-uch payvand birikmalarni turli burchaklar ostida yoritib ko'rish.

4.26-rasm. Silindrik yoki sferik konstruksiyadagi halqali choklarni yoritib ko'rish.

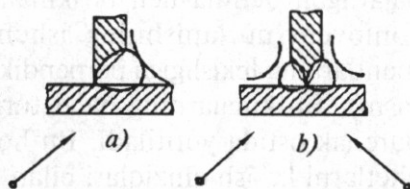


4.27-rasm. Burchakli birikmalarni yoritib ko'rish.



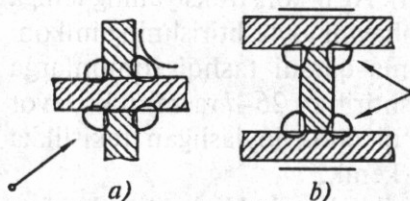
4.28-rasm. Ichki tomondan kirish imkoni bo'lganda tavrli birikmalarni yoritib ko'rish:

a — bir tomonlama payvandlashda;
b — ikki tomonlama payvandlashda.



4.29-rasm. Tashqi tomondan kelish mumkin bo'lganda tavrli birikmalarni yoritib ko'rish:

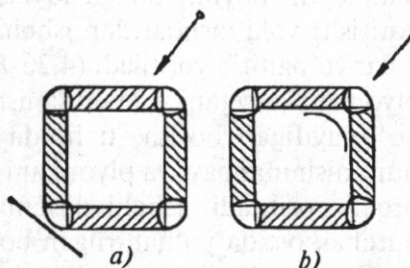
a — bir tomonlama payvandlashda;
b — ikki tomonlama payvandlashda.



4.30-rasm.

Maxsus konstruksiyalarning choklarini yoritib ko'rish:

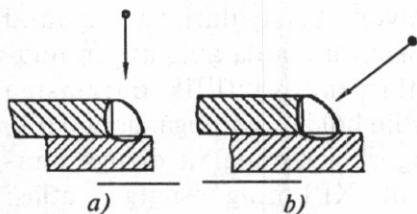
a — xochsimon; *b* — ikki tavrli.



4.31-rasm. Qutisimon

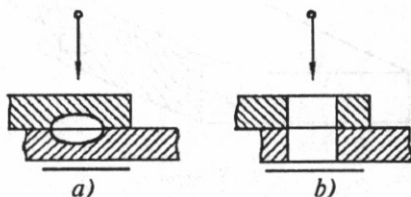
konstruksiyalarning choklarini yoritib ko'rish.

Shuningdek, nurlanishning teskari yo'nalishda bo'lishi va plyonkani chokning boshqa tomoniga joylashishiga yo'l qo'yiladi (4.27-*d* rasm). Chetlari bir tomonli va ikki tomonli kesikli tavrli birikmalar (4.28, 4.29-rasmlar) tavr polkasiga 45° burchak ostida yoritiladi. Ayrim hollarda bu choklarni markaziy nurni chetlarning kesiklari bo'ylab yo'naltirib ham yoritish mumkin. Ikki tavrli va xochsimon konstruksiyalarning choklari shunga o'xshash yoritiladi (4.30-rasm).



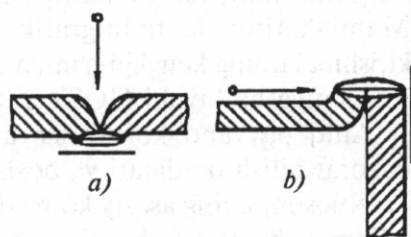
4.32-rasm. Yoyli payvandlash bilan bajarilgan usma-ust birikmalarni yoritib ko'rish:

a — payvandlanayotgan listning tekisligiga o'tkazilgan normal bo'yicha;
b — list tekisligiga burchak ostida.



4.33-rasm. Nuqtali (*a*) va chokli (*b*) payvandlash bilan bajarilgan usma-ust birikmalarni yoritib ko'rish.

Ichiga plyonkali kassetani yoki nurlanish manbayini joylashtirish imkonini bermaydigan shaklga ega bo'lgan qutisimon konstruksiyalarning choklari buyum o'qiga burchak ostida ikki devor orqali chokning tashqi tomonidan plyonka o'rnatilganda yoritiladi (4.31-*a* rasm). Agar kassetani qutisimon konstruksiyaning ichiga kiritish mumkin bo'lsa, yoritish bitta devor orqali chokka perpendikular holda olib boriladi (4.31-*b* rasm).

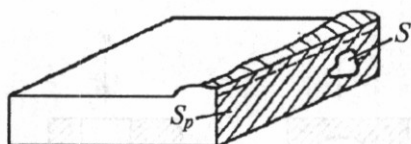


4.34-rasm.
 Chetlarni bortovkalab payvand birikmalarni yoritib ko'rish.

Ustma-ust qo'yib biriktirishlar listlar tekisligiga perpendikular (4.32-*a* rasm) va 45° burchak ostida yoritiladi. Nuqtali va chokli birikmalar payvandlanayotgan listlarning tekisligiga normal bo'yicha yoritiladi (4.33-rasm).

Ikki cheti bortovkalangan uchma-uch birikmalar chokka perpendikular (tik) holda yoritiladi (4.34-*a* rasm). Bortovkali burchakli birikmalar markaziy nurni payvandlanayotgan chetlarning tekisligi bo'yicha yo'naltirib yoritiladi (4.34-*b* rasm).

Radiatsion nazorat qilishda sifat ko'rsatkichlari bo'yicha nuqsonlarni belgilash va payvand choklarni tasniflash. Payvand konstruksiyalarni yetkazib berishda korxonalar o'rtasidagi kooperatsiyalashni yengillashtirish maqsadida birikmalarning nuqsonlarini tartibga soluvchi hujjatlar ishlab chiqilgan. Xalqaro payvandlash instituti (XPI)ning nuqsonlarning oltita guruhini (yoriqlar, rakovinalar, kirishmalar, neprovarlar, tashqi nuqsonlar, boshqalar) ko'zda



4.35-rasm.

Payvand chokining qirqimi.

tutuvchi tavsiyalari va payvand choklarini ularda aniqlangan nuqsonlarning xavflilik darajasiga bog'liq holda 5 guruhga: qora, ko'k, zangori, jigarrang va qizilga ajratuvchi XPI ning rentgen-atlasi keng tarqaldi. Aytib o'tilgan hujjatlar nuqsonlarni ko'rsatish uchun

ishlab chiqilgan va operatorlarni o'qitishda ayniqsa foydalidir.

IHI (iqtisodiy hamkorlik ittifoqi)ga a'zo mamlakatlarda qabul qilingan payvand birikmalar choklari tasnifi 4.6-jadvalda keltirilgan. Choklar ko'rinishi, kengligi (neprovarlar uchun chuqurligi) va nuqsonlarning yalpi emasligiga bog'liq holda 5 ta sinfga bo'linadi. Mamlakatimizda radiografik uslubda aniqlangan bo'shliqlar va kirishmalarning kengligi hamda uzunligiga qarab payvand birikmalarni 7 ta sinfga bo'luvchi GOST 23055-78 amal qiladi.

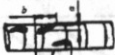
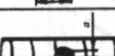
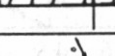
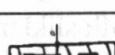
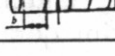
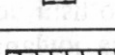
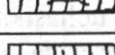
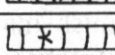
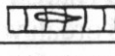
Aniq payvand konstruksiya uchun joiz nuqsonlar standartlar, nazorat qilish qoidalari va boshqa tarmoq hujjatlarida ko'rsatiladi.

Nuqsonlikning asosiy ko'rsatkichi sifatida $q = S/S_p$ parametr qabul qilingan, bu yerda S_p , S — mos ravishda hisobdagi kesimning va nuqsoning yuzlari (4.35-rasm). Bu parametrning son qiymatini buyumning xarakteristikasi sifatida foydalanish payvand choklarning beshta sinfga bo'linishini aniqlashtirishga imkon berdi. Birinchi sinfga $q = 0 - 0,005$ dagi payvand choklar, ikkinchisiga $0,005 - 0,01$ dagi payvand choklar kiradi; uchinchi beshinchigacha bo'lgan sinflarga o'tish mos ravishda $q = 0,02, 0,04, 0,05$ bo'lganda amalga oshiriladi. q parametri nuqsonning real xavfliligi o'lchovi hisoblanadi.

4.6-jadval

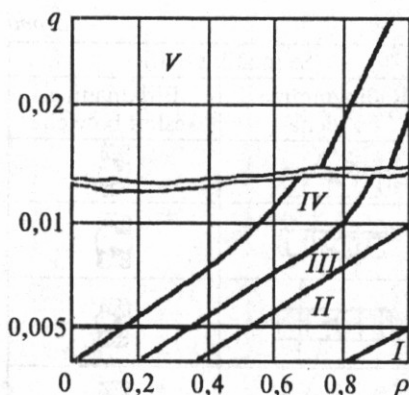
PAYVAND BIRIKMALAR NUQSONLARI TURLARI

Belgilanishi	Nomi	Sxematik tasviri	
		Radiogramma bo'yicha	Birikmaning kesimi bo'yicha
Aa	Gazli sferik bo'shliqlar		
Ab	Uzunlashgan gazli bo'shliqlar		
Ac	Chok ildizidagi bo'shliqlar zanjiri		
Ad	Gaz bo'shliqlari to'plangan joy		

Belgilanishi	Nomi	Sxematik tasviri	
		Radiogramma bo'yicha	Birikmaning kesimi bo'yicha
<i>Ba</i>	Shlakli kiritmalar		
<i>Bb</i>	Satrsimon shlakli kiritmalar		
<i>Bc</i>	Yasmiqsimon shlakli kiritmalar		
<i>Bd</i>	Metall kiritmalar		
<i>C</i>	Erimagan joylar		
<i>Da</i>	Chokning kesiksiz qavariq ildizi (bir tomonlama payvandlashda)		
<i>Db</i>	Konsentratorli ildiz nuqsoni (bir tomonlama payvandlashda)		
<i>Dc</i>	Konsentratorli ildiz nuqsoni (ikki tomonlama payvandlashda) va kesishgan joy nuqsoni		
<i>Ea</i>	Bo'ylama yoriqlar		
<i>Eb</i>	Ko'ndalang yoriqlar		
<i>Ec</i>	Nursimon yoriqlar		
<i>Fa</i>	Chok metali oqmasi		
<i>Fb</i>	Chokning notekis kuchaytirilishi		
<i>Fc</i>	Kesiklar		

Nuqsonning turini aniqlash uchun uning eng kichik chiziqli o'lchami a va eng katta chiziqli o'lchami b ning nisbatidan foydalanish mumkin. O'lchamlari nisbati $a/b < 0,2$ yoriq sifatida baholanishi mumkin.

Nuqsonning yasalgan modelini bundan keyingi umumlashtirishni quyidagicha amalga oshirish mumkin: nuqson umumiy holda chiziqli o'lchovlari a_1, a_2, a_3 bo'lgan ellipsoid sifatida ko'riladi, bunda $a_1 < a_2 < a_3$.



4.36-rasm. Nuqsonning real (haqiqiy) va potensial xavfliligini belgilovchi q va ρ parametrlarga bog'liq holda payvand choklari nuqsonlarining sinflari (I, II, III, IV, V).

Aylanish ellipsoidi uchun olingan natijalarni umumlashtirish uchun a/b nisbatni nuqsonning minimal chiziqli o'lchamining maksimal chiziqli o'lchamiga nisbati sifatida talqin qilish lozim: $a/b = a_1/a_3 = \rho$, bu yerda ρ — parametr nuqsonning potensial xavfliligi o'lchovi sifatida qabul qilingan. O'tkazilgan tadqiqotlar asosida payvand birikmalar nuqsonligining umumiyashtirilgan tasnifi yasalgan (4.36-rasm).

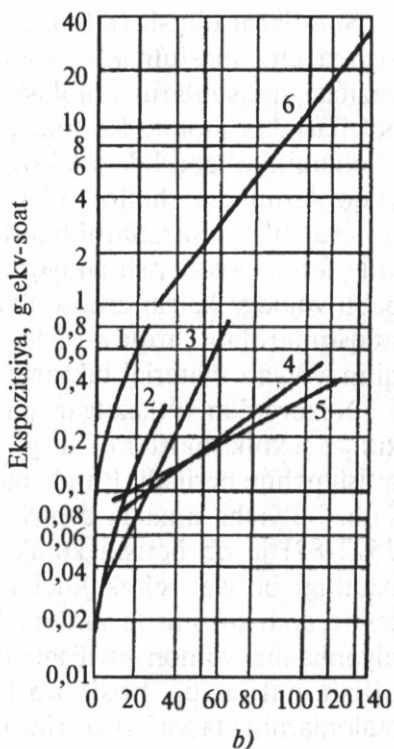
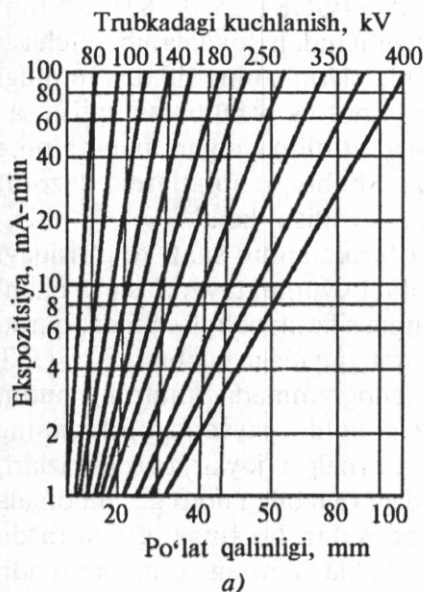
Nazorat qilinayotgan obyektни yoritib ko'rishga tayyorlash. Nazorat qilishdan avval buyum sinchiklab ko'zdan kechirilishi va zarur

bo'lganda shlakdan, iflosliklardan tozalanishi kerak. Tashqi nuqsonlarni yo'qotish zarur, chunki, ularning suratlardagi tasviri ichki nuqsonlarning tasvirini qoraytirib, ko'rsatmay qo'yishi mumkin. Payvand birikma nazorat qilish uchastkalariga bo'linib, ular yoritib ko'rilgandan so'ng aniqlangan ichki nuqsonlarning joylashuvini aniq ko'rsatish mumkin bo'lishi uchun markalanadi.

Kassetalar va unga joylanadigan radiografik plyonkalar nazorat qilinayotgan tegishli uchastkalar kabi tartibda markalanishi kerak. Tanlangan plyonka kassetaga joylanadi, shundan so'ng kasseta buyumga mahkamlanadi, nurlanish manbayi tomonidan esa sezgirlik etaloni o'rnatiladi. Bunday o'rnatish imkoni bo'lmagan hollarda, masalan, quvurlarni ichki devori orqali yoritib ko'rishda etalonni detektor (plyonkali kasseta) tomonidan joylashtirishga ruxsat etiladi.

Buyumni yoritib ko'rish. Sanab o'tilgan operatsiyalar bajarilgandan va xavfsiz ishlash sharoitlari ta'minlangandan so'ng buyumni yoritib ko'rishga kirishiladi. Bunda nurlanish manbayini shunday o'rnatish kerakki, yoritib ko'rish vaqtida u titramasligi yoki o'rnidan siljimasligi kerak, aks holda plyonkadagi tasvir surkalib ketgandek bo'lib chiqadi. Yoritib ko'rish vaqti o'tgandan so'ng plyonkali kasseta yechib olinadi va eksponirlangan plyonkaga fotoishlov beriladi.

Suratlarga fotoishlov berish. Plyonkaga fotoishlov berish jarayoni quyidagi operatsiyalarni o'z ichiga oladi: ochiltirish, oraliq yuvish, tasvirni fiksasiya qilish, oqmaydigan suvda yuvish, yakuniy yuvish va



4.37-rasm. Po'latni yoritib ko'rish ekspozitsiyasini aniqlash nomogrammasi:
a — $F = 750$ mm va PT-1 plyonka bo'lganda rentgen nurlanishi bilan; *b* — $F = 500$ mm va PT-1 plyonka bo'lganda gamma nurlanish bilan; 1 — Taliy-170, 2 — Stronsiy-75, 3 — Iridiy-192, 4 — Seziy-135, 5 — Evroniy-152, 6 — Kobalt-60.

plyonkani quritish. Ochiltirishda bromli kumush kristallarning metalli kumushga tiklanishi yuz beradi. Plyonka maxsus eritma ochiltirgichda ochiltiriladi. Ochiltirish vaqti plyonka va eritmaning o'rov qutilarida ko'rsatilgan. Ochiltirishdan so'ng, plyonka suv solingan idishda chayiladi. Bunday oraliq yuvish ochiltirgichning fiksatsiyalovchi eritma — fiksajga tushmasligining oldini oladi. Fiksajda bromli kumushning ochilmagan donachalari eriydi, tiklangan metalli kumush esa o'zgarishlar sezmaydi.

Fiksatsiyadan so'ng plyonka oqmaydigan suvda yuvilib, keyin undan olinadi va kumush yig'ib olinadi. Keyin plyonka fiksatsiyadan so'ng unda qolib ketgan kimyoviy reaktivlarni yo'qotish uchun 20—30 minut mobaynida vannada oqar suvda yuviladi. Plyonka yuvilgandan so'ng uni 3—4 soat quritiladi. Quritish harorati 35°C dan ortiq bo'lmashligi kerak.

Suratlarni o'qish (tahlil qilish) fototanlov berish ishlarini o'tkazishda eng mas'uliyatli bosqichdir. Suratlarni tahlil qiluvchining vazifasi nuqsonlarni aniqlash, ularning turlarini va o'lchamlarini belgilashdan iborat. 1,5 mm gacha bo'lgan nuqsonlar tasvirlarining o'lchamini o'lchashda o'lchov lupasidan (GOST 25706-83), 1,5 mm yuqorilarini esa shaffof o'lchov chizg'ichidan foydalanib o'lchash tavsiya etiladi. Suratlarni tahlil qilishda plyonkaning sifati yomonligi yoki fotoishlov berish jarayonida unga noto'g'ri muomala qilish sababli vujudga kelgan nuqsonlarni nazorat qilinayotgan materialning nuqsonlaridan farqlay olish kerak. Shubhali holatlarda nazorat qilinayotgan material takroriy yoritib ko'rilishi kerak.

Nazoratdan o'tkazilgan payvand birikmaning sifati to'g'risidagi xulosa texnik shartlar (TSh)ga muvofiq buyumni tayyorlash va qabul qilish uchun beriladi. Bunda buyumning sifatini baholash faqat quruq surat bo'yicha amalga oshiriladi, surat quyidagi talablarga (GOST 7512-82) javob berishi kerak: rentgenogrammada suratning butun uzunligi bo'ylab chok kuchaytirilgan holda payvand birikmaning tasviri aniq ko'rinishi; suratda dog'lar, tirnalgan joylar, barmoq izlari, plyonkaning yomon yuvilishi oqibatidagi va u bilan noto'g'ri muomala qilish natijasida hosil bo'lgan oqmalar bo'lmasligi; suratda etalonlarning tasvirlari ko'rinishi. Aks holda takroran yoritib ko'riladi.

Nazorat natijalarini rasmiylashtirish. Nazorat natijalarini yozishni qisqartirish uchun suratda ko'rilgan nuqsonlarning qisqa belgilaridan foydalaniladi: T — yoriqlar, H — neprovar, П — bo'shliqlar, III — shlakli kirishmalar, B — volframli kirishmalar, Пд — kesik, См — chetlarning surilishi, P — devorlarning har xilligi; O — chok asosining bo'shlig'i (kuchsizligi).

Taqsimlash xarakteriga ko'ra nuqsonlar quyidagi guruhlariga birlashtiriladi: alohida nuqsonlar, nuqsonlar zanjiri, nuqsonlar to'pi. Nuqsonlar zanjiriga kamida uchta bo'lib, oralaridagi masofa nuqsonning kattaligidan uch karra yoki undan kamga teng bo'lgan, bir to'g'ri chiziqda joylashgan nuqsonlar kiradi. Nuqsonlar to'piga miqdori kamida uchta bo'lib, ular orasidagi masofa nuqsonning uch karra kattaligiga yoki undan kichik kattaligiga teng, to'p bo'lib joylashgan nuqsonlar kiradi. Nuqsonning o'lchami deb, uning suratda millimetr hisobidagi tasvirining eng katta chiziqli o'lchami hisoblanadi.

Bir xil turdagi, turli o'lchamdagi nuqsonlar guruhida bu guruhdagi nuqsonning o'rtacha yoki eng ko'p uchraydigan o'lchami, shuningdek nuqsonlar soni ko'rsatiladi.

4.5. RADIATION DEFECTOSKOPIYANING ZAMONAVIY USULLARI

Radioskopiya. Nazorat qilishning bu usuli nazorat qilinayotgan obyektlarni rentgen nurlari bilan yoritib ko'rishga, obyektning radiatsion tasvirini yorug'lik, soya yoki elektron tasviriga almashtirishga va bu tasvirni optika yoki televizion texnika yordamida masofaga uzatish hamda uni chiqish ekranlarida ko'rib tahlil qilishga asoslangan.

Radioskopik usulning vasifasi, asosan, huddi radiografik usulning vazifasiga o'xshash. Payvand birikmalarni bu usul bilan nazorat qilishning maqsadga muvofiqligi radioskopik usulning nuqsonlarga sezgirliги radiografiyaga nisbatan taxminan 2 marta past, ish unumi esa 3—5 marta yuqoriligini hisobga olgan holda belgilanadi. Bu usul nazorat qilinayotgan buyumning ichki tuzilishini uning kirish ekraniga nisbatan 0,3 m/min dan 1,5 m/min gacha tezlikda ko'chishi jarayonida o'zgartkichning turiga va buyumning qalinligiga bog'liq holda ko'zdan kechirishga imkon beradi. Soyali radiatsion tasvirni yorug' soyali yoki elektron tasvirga o'zgartiruvchilar sifatida fluoroskopik ekran, ssintillatsion kristall, elektron-optik o'zgartkich va kamdan-kam hollarda elektroluminescent ekran xizmat qiladi. Obyektning rentgen tasvirini axborotni yo'qotmasdan bevosita videosignalga almashtiruvchi rentgen-ko'rsatkich (vidikon) alohida o'rinni egallaydi.

Fluoroskopik ekranlar karton asosga fluorescent modda (luminofor)ni surtib tayyorlanadi, bu modda, masalan, rux sulfidi (ZnS) va kumush bilan aktivlashtirilgan kadmiy sulfidi (CdS) kristallari aralashmasidan iborat. Rentgen va gamma nurlarining luminofor modda bilan o'zaro ta'sirlashuvi jarayonlari natijasida ko'rinadigan spektrning zangori yoki sariq-zangori qismida yoritilishi bilan luminessensiya vujudga keladi. Nazorat qilish sezgirliги radiografiyadagiga qaraganda 3—6 marta past bo'lar ekan. Bunday ekranlar elektronlarni, protonlarni, α -zarrachalarni qayd etish uchun xizmat qiladi, shuningdek ular rentgenli elektron-optik o'zgartkichlar (EOO')ning kirish elementlari va fluorografiyada foydalanilishi mumkin.

Ssintillatsion kristallar turli hil aktivatorli, kelib chiqishi noorganik (ishqor-galoidli) va organik (antratsen) bo'lgan monokristallardan iborat. Talliy (Tl) bilan aktivlangan yodli natriy (NaI), yodli kaliy (KI), yodli seziy (CsI) asosidagi birinchi turdagi monokristallar eng ko'p tarqalgan. Ssintillatsion kristallarning ishlash prinsipi

luminoforlarning qisqa muddatli chaqnashlari bilan yoritishi qobiliyatiga (100 mks — 1 ns tartibda) asoslangan. CsI kristallari NaI kristallariga qarganda ularga bir energiyaning bir xil nurlanish dozasi ta'sir ko'rsatganda yoritish ravshanligi kamroq bo'ladi. Biroq NaI kristallarining gigroskopligi yuqori bo'lganligi sababli CsI kristallari ko'proq qo'llaniladi.

Ssintillatsion kristallar bir qator parametrlarga ko'ra fluoroskopik ekranlardan ustun turadi, xususan CsI kristallarining ajrata olish qobiliyati 10—12 chiziq/mm ni tashkil etadi, fluoroskopik ekranlardan foydalanishda esa ajrata olish qobiliyati 3 chiziq/mm dan oshmaydi.

Bu kristallarning afzalliklariga quyidagilar kiradi: yuqori energiyalarni (15—30 MeV) samarali qayd qilish uchun katta qalinlikdagi detektorlarni yaratishga imkon beruvchi donasiz tuzilishi; yoritishlar o'rtasidagi uncha katta bo'lmagan vaqt oraliqi (10^{-5} — 10^{-8} s), bu tasvirning paydo bo'lishi va yo'qolishining noinersionligini ta'minlaydi; kristall yoritish spektrning tasvir ravshanligi kuchaytirgichlari fotokatodlarning spektral xarakteristikasi bilan qoniqarli tarzda mos tushishi; modda zichligining kattaligi va xususiy nurlanish uchun shafofligi; katta o'lchamdagi (230 mm gacha) monokristallarni olish imkoniyati.

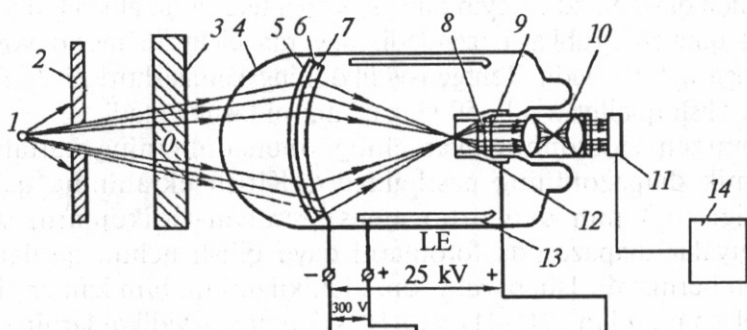
Bu kristallar «Introskop» turidagi rentgenotelevizion qurilmalarda keng foydalaniladi. Ulardan foydalanishda nazorat qilish sezgirligi radiografiyadagiga qarganda 2,5—2 marta past, nazorat qilish tezligi 1—1,5 m/min.

Elektroluminescent ekranlar ba'zi bir luminoforlarning o'zgaruvchan elektr maydoni ta'sirida yoritishga asoslangan. Ular quyidagi prinsip bo'yicha ishlaydi. Ekranga o'tkazuvchi qoplamalar bo'lgan joylarda yuqori kuchlanish (600—800 V) ulangan bo'lib, u yuqori elektr qarshiligi tufayli fotoo'tkazgichda pasayadi, ayni paytda luminofor qatlamiga tushayotgan kuchlanishning juda oz qismi to'g'ri keladi. Nurlantirishda fotoo'tkazgichning qarshiligi keskin tushadi, luminoforda esa ortadi, bu esa uning yoritishini vujudga keltiradi. Elektroluminescent ekranlarning kamchiliklariga quyidagilarni kiritish lozim: yoritishlar orasidagi vaqtning juda kichikligi, shuningdek kuchlanish berilganda dastlabki fonning vujudga kelishiga olib keluvchi luminoforning yoritishi, bu hosil bo'ladigan tasvirning kontrastini pasaytiradi. O'zgartkichlar sifatida foydalaniladigan elektroluminescent ekranlar yoritish ravshanligini 100 marta orttiradi. Biroq ular yuqorida ta'kidlab o'tilgan kamchiliklari tufayli payvand choklarni nazorat qilishda qo'llaniladi.

Bevosita kuzatishda fluoroskopik ekran va ssintillatsion monokristall rasshifrovka (shifrnı ochish) uchun tasvir ravshanligini ta'minlay olmaydi. Bunday tasvirlarnı yaratish uchun rentgen tasvirini maxsus kuchaytirgichlari — **rentgen elektron-optik o'zgartkichlari** REOO' (4.38-rasm) qo'llaniladi. REOO'da, asosan, fluoroskopik ekran 6 (radiatsion tasvirni optik tasvirga o'zgartiruvchi) va fotokatod 7 (optik tasvirni elektron tasvirga o'zgartiruvchi) birga joylashtirilgan. Yarimshafof surma-seziyli fotokatod rentgen nurlanish bilan vujudga keltiriladigan luminofor yoritishi ta'sirida yorug'lik intensivligiga mutanosib miqdorda elektronlar chiqaradi. Energiyasi bo'yicha 10^4 marta (potensiallar ayirmasi 25 kV) tezlashtirilgan elektronlar chiqish ekranlari 8 va 9 da fokuslanadi, u yerda luminofor yordamida elektron tasvir optik tasvirga aylantiriladi. Tasvir ravshanligini kuchaytirishga, bir tomondan, chiqish ekranida yorug'lik oqimini tezlashtiruvchi kuchlanish tufayli 100 marta orttirish bilan va ikkinchi tomondan, elektron-optik tasvirni 4 marta kamaytirish natijasida chiqish ekranı yoritilganligini taxminan 16 marta orttirib erishiladi. Chiqish ekranidagi tasvir optika 10 yordamida ko'rib chiqiladi yoki uzatuvchi telekamera 11 yordamida videonazorat qurilmasi 14 ga uzatiladi.

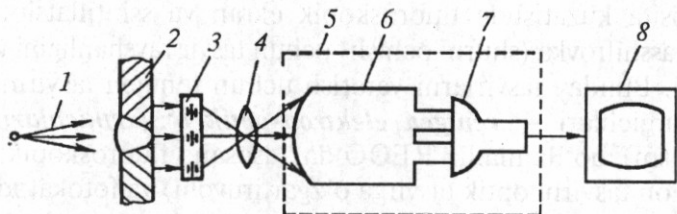
PII-6OTЭ qurilmasida bir kanalli EOП va uzatuvchi televizion trubka (4.39-rasm) bilan qo'shilgan monokristalldan foydalanilgan. Qurilma usulning nisbiy sezgirligi 6—4% bo'lganda 70 mm gacha qalinlikkacha bo'lgan buyumlarnı nazorat qilishga imkon beradi.

Rentgen-vidikonlar — alumiניy diskka surtilgan rux oksidi, qo'rg'oshin oksidi, amorfli selen, oltingugurtli surma va boshqa birikmalar asosidagi



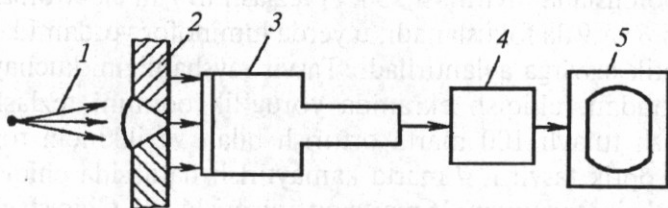
4.38-rasm. Elektron-optik o'zgartkichning sxemasi:

1 — nurlanish manbai; 2 — qo'rg'oshinli diagramma; 3 — yoritib ko'riladigan obyekt; 4 — shisha vakuum kolba; 5 — alumiניy ostqo'yma; 6 — fluoroskopik ekran; 7 — fotokatod; 8, 9 — chiqish ekranlari; 10 — optika; 11 — uzatuvchi telekamera; 12 — anod; 13 — metallashtirilgan qoplama; 14 — televizor ekranı.



4.39-rasm. Monokristall qurilmaning blok sxemasi:

1 — nurlanish; 2 — payvand birikma; 3 — monokristall; 4 — obyektiv; 5 — uzatuvchi blok; 6 — ЭОП; 7 — televizion trubka; 8 — axborot beruvchi televizion sistema.



4.40-rasm. Rentgen-vidikonning blok sxemasi:

1 — nurlanish; 2 — payvand birikma; 3 — rentgen-vidikon; 4 — aloqa bloki; 5 — axborot beruvchi televizion sistema.

rentgen nurlanishga sezgir fotoo'tkazuvchi qatlamli yorug'lik uzatuvchi televizion kamera (vidikon)ni o'zida birlashtiradi (4.40-rasm). Ionlovchi nurlanish ta'sirida fotoo'tkazuvchi qatlamdan fotoelektronlar chiqarilib, ular elektr maydon tomonidan tezlashtiriladi va trubka katodida qayd etiladi. Keyin olingan signal televizion aloqa bloki orqali qabul qiluvchi trubkaga uzatiladi, u yerda elektron tasviri yorug'lik tasviriga aylantiriladi. Rentgen-vidikonning kattalashtirishi $2-50\times$ ni, ajrata olish qobiliyati $30-50$ chiziq/mm ni tashkil etadi.

Rentgen-vidikonning kamchiligi inersionligining kattaligi va dinamik diapazonining pastligidadir. Kirish ekranining qalinligi kamligi ($0,3$ mm dan ortiq emas) rentgen-vidikonlarni yuqori energiyalar diapazonida fotonlarni qayd qilish uchun qo'llanishga imkon bermaydi. Ishchi maydoni kichikligini muhim kamchilik deb hisoblash mumkin, ЛИ-417 va ЛИ-423 rentgen-vidikonlarning kirish ekranlari diametrlari mos ravishda 18 va 90 mm ni tashkil etadi. Taqqoslash uchun ta'kidlab o'tamizki, monokristall diametri qalinlik 3 mm gacha bo'lganda 230 mm ni tashkil etadi.

Qalinligi 15 mm gacha bo'lgan payvand birikmalarni rentgen-vidikonlaridan foydalanuvchi introskoplarni (ПТУ-38, ПТУ-39, «Де-

фектоскоп-1, «Дефектоскоп-2» va boshqalar) bilan nazorat qilishda nazorat sezgirliги 5 dan 25% gacha oralig'ida, unumdorlik esa 0,3—0,5 m/min bo'ladi.

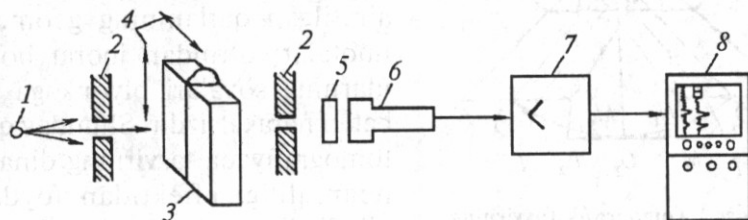
Nuqsonlarni aniqlash bo'yicha nazorat qilishning radioskopik usuli texnik shartlar talablarini qanoatlantiradigan hollarda u radiografik usul o'rniga kiritilishi mumkin. Agar nazorat qilishning radioskopik usuli texnik shartlar talabalarini qanoatlantirmasa, u radiografik usul bilan birga foydalanilishi va dastlabki nazorat qilish uchun qo'llanilishi mumkin.

Ko'pincha xorijiy firmalar choklarni nazorat qilish uchun introskoplar chiqarishadi, ularda nurlanishlarni almashtiruvchilar sifatida yuqorida ko'rsatib o'tilgan qurilmalardan foydalanilgan. Ular orasida «Limikon» (AQSh), «Markoni» (Angliya), «Baltaskop» (Belgiya), «Filips» (Gollandiya) va boshqa turdagi fluoroskopik ekranli introskoplarni ko'rsatib o'tish mumkin. AQShda rentgen-vidikonli «Sechrey» turidagi qurilmalar ishlab chiqarilmoqda.

Radiometrik usul. Bu usul o'tgan nurlanishning spektral tarkibi yoki oqimi zichligini proporsional yoki elektr signalga almashtirib, buyumlarni ionlovchi nurlanish bilan yoritib ko'rishga asoslangan. Radiometrik nazorat qilishning istagan sistemasida nurlanish manbayi, detektor, axborotga ishlov berish va qayd etish sxemasi mavjud (4.41-rasm). Nurlanish manbalari sifatida asosan gamma-izotoplar, tezlatgichlar va kamdan-kam rentgen apparatlari qo'llaniladi. Nurlanish detektorlari sifatida asosan, fotoelektron ko'paytirgichli (FEK) ssintillatsion kristallardan, kamroq kameralar va gaz-razryadli schyotchiklardan foydalaniladi.

Ssintillatorlar sifatida rux sulfidi (ZnS), kumush bilan aktivlash-tirilgan kadmiy sulfidi (CdS), kalsiy volframati ($CaWO_4$), kadmiy volframati ($CdWO_4$), yodli sezii (CsI), yodli natriy (NaI) va boshqa luminoforlardan foydalaniladi.

Ionlovchi nurlanishning tor (kollimasiyalangan) dastasi (4.41-rasmga qarang) nazorat qilinayotgan obyekt bo'ylab uning barcha



4.41-rasm. Nazorat qilishning ionizatsion usuli sxemasi:

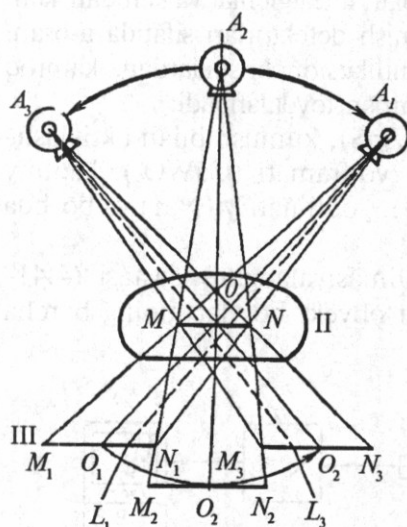
1 — nurlanish manbayi; 2 — kollimatorlar; 3 — nazorat qilinayotgan buyum; 4 — ko'chish yo'nalishlari; 5 — ssintillatsion kristall; 6 — fotoelektron ko'paytirgich; 7 — kuchaytirgich; 8 — qayd qiluvchi (o'zi yozar) asbob.

uchastkalarini ketma-ket yoritib borib, ko'chadi. Obyekt orqali o'tgan nurlanish hisoblagichda qayd etiladi, hisoblagichning chiqishida tushayotgan nurlanish intensivligiga proporsional kattalik bilan elektr signal hosil bo'ladi. Kuchaytirgichdan o'tgan elektr signal qurilmada qayd etiladi, bu qurilma o'ziyozar, ossillograf, milliampermetr va hokazo bo'lishi mumkin. Chokda nuqson mavjud bo'lganda qayd etuvchi qurilma intensivlikning o'sishini ko'rsatadi.

Radiometriyaning afzalliklari: sezgirligi yuqori (0,3—3,0%); kontaktisiz nazorat qilishning mumkinligi, nisbatan (radiografiyaga) unumdorligi yuqori.

Kamchiliklari: manba va detektorning obyektidan turli tomon bo'ylab bir xil masofada va bir vaqtda ko'chish zarurligi; nuqsonning shakli va chuqurligini aniqlashning imkoni yo'qligi. Sanoatda qalinligi 20 dan 100 mm gacha bo'lgan po'lat buyumlarni nazorat qilishda PDP-21 qurilmalar; 70 dan 200 mm gacha bo'lganlarida — PDP-25; 100mm dan 1000mm gacha — PD-10P qurilmalar va boshqalar qo'llaniladi.

Tomografiya. Bu usulning mohiyati obyektning ma'lum chuqurlikdagi yupqa qatlamda (2 mm dan ortiq bo'lmagan) yoki berilgan qalinlikdagi intervallar (tomografiya qadami) bilan bo'lingan bir nechta yupqa qatlamlarda joylashgan qismlarning aniq tasvirini hosil



4.42-rasm. Tomografik tasvirning paydo bo'lish sxemasi:

- I — rentgen trubkasi;
- II — nazorat qilish objekti;
- III — plyonkali kasseta.

qilishdan iborat. Bunga masalan, (4.42-rasm) rentgen trubkasi ($A_1 \rightarrow A_3$) va ekranli hamda plyonkali kassetani ($O_1 \rightarrow O_3$) fazoviy tebranish markazi O ga nisbatan sinxron ko'chirish natijasida erishiladi. Natijada tebranish markazi orqali o'tuvchi tekislikda joylashgan ajratilgan MN qatlamning tasviri hosil qilinadi. Bu tasvir ajratilgan qatlamning geometrik nuqtalari o'rnidan iborat bo'lib, ularning soyalari plyonkaga nisbatan harakatsizdir. Shunday qilib, tomografiyada tasvirning dinamik noaniqliligi effektidan foydalaniladi. Bu usulda nurlanish manbayi va plyonkaning obyektga nisbatan sinxron harakati tahlil qilinmayotgan nuqsonlarning yoki tas-

virlari radiografiyaning odatda qabul qilingan usulida bir-birining ustiga va nuqson tushadigan tasvirlarni yuvib tashlashga va nuqson yoki qatlamni aniqlash uchun talab qilinadigan tasvirni ancha aniq ajratib ko'rsatishga imkon beradi. Ajratilayotgan qatlamning eng kichik qalinligi nuqson enining (tasvir tekisligidagi diametrning) taxminan ikki barobarini tashkil etadi va 1,5 mm ga teng. Tasvirni standart qayd etuvchisi sifatida kuchaytiruvchi luminissent ekran bilan qo'shilgan PM-1 ekran plyonkasi xizmat qiladi.

Hozirgi paytda hisoblash tomografiyasidan keng foydalaniladi. Uning ishlashi obyektни kollimatsiyalangan nurlanish dastasi bilan qatlamlab ko'ndalang skanerlashda bu nurlanishni obyekt orqasida detektorlar bilan o'lchashda, tanlangan qatlamga tegishli o'lchov ma'lumotlari yig'indisi displey ekranidagi yarimtonli tasvir bo'yicha tahlil qilishda va yasashda tasvir olish prinsipiga asoslangan.

Agar obyektни skanerlash obyektни to'liq yopib turuvchi yelpig'ichsimon shakldagi dasta bilan amalga oshirilsa, u holda nurlatgich-detektorlar sistemasi obyekt atrofida 360° ga uzluksiz aylanadi. Nurlanish 1—5 mks uzunlikdagi impulslar orqali uzatiladi, 250—500 ta detektor bilan o'lchanadi. Detektorlardan axborotlar analogli-raqamli almashtirishlardan so'ng miniEHMga uzatiladi. Hisoblash tomografiyasining odatdagi soyali usuldan prinsipial farqi shundan iboratki, bunda tadqiqot natijalari miqdoriy shaklda taqdim etiladi; hosil qilinayotgan tasvir yarim soyalarga ega emas; o'lchash aniqligi yuqori bo'lgani tufayli tomogrammada mavjud axborot hajmi, boshqa teng sharoitlarda, odatdagi rentgenogrammadagidan taxminan 100 marta ko'p. Tomografiyaning muhim afzalligi zichlik bo'yicha ajrata olishi yuqori 0,2% gacha. Radiografiya uchun bu ko'rsatkich 10—20% ga teng.

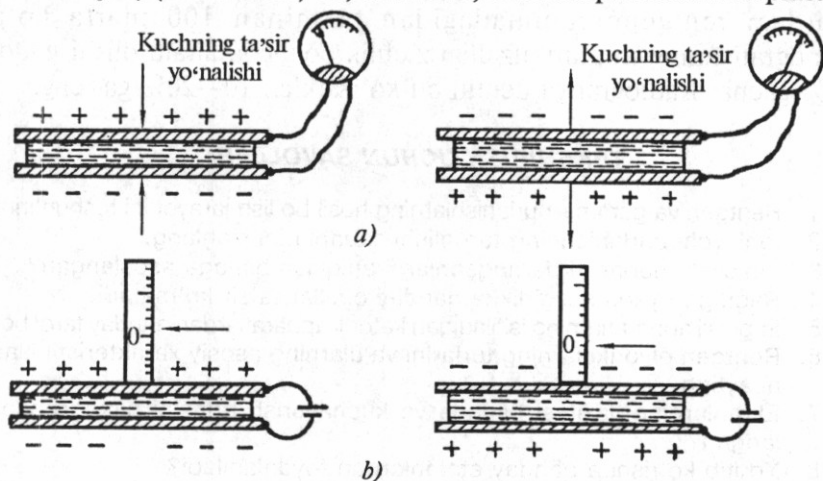
TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Rentgen va gamma-nurlanishlarning hosil bo'lish jarayonini tushuntiring.
2. Ionlovchi nurlanishning tarqalishi sabablarini izohlang.
3. Ionlovchi nurlanishda nuqsonlarni aniqlash nimaga asoslangan?
4. Radiografiyada sezgirlikka qanday omillar ta'sir ko'rsatadi?
5. Impulsi apparatlarning isitiladigan katodli apparatlardan qanday farqi bor?
6. Rentgen plyonkalarining turlarini va ularning asosiy xarakteristikalarini ayting.
7. Ekranlarning vazifasi nimada va kuchaytirish prinsipi nimaga asoslangan?
8. Yoritib ko'rishda qanday etalonlardan foydalaniladi?
9. Kserografiya va fluorografiyaning afzalliklari va kamchiliklari nimada?
10. Radioskopik nazoratning asosiy sxemalarini aytib o'ting.
11. Tomografiya prinsipini tushuntiring.

5.1. ULTRATOVUSHLI DEFEKTOSKOPIYANING FIZIK ASOSLARI

Ultratovush to'liqlarining tarqalishi. Ultratovush tebranishlari deb chastotasi inson qulog'ining eshitish bo'sag'asidan tashqarida yotuvchi, yani 20000 Hz (20 kHz) bo'lgan qayishqoq tebranishlarning mexanik tebranishini aytiladi. Ultratovush yordamida nazort qilish uchun 0,5—10 MHz chastotali tebranishlardan foydaniladi.

Ultratovush nurlatkichlari va priyomniklari (qabul qilgichlari) sifatida piezoelektrik keramika yoki piezokvarsdan tayyorlangan *piezoplastinalar* ishlatiladi. Ultratovush to'liqlari nurlagichlari va qabul qilgichlari piezootkazgichlar deyiladi. Piezoplastinaga elektr kuchlanishi berilganda teskari piezoelektrik effekt ta'sirida plastinaning qalinligi o'zgaradi. Agar kuchlanishning ishorasi o'zgaruvchan bo'lsa, u holda plastina ana shu o'zgarishlar bilan bir taktida tebranib atrof-muhitda qayishqoq tebranishlar hosil qiladi. Bunda plastina nurlangich kabi ishlaydi, (5.1-a rasm) va, aksincha, basharti piezoelektrik plastina

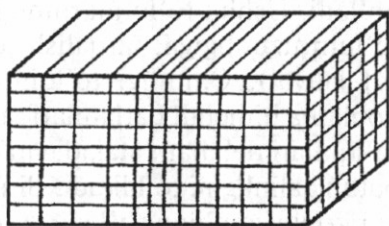


5.1-rasm. Ultratovush nurlanayotganda (a) va qabul qilinayotganda (b) piezoplastinaning ishlash sxemasi.

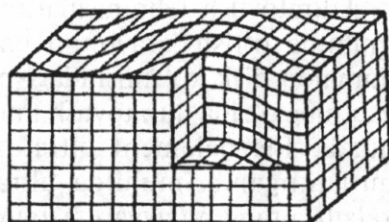
bosim impulslarini qabul qilsa (qaytarilgan ultratovush to'liqini), u holda to'g'ridan to'g'ri piezoelektrik effekt tasirida uning qoplamalarida elektr zaryadlari paydo bo'lib, ularning qiymatlarini o'lchash mumkin. Bu holda piezoplastina qabul qilgich singari ishlaydi (5.1-b rasm). Elektr maydonini qo'yish va olish uchun piezoplastinaning qarama-qarshi yuzalariga kumush elektrodlar qoplangan.

Ultratovushning fazoda tarqalish jarayoni to'liqinsimon bo'ladi. Muhitning tebranayotgan zarralarini hali tebrana boshlamagan zarralaridan ajratib turuvchi chegara *to'liqin fronti* deyiladi. Qayishqoq to'liqlar tarqalish tezligi S , to'liqin uzunligi λ va chastotasi f bilan tavsiflanadi. Bunda *to'liqin uzunligi* deyilganda, bir xil tarzda (bir xil fazada) tebranayotgan eng yaqin zarralar o'rtasidagi oraliq tushuniladi. Ushbu fazoning berilgan nuqtasidan har sekunda o'tadigan to'liqlar soni *ultratovush chastotasini* belgilaydi. To'liqin uzunligi uning tarqalish tezligi va tebranish chastotasi bilan $\lambda = s/f$ nisbat orqali bog'liqdir.

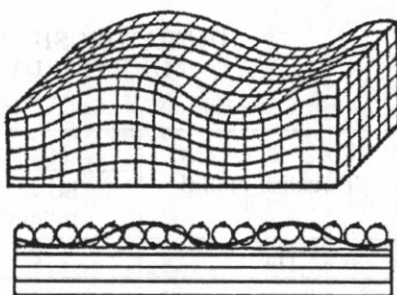
Zarralarning tebranish yo'nali-shiga qarab to'liqlarning bir necha turi bo'ladi. Agar muhit zarralari to'liqinning tarqalish yo'nalishi bo'ylab tebransa, u holda bunday to'liqlar (5.2-a rasm) bo'ylama to'liqlar (cho'zilish — siqilish to'liqlari) deyiladi. Basharti muhit zarralari to'liqinning tarqalish yo'nalishiga perpendikular tarzda tebransa, u holda bunday to'liqlar (5.2-b rasm) ko'ndalang to'liqlar (siljish to'liqlari) deb ataladi. Ko'ndalang to'liqlar siljish qarshiligiga ega bo'lgan muhitdagina paydo bo'lishi mumkin. Shu bois suyuq va gazsimon muhitda faqat bo'y-



a)



b)



d)

5.2-rasm. To'liqin turlarining sxematik tasviri:

- a — bo'ylama to'liqin;
- b — ko'ndalang to'liqin;
- d — yuzadagi to'liqin.

lama to'liqlar yuzaga keladi. Qattiq muhitda ham bo'ylama, ham ko'ndalang to'liqlar paydo bo'lishi mumkin. Metallarda ko'ndalang to'liq tezligi S_1 taxminan bo'ylama to'liq tezligi S_1 ning 0,55 ini tashkil etadi.

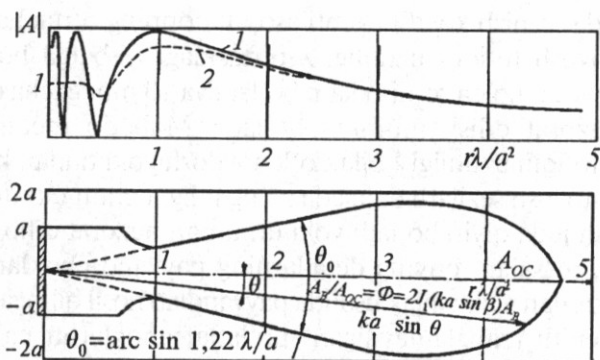
Qattiq jismning bo'sh yuzasi bo'ylab *sirt to'liqlari* (Reley to'liqlari) tarqalishi mumkin. Ular ko'ndalang va bo'ylama to'liqlar quramasi (kombinatsiya) hisoblanadi. Qutblanish tekisligi, ya'ni muhit zarralari tebranadigan tekislik ularda yuzaga perpendikular bo'ladi. Ushbu to'liqlarning jismda tarqalish chuqurligi taxminan to'liq uzunligiga, tarqalish tezligi esa $0,9 S_1$ ga teng (5.2-d rasm 5.1-jadval). Qalinligi to'liq uzunligi bilan o'lchovdosh bo'lgan qoplama bimetall qatlamlarida normal to'liqlar, yoki ba'zan Lemb to'liqlari deb ham ataladigan to'liqlar tarqaladi. Ular plastinaning butun qalinligini to'ldiradi. Bimetall listlarning qoplama qatlamlarida gorizontall qutblanishli sirtiy to'liqlar (Lyav to'liqlari) tarqalishi mumkin.

Ultratovush tebranishlarining kalta (zondlovchi) impulslarining muhitda o'tish jarayonini qarab chiqamiz. Diametri $2a$ ga teng dumaloq disk ko'rinishidagi piezoelement (5.4-rasmga qarang) bir vaqtning o'zida ultratovush nurlatkichi va qabul qilgichi bo'lib xizmat qiladi. Piezoelement ultratovush tebranishlari (UTT) impulsini nurlantirganda muhitda ultratovushli nurlanish maydoni yuzaga keladi, uning muayyan fazoviy chegaralari bo'ladi va tovush bosimi dasta ichida taqsimlanadi.

5.1-jadval

ULTRATOVUSH TO'LIQLARINING TURLI MUHITLARDA TARQALISH TEZLIGI

Tarqalish muhiti	Tarqalish tezligi, m/s		
	Bo'ylama to'liqlar	Ko'ndalang to'liqlar	Sirtiy to'liqlar
Havo	335	—	—
Transformator moyi	1400	—	—
Organik shisha	2670	1300	1050
Suv	1490	—	—
Po'lat (Cr3)	5860	3230	3000
Titan	6000	3500	2790
Aluminiy	6205	3080	2800



5.3-rasm. Nurlagichning ultratovush maydoni tuzilmasi.

Yaqin zona deb ataladigan zonada nurlatkich yaqinida (5.3-rasm) ultratovush dastasi deyarli tarqalmaydi va silindr shaklida bo'ladi. Bu joyning uzunligi $r_0 = a^2/\lambda = (a^2 f)/C$ ga teng bo'ladi. Uzoq zonada ultratovush to'liqini asta-sekin tarqala boshlaydi va dasta kesik konus shaklini oladi (5.3-rasmga qarang).

Ushbu konusning ko'ndalang kesimida energiyaning taqsimlanishi bir tekis emas: eng katta nurlanish jadalligi dasta o'qi bo'ylab, eng kichigi esa konus atrofi bo'ylab kuzatiladi. Qutb koordinatalarida grafik ko'rinishida berilgan uzoq zonada nurlanish jadalligining taqsimlanishi *yo'nalish diagrammasi* deyiladi (5.4-rasm).

Nurlanish radiusi a ning nurlanayotgan tebranishlar chastotasi f ga ko'paytmasi qancha katta bo'lsa, ultratovush maydonining yo'nalish diagrammasi shuncha o'tkir bo'ladi.

Ultratovush to'liqlari manbadan tarqalganda nurlanish jadalligi pasayadi. Bunga dastaning konus bo'ylab tarqalishigina emas, balki tebranishlarning so'nishi ham sabab bo'ladi. Ultratovush tebranishlarning dasta o'qi bo'ylab so'nishi eksponensial qonun bo'yicha sodir bo'ladi:

$$A = A_0 e^{-\delta r},$$

bu yerda: A — nurlatkichdan narida ultratovush amplitudasi, A_0 — zondlovchi impuls amplitudasi, δ — so'nish koeffitsiyenti, e — natural logarifm asosi.



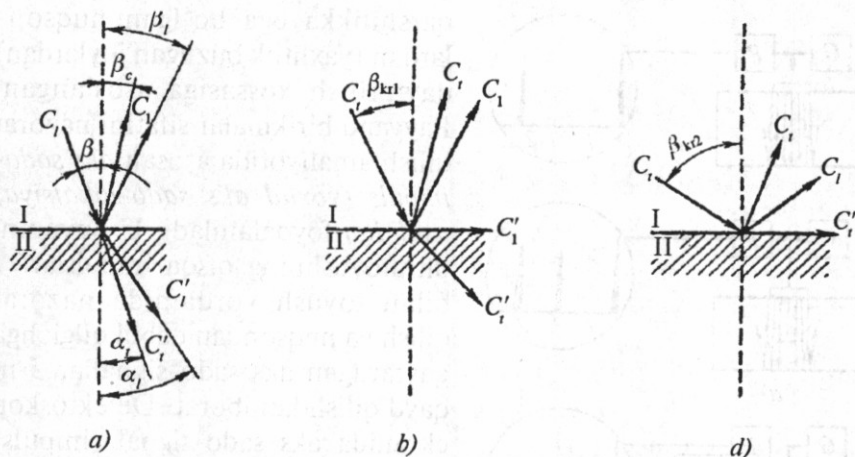
5.4-rasm.
Ultratovush
maydonining yo'nalish
diagrammasi.

Metallarda soʻnish koʻeffitsiyenti asosan donning oʻrtacha qiymati D bilan ultratovush toʻlqin uzunligi λ oʻrtasidagi nisbatga bogʻliq. Agar $\lambda > 10 D$ boʻlsa, u holda soʻnish kam boʻladi va 10 mm gacha qalinlikdagi buyumni nazorat qilish mumkin boʻladi. Mabodo metall donining oʻlchamlari toʻlqin uzunligi λ bilan oʻlchovdosh yoki undan katta boʻlsa, u holda ultratovush sezilarli darajada soʻnganligi uchun ultratovush bilan nazorat qilish juda qiyin boʻladi yoki umuman nazorat qilib boʻlmaydi. Shu sababli, masalan, quyma detallarning payvand choklarini, termik ishlov berilmasdan elektrshlak usulida payvandlab hosil qilingan choklarni hamda austenitli (zanglamaydigan) poʻlatlar choklarini nazorat qilish juda qiyin boʻladi yoxud hatto nazorat qilib boʻlmaydi.

Ultratovush tebranishlari tarqaladigan muhitning muhim tavsifi uning akustik qarshiligi $z = \rho C$ dir, bu yerda: ρ — muhitning zichligi, C — berilgan muhitda ultratovushning tarqalish tezligi. Ultratovush bir muhitdan boshqasiga oʻtganda toʻlqin energiyasining bir qismi muhitlarning ajralish chegarasidan qaytariladi. Ultratovushning qaytarilish koʻeffitsiyenti R va oʻtish koʻeffitsiyenti D ikki muhitning akustik qarshiliklari nisbatiga bogʻliq. Akustik qarshiliklar z_1 va z_2 ning farqi qancha katta boʻlsa, ultratovushning qaytarilish koʻeffitsiyenti R shuncha katta boʻladi. Shu bois ultratovushning oʻtish koʻeffitsiyentini kattalashtirish uchun, nazorat qilinadigan buyumning sirtiga akustik qarshiligi nazorat qilinadigan metallning hamda piezooʻzgartkich prizmasi materialining akustik qarshiligidan ancha katta boʻlgan kontakt suyugʻligi (suv, moy, glitserin va boshqalar) surtiladi. Oʻzgartkich bilan buyum sirti oʻrtasida havo tirqishi mavjud boʻlganda ultratovush metall ichiga deyarli kirmaydi.

Agar ikki muhit (masalan, nuqson)ning ajralish maydonchasi oʻlchamlari dastaning koʻndalang oʻlchamlaridan kichik va toʻlqinning uzunligi bilan oʻlchovdosh boʻlsa, u holda difraksiya (toʻlqinning toʻsiqni aylanib oʻtish hodisasi) yuz beradi, natijada nuqson qaytargan energiyaning ulushi kamayadi. Ultratovush toʻlqinlari difraksiyasining mavjudligi uncha katta boʻlmagan dumaloq nuqsonlar (gʻovaklar) yomon aniqlanishiga olib keladi.

Boʻylama toʻlqin qattiq I muhitdan boshqa qattiq muhit II ga qiya holatda (β burchak ostida) oʻtsa, ajralish chegarasida qaytarilish, sinish va transformatsiya (toʻlqinning parchalanishi) sodir boʻladi. Umumiy holda (5.5-*a* rasm) toʻrtta: ikkita singan (boʻylama C_1 va koʻndalang C_2) va ikkita qaytarilgan (boʻylama C_1 va koʻndalang C_2) toʻlqin yuzaga keladi. Toʻlqinlarning qaytarilish va sinish burchaklari pasayish burchagi bilan Snellius ifodasi boʻyicha bogʻlangan:



5.5-rasm. Ikki qattiq fazaning ajralish chegarasida bo'ylama to'lqinning qaytarilishi va sinishi.

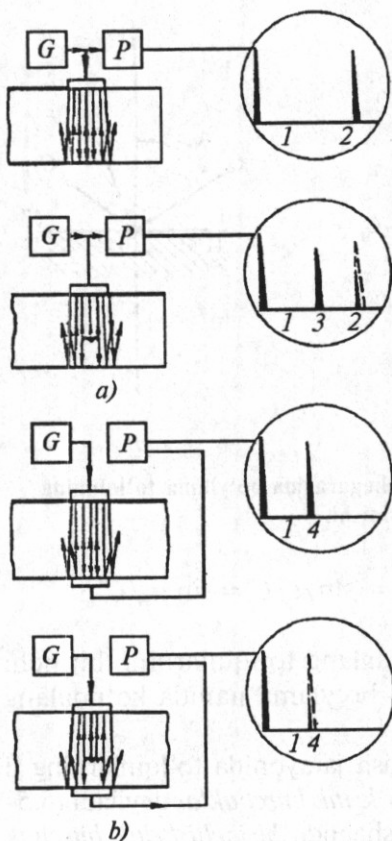
$$\sin \beta / C_i = \sin \beta_i / C_i = \sin \beta_r / C_r = \sin \alpha_i / C_i' = \sin \alpha_r / C_r',$$

bu yerda: C_p , C_i — bo'ylama va ko'ndalang to'lqinlarning birinchi muhitda tarqalish tezliklari, C_r' , C_i' — bo'ylama hamda ko'ndalang to'lqinlarning tarqalish tezliklari.

Ultratovushning sinish yoki qaytarilish jarayonida to'lqinlarning u yoxud bu turlari yo'qoladigan burchaklar *kritik burchaklar* deyiladi (5.5-b, d rasm). Pasayish burchagi β kattalashganda *birinchi kritik burchak* deb ataluvchi β_{kr1} ning qandaydir qiymatidan boshlab singan bo'ylama to'lqin yo'qoladi: $C_i' (\alpha_i = 90^\circ)$. β burchak yanada kattalashganda shunday payt boshlandiki, bunda ko'ndalang to'lqin yo'qoladi: $C_r' (\alpha_r = 90^\circ)$. Bu hodisa *ikkinchi kritik burchak* β_{kr2} ga mos keladi.

Pasayish burchaklari ikkinchi kritik burchakdan kichik va birinchi kritik burchakdan katta bo'lganda ikkinchi muhitda faqat ko'ndalang to'lqin yuzaga keladi. Organik shisha — po'lat tizimi uchun hisoblab topiladigan kritik burchaklar mos ravishda 27 va 56° ga teng. Qayd etilgan xossa katta amaliy ahamiyatiga ega. Xususan, agar nurlatkich organik shishadan yasalgan prizmada joylashtirilib, β burchak $30—55^\circ$ doirasida tanlansa, u holda po'lat buyumda faqat bitta ko'ndalang to'lqin tarqaladi, bu esa nazorat natijalarini deshifrovka qilishni ancha soddalashtiradi.

Ultratovush bilan nazorat qilish usullari. Ultratovushli defektoskopiya (UTD) ultratovush to'lqinlarining muhitlarda muayyan yo'nalishda tarqalish va muhitlar chegarasidan yoki boshqa akustik



5.6-rasm. Ultratovush bilan ask sado-signal (a) va soya (b) usullarida nazorat qilish sxemasi: G — zondlovchi impuls generatori; P — priyomnik (qabul qilgich).

qarshilikka ega bo'lgan nuqsonlardan (yaxlitlik buzilgan joylardan) qaytarilish xossasiga asoslangan. Payvand birikmalar sifatini nazorat qilish amaliyotida asosan *aks sado-impuls* (yoxud *aks sado-lokatsiya*) usulidan foydalaniladi. U buyumni ultratovushning qisqa impuls-lari 1 bilan tovush yordamida nazorat qilish va nuqsondan qabul qilgichga qaytarilgan aks sado-signal-lar 3 ni qayd qilishdan iborat. Defektoskop ekranida aks sado-signal (impuls) 3 ning paydo bo'lishi nuqson belgisi hisoblanadi (5.6-a rasm).

Ayrim hollarda ultratovush bilan nazorat qilishni *soya* (5.6-b rasm) yoki *ko'zgu-soya usulida* amalga oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Soya usulida nurlatkichdan qabul qilgichga o'tgan signal 4 amplitudasining kamayishi nuqson belgisi sanaladi. Soya usuli uzlukli emas, balki uzluksiz nurlanishdan foydalanish imkonini beradi. Buyumning qarama-qarshi yuzasidan qaytarilgan signal 2 amplitudasining kamayishi (5.6-a rasmga qarang) ko'zgu-soya usulidagi nuqson belgisi hisoblanadi.

Ultratovushli defektoskopiyaning asosiy afzalliklariga apparatlarning sezgirli-gi va ixchamligi, natijalar tez olinishi, nazorat qiymatining pastligi, radiatsion xavf-xatar yo'qligi kiradi. Ayni usuldan sanoatda 1,0—2800 mm gacha qalinlikdagi payvand choklar nuqsonlari: darzlar, payvandlanmay qolgan joylar, shlak va boshqa qo'shilmalarni aniqlash uchun keng foydalaniladi. Masalan, energomashinasozlik, kemasozlik, kimyo mashinasozligida va sanoatning boshqa tarmoqlarida ultratovushli defektoskopiya muhim choklarni tayyorlashda ham, foydalanish jarayonida ham buzmasdan nazorat qilishning asosiy usuli sanaladi.

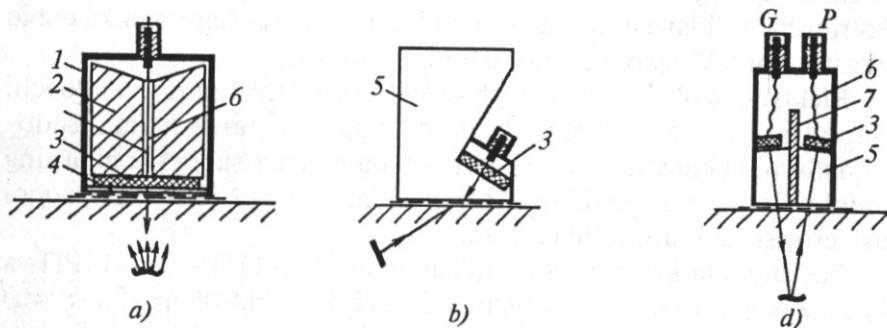
5.2. ULTRATOVUSHLI DEFEKTOSKOPIYA APPARATLARI

Ultratovush bilan nazorat qilish apparatlari ultratovush tebranishlarini nurlantirish va qabul qilish uchun piezoelementi bo'lgan piezoo'zgartkichdan, elektron blok (defektoskopning o'zi) va har xil yordamchi qurilmalardan tuzilgan.

O'zgartkichlar. Ular uch asosiy turga (5.7-rasm): to'g'ri (*a*), qiya (*b*) va birlashtirilgan alohida-alohida (*d*) o'zgartkichlarga bo'linadi. To'g'ri o'zgartkichlar buyumga bo'ylama to'lqinni tegish yuzasiga (O'TTni kiritish yuzasiga) perpendikular ravishda nurlantiradi; qiya o'zgartkichlar metallga ko'ndalang to'lqinni kiritish yuzasiga nisbatan burchak ostida kiritadi, birlashtirilgan alohida-alohida o'zgartkichlar bo'ylama to'lqinning metallga kiritish yuzasiga perpendikular bo'lgan tekislikka nisbatan $5-10^\circ$ burchak ostida kiritilishini taminlaydi. Piezoo'zgartkichning asosiy elementi qalinligi nurlanayotgan ultratovush tebranishlari to'lqini uzunligining yarmiga teng bo'lgan disk yoki to'rtburchak plastina ko'rinishidagi piezoelementdan iborat.

To'g'ri piezoo'zgartkichlarning ish tomonidagi piezoplastina 3 da himoya tubi 4 (protektor) bor bo'lib, u piezoplastinani mexanik shikastlanishdan saqlaydi. Qarama-qarshi tomonida piezoplastina 3 ga ultratovushni ko'p yutadigan materialdan qilingan dempfer yopishtirilgan. Dempfer piezoplastinaning tebranish muddatini kamaytiradi, yani qisqa zondlovchi impulsar olishga yordam beradi. To'g'ri o'zgartkich po'lat korpus 1 ichiga joylangan.

Qiya va birlashtirilgan alohida-alohida o'zgartkichlarda piezoplastina 3 ga organik shisha, polistirol, polikarbonat, kaprolon



5.7-rasm. Ultratovushli o'zgartkichlar:

a — to'g'ri; *b* — qiya (prizmasimon), *d* — birlashtirilgan alohida-alohida; 1 — korpus; 2 — dempfer; 3 — piezoplastina; 4 — himoya tubi (protektor); 5 — prizma; 6 — tok keltirgich; 7 — akustik ekran.

va boshqa materiallardan yasalgan prizmalar 5 yopishtiriladi. Bu materiallarda ultratovush kichik tezlikda tarqaladi, bu esa nisbatan kichik pasayish burchaklarida ko'ndalang to'liqlarni nazorat qilinayotgan buyumga katta (90° gacha) burchak ostida kiritish imkonini beradi. Ultratovushning prizmada yuqori darajada so'nishi nazorat qilinayotgan metall bilan bo'lgan chegaradan qaytarilgan ultratovush tebranishlarning tez so'nishini taminlaydi.

To'g'ri va qiya o'zgartkichlar asosan qo'shilgan sxema bo'yicha ishlaydi, ya'ni birgina piezoelementning o'zi ultratovush tebranishlari nurlatkichi va qabul qilgichi bo'lib hisoblanadi.

Birlashtirilgan alohida-alohida o'zgartkichlarda bir plastina elektrik tebranishlar generatoriga ulangan bo'lib, UTT nurlatkichi vazifasini o'taydi, ikkinchi plastina esa qabul qilgichga ulangan. Ular orasida akustik ekran 7 joylashgan.

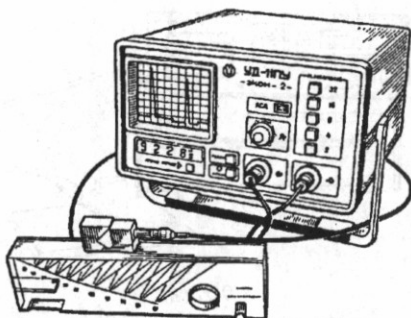
Protektor 4 bilan buyum orasidagi kontakt suyuqligi qatlamining qalinligiga ko'ra pezo-o'zgartkichlar kontaktli, tirqishli va immersion o'zgartkichlarga ajratiladi. Kontaktli o'zgartkichlarda suyuqlik qatlami ultratovush to'liqini uzunligidan ancha kichik bo'ladi; tirqishli o'zgartkichlarda suyuqlik qatlamining qalinligi to'liqinning uzunligi bilan o'lchovdoshdir; immersion o'zgartkichlarda kontakt qatlami ancha qalin bo'ladi. O'zgartkich turini akustik kontakt hosil qilish usuliga ko'ra tanlash nazorat qilinadigan buyum yuzasining sifatiga bog'liq. Masalan, yuzasi dag'al (chunonchi, qum uloqtirib ishlov berilgandan keyin) buyumlarni nazorat qilish uchun tirqishli o'zgartkichdan foydalangan ma'qul.

Protektori elastik material, masalan, poliuretandan yasalgan yoki rezinka qobiqli gidravlik yostiq (mahalliy immersion vanna) ko'rinishida ishlangan o'zgartkichlar ham samaradordir; rezinka qobiqli akustik kontakt ishonchli bo'lishini taminlaydi.

Elektron blok. U yuqori chastotali kuchlanishning zondlovchi impulslerini yuzaga keltirish, nuqsondan qaytarilgan aks sado-signallarni kuchaytirish va o'zgartirish hamda aks sado-signallarning amplituda — vaqt tavsiflarini elektron-nur trubka (ENT)da yaqqol aks ettirish uchun mo'ljallangan.

Payvand choklarni nazorat qilish uchun УД-11ПУ, УД-10ПП va boshqa defektoskoplar ishlatiladi. УД-11ПУ defektoskopi (5.8-rasm) quyidagicha ishlaydi. Takt impulsleri sinxronizatoridan zondlovchi impulsler generatoriga kelib uni ishga tushiradi. Ishga tushiruvchi impulsler uzatilganda induktivlik, idish, piezoplastinalar va to'plovchi kondensatoridan tuzilgan konturda qisqa vaqtli erkin radiochastotali

tebranishlar (zondlovchi impuls) yuzaga keladi. Zondlovchi impuls piezoplastinada tegishli chastotadagi ultratovush tebranishlarni hosil qiladi. Ayni paytda takt impulsari sinxronizatoridan elektron-nur trubkaning yoyma generatoriga ham uzatiladi. Turli qalinlikdagi metallni (5000 mm gacha qalinlikdagi po'latni) tovush yordamida nazorat qilish uchun yoyilma tezligi rostlanishi mumkin.



5.8-rasm. YD-11PIV defektoskopning umumiy ko'rinishi.

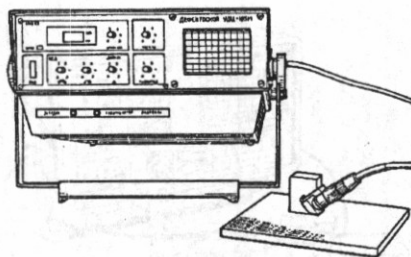
Nuqsondan qaytgan qayishqoq tebranishlar impulsari piezoplastinaga keladi va undan elektr signallarga aylanadi. Bu signallar kuchaytirgichda kuchaytiriladi, keyin ENT ekraniga uzatiladi.

ENTning gorizontal yoyilmasi vaqt yoyilmasi hisoblanadi. Yoyilma bo'yicha zondlovchi impulsdan qabul qilingan signalgacha bo'lgan oraliq impulsning piezoplastinadan nuqsongacha o'tish va orqaga qaytish vaqtiga mutanosibdir. Shunday qilib, ultratovush tezligi va nurlanish oqimining harakat yo'nalishi ma'lum bo'lsa, nuqsonlar koordinatalarini yoki buyumning qalinligini ana shu vaqtini strob-impuls deb ataluvchi chuqurlik o'lchagichning P-simon surilma belgisi yordamida o'lchash orqali aniqlash mumkin. Koordinatalarni o'lchash xatosi 2 mm dan oshmaydi.

ENTda nurning vertikal yo'nalishda og'ishi (impuls balandligi) qabul qilingan signal amplitudasini tavsiflaydi va nuqsonning kattaligiga mutanosibir. Amplitudani o'lchash uchun defektoskoplarda darajalarga bo'lingan maxsus asbob — attenyuator bor.

Yordamchi qurilmalar. Defektoskopda maxsus qayta ulagich nazarda tutilgan bo'lib, uning yordamida kuchaytirgich to'g'ridan-to'g'ri radioimpuls generatoriga ulanishi (qo'shilgan sxemada ishlaganda, ya'ni o'zgartkich ham UTT nurlatkichi, ham qabul qilgichi vazifalarini bajarganda) yoki undan uzib qo'yilishi (alohida sxema) mumkin. Defektoskopda avtomatik nuqsonlar signalizatori (ANS) ham mavjud bo'lib, u nuqsonlar haqida tovush yoki yorug'lik signallari beradi. Agar signal strob-impulsga tushsa, signalizator ishlab ketadi. Nazorat vazifalariga qarab strob-impulsning eni katta doiralarda rostlanishi mumkin.

Ayrim defektoskoplarda qo'shimcha bloklar bo'ladi, ular operator mehnatini osonlashtiradi va ultratovush bilan nazorat qilish imkoniyatlarini



5.9-rasm.
Ultratovushli УДC-105M
defektoskopi.

kengaytiradi. Masalan, sezgirlikni vaqt bo'yicha rostlash (SVR) bloki chuqurlikda yotgan har xil nuqsonlardan keladigan aks sado-signalning bir xil amplitudasi olinishini ta'minlaydi. SVR nuqsonlarni aniqlash ishonchligini va ularni o'lchash aniqligini ancha oshirishga imkon beradi.

Hisoblashni tezlashtirish va aniqligini oshirish uchun nuqsonlar kattaligini va koordinatalarini o'l-

chash jarayoni avtomatlashtiriladi. ЧИИТmash da УДC-105M defektoskopi ishlab chiqilgan bo'lib, u aks sado-signal amplitudasini avtomatik o'lchashni va uni raqamli tabloda aks ettirishnigina emas, balki o'lchangan kattalik istalgan vaqtga xotirlanib qolishini ham ta'minlaydi (5.9-rasm). УДC-100 defektoskopida o'lchashning to'liq avtomatlashtirilishiga erishilgan. U nuqsonlarning ekvivalent yuzi va yotish chuqurli koordinatalari avtomatik o'lchanishi, xotirlab qolinishi va raqamli tabloda aks ettirilishini ta'minlaydi. Bundan tashqari, defektoskop strob-impulsni aks sado-signal ketidan avtomatik kuzatish, aks sado-signalining amplitudasiga qarab kuchaytirishning kerakli diapazoniga avtomatik o'tish bloklari va hokazolar bilan ham ta'minlangan.

Hozirgi vaqtda mikroprocessorli defektoskoplardan foydalanilmoqda, ular qaytarilgan signalni ko'p parametrlar bo'yicha ishlash imkonini beradi, bu esa nazorat natijasida olinadigan ma'lumotlarni ko'paytiradi.

Defektoskoplarning yordamchi qurilmalari jumlasiga koordinatali chizg'ichlar va har xil andozalar ham kiradi, ular buyumlarning yuzalari to'ppa-to'g'ri va egri bo'lganda nuqsonlar koordinatalarini aniqlashni osonlashtiradi; nuqsonlar o'lchamlarini aks sado-signal amplitudasiga qarab aniqlash planshetlari (ARD-diagrammalar), izlagichlar harakatiga cheklagichlar ham yordamchi qurilmalar sirasiga kiradi, ular burchakli payvand choklarini nazorat qilish uchun kerak bo'ladi va hokazo.

5.3. ULTRATOVUSH BILAN NAZORAT QILISH TEXNOLOGIYASI

Nuqsonlarning kattaligini o'lchash va turini baholash. Amaliyotda aniqlangan nuqsonning kattaligi va turini baholash uchun nuqsonning istalgan sharoitda har qanday operator osongina o'lchaydigan va

oddiy raqamlar shaklida ifodalanadigan axborot belgilaridan foydalaniladi. Choklar sifatini baholash uchun odatda nuqsonlarning quyidagi o'lchanadigan tavsiflaridan foydalaniladi:

1. Aks sado-signal amplitudasi qaytaruvchi, u nuqson yuzasining ultratovush dastasi o'qiga perpendikular bo'lgan tekislikka proyeksiyasiga mutanosib bo'ladi.

2. Shartli uzunlik, u o'zgartkichning chok bo'ylab siljish zonasi uzunligi bilan aniqlanib, topilgan nuqsondan kelayotgan aks sado-signal ana shu zona doirasida qayd etiladi.

3. Shartli balandlik, u nuqsonlarning yotish chuqurliklari orasidagi farqga teng bo'lib, bu chuqurliklar qiya o'zgartkichning chekka holatlarida, uni chok o'qiga nisbatan perpendikular tarzda siljitib o'lchanadi. Qiya o'zgartkichning chekka holatlarida deganda nuqsondan kelayotgan aks sado-signalning defektoskop yoyilmasida paydo bo'lishi va yo'qolishiga mos keluvchi holati tushuniladi.

4. Chokning uzunlik birligiga to'g'ri keluvchi nuqsonlar soni.

5. Nuqsonning chok kesimi va uzunligi bo'yicha koordinatalari. Nuqson turini baholash uchun quyida ko'rib chiqiladigan qo'shimcha axborot belgilaridan foydalaniladi. Nuqsonning payvand chokdagi o'rni uchta koordinata bilan aniqlanadi, yani N — yuzaga normal bo'yicha hisoblanadigan nuqsonning yotish chuqurligi; X — buyumning yuzasi bo'ylab izlagichning nurlanish markazidan nuqsongacha bo'lgan oraliq; L — chok o'qi bo'ylab nuqsondan qandaydir tanlangan hisoblash nuqtasigacha bo'lgan oraliq.

Defektoskopning chuqurlikni o'lchaydigan qurilmasi zondlovchi impuls bilan nuqsondan kelayotgan aks sado-signal orasidagi vaqt oralig'ini T ni o'lchaydi. Ultratovush to'lqinlarining metall va prizmada tarqalish tezliklari hamda ultratovushni kiritish burchaklari odatda ma'lum bo'lgani uchun T ga qarab N va X ni aniqlash mumkin.

Ultratovushli defektoskopiyada aks sado-signal amplitudasi nuqsondan kelayotgan aks sado-signali o'sha o'zgartkichning o'zi ma'lum kattalikdagi va geometrik shakldagi tayanch qaytargichdan olgan qandaydir tayanch signal bilan solishtirishdan iborat bo'lgan usul bilan o'lchanadi.

Qanday turdagi nuqson aniqlanganligi oldindan ma'lum bo'lganda edi, u holda nuqsondan kelayotgan aks sado-signalni shakli nuqson shakliga eng yaqin bo'lgan sun'iy qaytargichdan kelayotgan signal bilan solishtirish eng to'g'ri bo'lardi. Ammo ko'pincha nuqsonning turini yetarlicha ishonch bilan aniqlash mumkin bo'lmaydi. Bundan tashqari, nuqsonning o'lchami har qanday o'lchashda hosil bo'luvchi

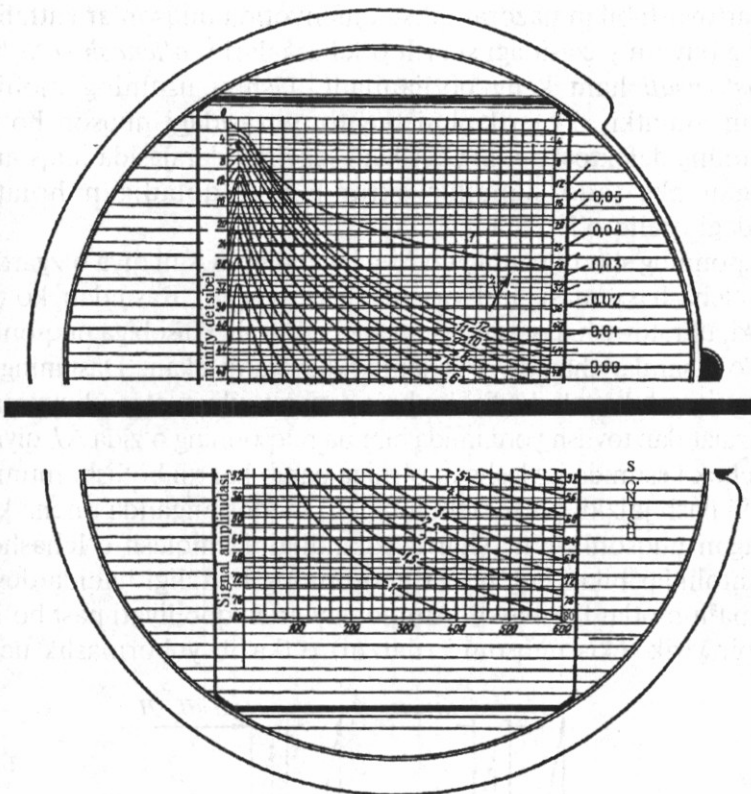
biror standartlashtirilgan qiymat orqali ifodalanmog'i kerak. Shu bois aks sado-signal amplitudasini o'lchashni bir xillashtirish maqsadida nuqsonning ekvivalent yuzi (yoki ekvivalent diametr) tushunchasi joriy etilgan.

Nuqsonning ekvivalent yuzi S_e nuqson joylashgan chuqurlikda joylashgan va o'sha amplitudadagi aks sado-signal beradigan sun'iy qaytargich (yassi tubli teshik tubi)ning yuzi bilan o'lchanadi. Ekvivalent diametr ham shu tarzda aniqlanadi. Nuqsonning ekvivalent o'lchamini qo'shilgan sxema bo'yicha qiya o'zgartkich bilan aniqlashda yassi tubli teshikning o'qi dastaning akustik o'qiga o'qdosh bo'ladi, EA-izlagichlar bilan o'lchashda esa teshikning o'qi yuzaga perpendikular bo'ladi.

Nuqsonlarning ekvivalent o'lchamini o'lchashning ikki usuli: *test-namunalar* yordamida va *ARD-diagrammalar* bo'yicha o'lchash usullari mavjud. Birinchi usuldan nuqsondan kelayotgan aks sado-signal test-namunada nuqson yotgan chuqurlikda tayyorlangan turli kattalikdagi yassi tubli teshiklardan kelayotgan signal bilan ketma-ket solishtiriladi. Test-namuna nazorat qilinadigan buyumning ayni nusxasidan iborat. Nuqsonlarning ekvivalent o'lchamini o'lchashga doir barcha amallar shundan iboratki, bunda nuqsondan kelayotgan aks sado-signalga teng aks sado-signal kelayotgan teshikni topish zarur bo'ladi.

Usulning asosiy afzalliklariga uning oddiyligi va qulayligi kiradi. Ammo yassi tubli qaytargichlarning diametri va joylashish chuqurligi bo'yicha keng to'plamlari namunalarini ko'p miqdorda tayyorlash zarurligi usulning kamchiligi hisoblanadi. Bundan tashqari, test-namuna yuzasining sifati va akustik xossalari nazorat qilinadigan buyumga to'la-to'kis mos bo'lishi kerak.

Ekvivalent o'lchamini o'lchashning boshqa usulini I.N. Yermolov va I. Krautkremer ishlab chiqqan bo'lib, u ilmiy tajriba yoki hisoblab chiqarish orqali olingan maxsus ARD-diagrammalardan foydalanishga asoslanadi. Ular ushbu o'zgartkich uchun aks sado-signal amplitudasi, yassi tubli qaytargichning ekvivalent o'lchami va ungacha bo'lgan masofani o'zaro grafik tarzda bog'laydilar (5.10-rasm). ARD-diagramma ordinatalari o'qiga manfiy detsibeldagi aks sado-signalning nisbiy amplitudasi, abssissalar o'qiga esa nuqsonlarning yotish chuqurligi o'lchab qo'yilgan. Koordinata to'rining qiyalik burçhagi ultratovushning buyumda so'nish qiymatiga qarab tanlanadi. ARD-diagramma yaxshi ishlangan va universal asbob bo'lib, uning yordamida ekvivalent o'lchamlarni o'lchash va sezgirlikni sozlashga



5.10-rasm. Pleksiglasli qiya izlagich uchun ARD-diagrammali planshet ($\alpha = 40^\circ$, pezoplastinaning diametri 12 mm, $f = 2,5$ Mgs):

1 — nuqson tubidan kelayotgan signal; 2 — nuqsonning diametri.

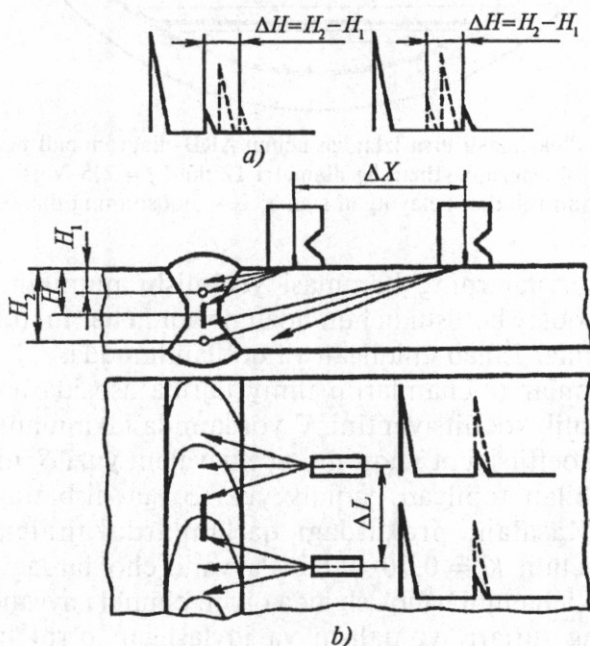
oid amaliy masalalarning hammasi yechilishi mumkin. Amalda foydalanishga qulay bo'lishi uchun hozirgi vaqtda har hil tuzilishdagi ARD-chizg'ichlar ishlab chiqilgan va qo'llanilmoqda.

Real nuqsonlar o'lchamlarini ilmiy tajriba asosida aniqlangan aniqlanuvchanlik koeffitsiyentini K_a yordamida taxminan baholash mumkin. Bu koeffitsiyent nuqsonning ekvivalent yuzi S_e ning uning ochish yo'li bilan topilgan haqiqiy yuzi S_h ga nisbatidan iborat $K_a = S_e/S_h$. Masalan, prokatdagi qatlamlarda ajralgan joylar (nuqsonlar) uchun $K_a = 0,70 \rightarrow 0,85$. Payvand choklardagi nuqsonning haqiqiy o'lchamini baholash juda qiyin, chunki payvand choklar nuqsonlarining turlari, yo'nalishi va joylashgan o'rni har xilligi shunga olib keladiki, ular uchun K_a qiymati juda katta farq qiladi (0,5 dan 1,5 gacha).

Ultartovush bilan nazorat qilish amaliyotida nuqsonlar kattaligini ularning buyum yuzasidagi shartli o'lchamalarini *o'lchash yo'li bilan baholash usuli* ham keng qo'llaniladi. Ushbu usulning mohiyati shundan iboratki, o'zgartkichni buyum yuzasidagi nuqson bo'ylab siljitib uning defektoskopning berilgan sezgirlik darajasida nuqsondan keladigan aks sado-signallar ekrandan yo'qoladigan holatlari o'rtaidagi oraliq o'lchanadi.

Nuqsonning shartli uzunligi ΔL va balandligi ΔN ni qiya o'zgartkich bilan o'lchash sxemasi 5.11-rasmda tasvirlangan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, ultratovush dastasining eni ancha kattaligi hisobiga nuqsonning shartli o'lchamlari haqiqiy o'lchamlaridan katta ekan. Dastaning eni masofaga qarab kattalashadi, shu bois nazorat qilinayotgan buyumning turli yuzalaridan tovush yordamida birgina nuqsonning o'zida ΔL qiymati uning chok kesimida joylashgan o'rniga qarab har xil bo'lishi mumkin.

Ta'kidlash joizki, piezoelement bilan taqqoslanganda uncha katta bo'lmagan nuqsonlarning shartli balandligini aniqlash o'lchashdagi katta xatoliklar bilan bog'liq va nuqsonning kattaligi haqida deyarli yangi ma'lumotlar bermaydi. Ammo qaytarish qobiliyati past bo'lgan biron bir yirik tekis nuqsonni (darzni) o'tkazib yubormaslik uchun



5.11-rasm. Nuqsonning shartli balandligini (a) va shartli uzunligini (b) o'lchash sxemasi.

uning shartli balandligini amplitudaga qo'shimcha tarzda o'lchash maqsadga muvofiqdir.

Hozirgi paytda darz o'lchamlarini aniq baholash uchun *vaqt usullari* qo'llanilmoqda. Chok kesimidagi darzlarni o'lchash uchun o'zgartkichlar ikkala tomondan o'rnatilib, chok uchlarida difraktsiyalangan signallarning har bir o'zgartkichga kelish vaqti o'rtasidagi farq qo'shimcha ravishda o'lchanadi. Bunday usul vertikal tekislikdagi darzning qiyaligini ham aniqlash imkonini beradi. Lekin u juda sermehnat bo'lib, operatorlarning yuqori malakali bo'lishini talab qiladi. Yuzaga chiqib turgan darzlarning chuqurligi sirtiy to'lqinning nurlatkichdan qabul qilgichga kelish vaqti bo'yicha baholanadi. Mazkur usul sirtiy to'lqin darz chetlari bo'ylab tarqalishi mumkinligiga va o'zgartkichlar orasidagi tanlangan bazada uning kechikish darajasi darzning chuqurligini ifodalashiga asoslangan.

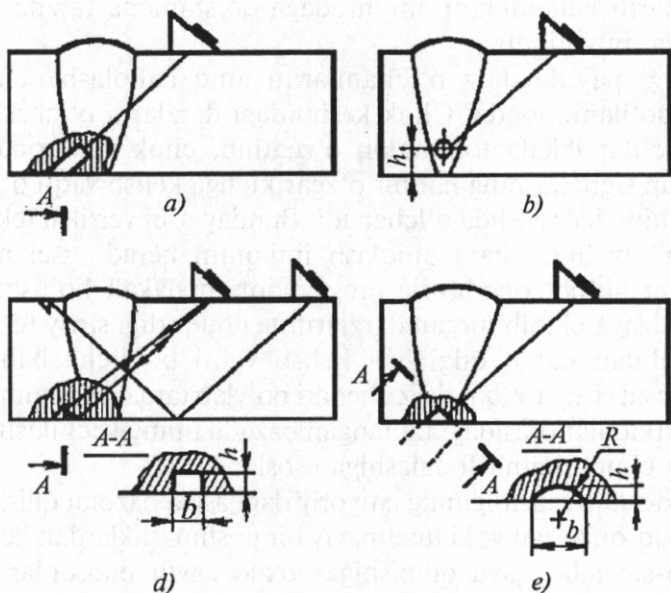
Defektoskop sezgirligining ixtiyoriy darajasida nazorat qilish bexatar mayda nuqsonlardan yoki tuzilmaviy bir jinslimasliklardan kelayotgan aks sado-signal qayd qilinishiga yoxud xavfli nuqsonlar o'tkazib yuborilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli nuqsonlar sezgirlikning muayyan aniq darajasida aniqlanmog'i darkor. Defektoskop sezgirligining chekli (yoki nazoratbop) darajasini belgilash uchun u payvand chokning ayni nushasidan iborat bo'lgan, yassi tubli teshigi yoki boshqa qaytargichi bo'lgan namuna bo'yicha sozlanadi. Qaytargichning ekvivalent yuzi tegishli me'yoriy hujjat bilan belgilab qo'yiladi.

Qaytargich turi uning qaytarish xossalari, texnologiyabopligi va takror ishlab chiqarish mumkinligiga qarab tanlanadi.

Amaliyotda etalon qaytargichning quyidagi turlaridan foydalaniladi (GOST 14782-76): yassi tubli teshik (*a*), silindrsimon yonlama qaytargich (*b*), burchak qaytargich (*d*) hamda segment qaytargichi (*e*) (5.12-rasm). Bu qaytargichlar namunalarda nisbatan oson tayyorlanadi, geometrik shakli oddiy va eng muhimi, qaytargichlardan keladigan aks sado-signalning qiymati ularning yuziga mutanosib bo'ladi.

Payvand choklar nuqsonlari shakliga ko'ra ikki turga: chetlari yumaloq hajmiy nuqsonlar va chetlari o'tkir tekis nuqsonlarga ajratiladi. Bularning ikkinchisida katta kuchlanishlar to'planadi. Tekis nuqsonlar buyumlardan foydalanishda hajmiy nuqsonlarga qaraganda ancha xavflidir. Shu bois defektoskopiyaning istalgan usulidan nuqson turini aniqlash talab qilinadi.

Ultratovush bilan nazorat qilishda buni tekis nuqsonlar ultratovushni asosan qandaydir bir yo'nalishda, hajmiy nuqsonlar esa taxminan bir necha yo'nalishda bir tekis qaytarishiga asoslangan

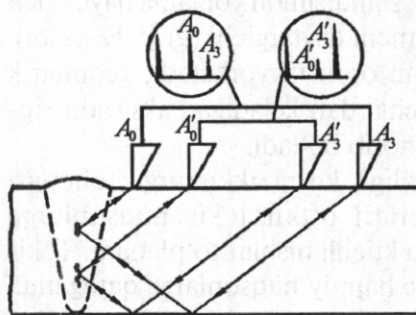


5.12-rasm. Etalon qaytargichlar:

a — yassi tubli teshik; b — silindrsimon yonlama qaytargich;
d — burchak qaytargichi; e — segment qaytargichi.

bir necha axborot belgilar majmuini tahlil qilish orqali amalga oshirish mumkin.

Nuqsonlar turini aniqlashda eng ishonchli natijalarga nuqsonning shakl koeffitsiyenti K_{sh} o'lgachanda erishilgan (usulni V. G. Sherbinskiy va V. Y. Beliy taklif etishgan).



5.13-rasm. Nuqsonning turini «tandem» sxemasi bo'yicha tovush yordamida nazorat qilgan holda shakl koeffitsiyentiga qarab aniqlash.

K_{sh} signallar amplitudalari nisbati sifatida aniqlanadi: $K_{sh} = A_q/A_k$, bu yerda: A_q — nuqsondan o'zgartkichga qaytgan signal amplitudasi, A_k — nuqsondan va buyumning ichki yuzasidan «tandem» sxemasida ulangan o'zgartkichga qo'sh ko'zgu qaytarishga duchor bo'lgan signal amplitudasi (5.13-rasm). Tekis nuqsonlarda (darzlar, payvandlanmay qolgan joylarda) $K_{sh} < 1$ bo'lishi, hajmiy nuqsonlarda (g'ovaklar, qo'shilmalarda) esa

$K_{sh} > 1$ bo'lishi 0,95 ehtimollik bilan aniqlangan. Qalinligi kichik payvand choklarda K_{sh} o'zgartkichlarni bir-biriga gorizontal tekislikka nisbatan burchak ostida joylashtirilgan holda o'lchanadi.

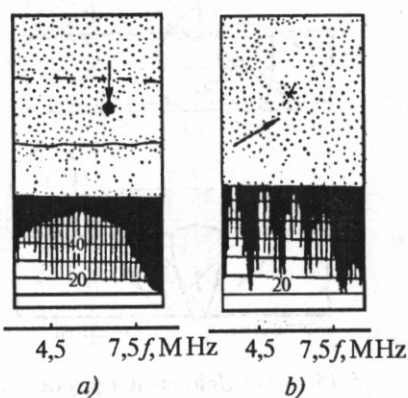
Buyum yuzasida o'lchangan teskari ochilish indikatrasi eng ko'p foydalaniladigan axborot belgi hisoblaniladi. Tekis nuqsonlarning qaytarish xossalari bir tomonga yo'nalgan bo'lgani uchun ular berilgan indikatrasi tor (30° dan kichik), hajmiy nuqsonlarniki esa keng bo'ladi.

Nuqson turining boshqa miqdoriy belgilari ham bor: nuqson chetida amplitudaning o'zgarish tezligi; shartli balandlik bilan shartli kenglik o'rtasidagi nisbat; shartli balandlik bilan shartli uzunlik o'rtasidagi nisbat va hokazolar shular jumlasidandir.

Ultratovushli spektrometriya nuqson turini aniqlashning kelajagi porloq usuli hisoblanadi. U zondlovchi impulsning ultratovush tebranishlari chastotasi o'zgarganida har xil nuqsonlardan qaytarilgan aks sado-signallar spektrini tadqiq qilishga asoslangan.

Bunday tovush yordamida qabul qilingan aks sado-signallar ishlanadi va spektral analizator ekranida alohida impulslar ko'rinishida aks ettiriladi. Bu impulsning balandligi aks sado-signallar amplitudasiga, yoyilmadagi holat esa chastotaga mutanosib bo'ladi. Hajmiy nuqsonlarda spektr bir tusli bo'ladi, tekis nuqsonlarda esa ketma-ket keladigan maksimumlari va minimumlari bo'lgan taroqsimon bo'ladi (5.14-rasm).

Tovush yordamida nazorat qilish usuli. Ultratovush bilan nazorat qilish uchun qo'llaniladigan uslub chokning butun kesimdagi va chokka yaqin zonadagi yo'l qo'yib bo'lmaydigan hamma nuqsonlar aniqlanishini ta'minlashi kerak. Shuning uchun payvand choklarni ultratovush bilan defektoskopiya qilishda o'zgartkichning turi, nazorat parametrlari va sxemalari birikmaning tuzilishidan kelib chiqqan hamda nuqsonlarning kesimda taqsimlanish ehtimoliy—statistik tavsiflariga, ularning chokning asosiy o'qlariga nisbatan joylashuviga va nuqsonlar turiga asoslangan holda tanlanmog'i lozim. O'z navbatida, bu tavsiflar, payvand chokning tur-o'lchami va payvandlash texnologiyasiga mivofiq belgilanadi.

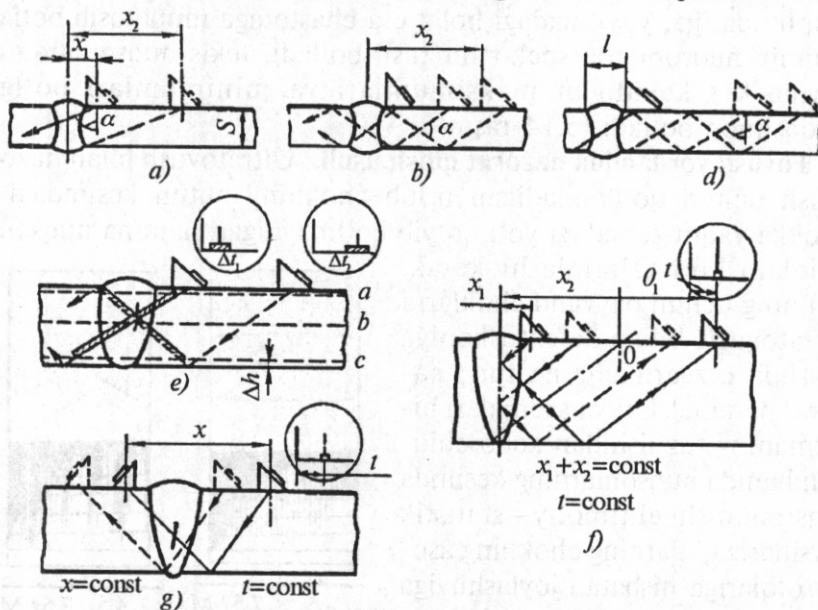


5.14-rasm. Hajmiy (a) va tekis (b) nuqsonlardan qaytarilgan ultratovush to'lqinlarining amplituda spektrlari.

Masalan, turli zonalarda uchraydigan nuqsonlarning chok kesimida taqsimlanishini tahlil qilish juda sinchiklab nazorat qilishni talab etuvchi zonalarini aniqlash imkonini beradi. Bundan tashqari, bunday tahlil defektoskopiyabopligini oshirish, ya'ni chokning butun metalini tovush yordamida nazorat qilishni ta'minlash maqsadida buyumning tuzilishini o'zgartirish yuzasidan tavsiyalar berishga imkoniyat yaratadi. Bunday yondashuv, ya'ni real nuqsonlar tavsiflarini o'rganishdan nazorat uslubini ishlab chiqishga o'tish eng to'g'ri hisoblanadi va nazorat natijalari yuqori darajada ishonchli bo'lishini ta'minlaydi.

Payvand choklarni nazorat qilish uchun asosan to'g'ri nur, to'g'ri va bir marta qaytarilgan nur, ko'p marta qaytarilgan nur bilan qatlamma-qatlam (bularning hammasi defektoskopga ulashning qo'shilgan sxemasi bo'yicha bajariladi), aks sado-ko'zgu usuli, ko'zgu-soya va soya usullari bilan tovush yordamida nazorat qilishda foydalaniladi.

To'g'ri nur bilan tovush yordamida nazorat qilishda (5.15-a rasm), o'zgartirish chok yaqinidagi zonada chok kuchaytirgichi bilan chokdan $x_2 = \delta \operatorname{tg} \alpha + l/2$ ga teng oraliqda joylashgan (bu yerda δ va l — mos ravishda chokning qalinligi va eni) nuqta orasida siljiriladi. Usul



5.15-rasm. Uchma-uch payvand choklarini quyidagi usullar bilan tovush yordamida nazorat qilish sxemalari:

a — to'g'ri nur bilan; b — to'g'ri va bir marta qaytarilgan nur bilan; d — ko'p marta qaytarilgan nur bilan; e — qatlamma-qatlam; f — «tandem» aks sado-ko'zgu usuli bilan; g — ko'zgu-soya usuli bilan.

xalaqitlarga eng turg'un bo'lib, undan foydalanilganda birikish joyidagi konstruksiyaning qandaydir qismlari (payvandlangan kosinkalar, yoki shtutserlar, frezalangan joylar, kuchaytirish valiklari va boshqalar)dan keladigan soxta aks sado-signallar imkon qadar kamayadi. O'zgartkich chok kuchaytirgichga tiralib qolishi tufayli «o'lik zona» mavjud bo'lishi usulning kamchiligidir.

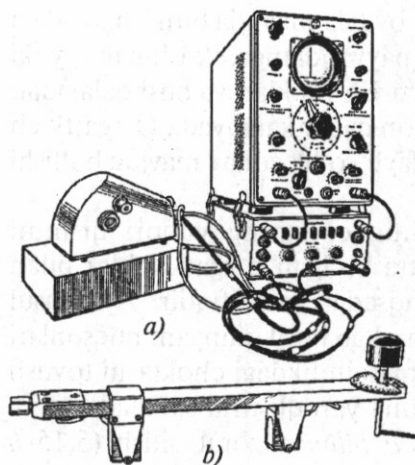
«O'lik zonani» kuchaytirish uchun chokning yuqori qismini ultratovushni kiritish burchaklari katta bo'lgan o'zgartkichlar bilan tovush yordamida nazorat qilish maqsadga muvofiqdir. Ayni usul eritish yo'li bilan bir tomonlama payvandlab hosil qilingan, nuqsonlari chok tagida joylashadigan 3,5—10 mm qalinlikdagi choklarni tovush yordamida nazorat qilish uchun yagona yaroqli usul sanaladi.

To'g'ri va bir marta qaytarilgan nur bilan nazorat qilish (5.15-b rasm) o'zgartkichni chok yaqinidagi zonada siljitib amalga oshiriladi. Ushbu usul buyumning bir tomonidan nazorat qilish, shuningdek «o'lik zonani» tovush yordamida nazorat qilish imkonini beradi. To'g'ri va bir marta qaytarilgan nurlar bilan tovush yordamida nazorat qilish vaqtida o'zgartkich chok o'qidan $x_2 = 2 \cdot \delta \operatorname{tg} \alpha + 1/2$ ga teng oraliqda turgan chiziqqacha siljiriladi.

Ko'p marta qaytarilgan nur bilan nazorat qilishda chok kuchaytirgichdan ko'p miqdorda soxta signallar keladi va bu usul xalaqitlarga eng noturg'undir. Bu usul chokka to'g'ridan-to'g'ri yaqinlashish mumkin bo'lmagan, masalan, uchma-uch birikma ikkala tomonidan payvandlangan ustqo'ymlar bilan bekilib qolgan hollar tufayli kam qo'llaniladi (5.15-d rasm).

Qatlamma-qatlam nazorat qilish eng ishonchlidir. Ammo uni 40 mm qalinlikdan boshlab qo'llash tavsiya etiladi. Bu usul shundan iboratki, garchi tovush yordamida nazorat qilish yuqorida aytilgan usullarning istalgan biri bilan amalga oshirilsa-da, ammo aks sado-signallar yoyilmaning faqat muayyan bir ish qismida qayd qilinadi. (5.15-e rasm). Masalan, agar yoyilmaning Δt_1 qismi ajratib olinsa, u holda tovush yordamida nazorat qilish vaqtida unga faqat $a - b$ qatlamda yotgan nuqsonlar, basharti Δt_2 qism tanlab olinsa, u holda $b - c$ qatlamdan kelgan aks sado-signallar tushadi.

Nazoratning aks sado-ko'zgu usuli («tandem») chokni chokning bir tomonida bir-birining ketida joylashtirilgan va $O_1 O$ simmetriya o'qiga nisbatan turli tomonlarda sinxron tarzda harakatlanuvchi bir yo'la ikkita o'zgartkich bilan chokni tovush yordamida nazorat qilishdan iborat (5.15-f rasm). O'zgartkichlarning bunday harakatlanishida chok o'qidan boshlangan oraliqlar yig'indisi $x_1 + x_2$ hamda nuqsonlardan va buyum-



5.16-rasm. ЦНИИТмашда yaratilgan «tandem» o'zgartkichi.

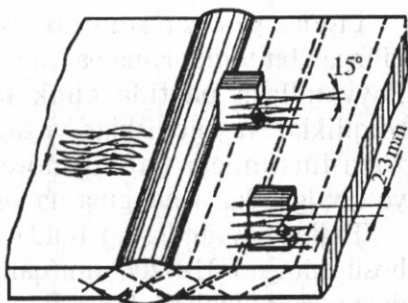
ning ichki yuzasidan ko'zgudagidek qaytarilgan signallarning kelish vaqti t chokning berilgan qalinligi δ uchun o'zgarmasdir. Bu hol nazoratni ancha yengillashtiradi, chunki har qanday nuqsondan kelayotgan aks sado-signal yoyilmaning qayd etilgan qismida turadi. Bu qismga ASD blokingning strob-impulsini o'rnatish va bu bilan nuqsonning tovushli indikatsiyasini olish mumkin bo'ladi. O'zgartkichlar alohida yoki alohida qo'shilgan sxema bo'yicha ulanishi mumkin. Keyingi holda har bir o'zgartkichning o'ziga qaytarilgan aks sado-signallar qo'shimcha ravishda qayd qilinadi.

«Tandem» sxemasi bo'yicha skanerlashni osonlashtirish uchun ЦНИИТмашда maxsus o'zgartkich va moslamalar ishlab chiqilgan (5.16-rasm). Bu moslamalarda (b) o'zgartkichlar (a) kinematik tarzda shunday bog'langanki, ulardan biri siljirilganda ikkinchisi sinxron tarzda qarama-qarshi tomonga harakatlanadi.

Ko'zgu-soya va soya usullari faqat nisbatan dag'al nuqsonlarni aniqlash uchun tavsiya etilishi mumkin. Tovush yordamida nazorat qilish alohida sxema bo'yicha ulangan ikkita o'zgartkich bilan amalga oshiriladi. O'zgartkichlar chokning ikkala tomoniga bir-birining ro'parasiga o'rnatilib, bir xil x oraliqda biron-bir moslama yordamida mahkamlangan. Nuqson borligi haqida strob-impulsda signal yo'qolishiga qarab fikr yuritiladi (5.15-g rasmga qarang). Usul ishqalab payvandlab yoki kontakt usulida bosim bilan payvandlab hosil qilingan choklarni nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Nazoratning o'ziga xos xususiyatlari. Payvand choklar asosan ikkala tomonidan, bir tomonidan (qalinligi 50 mm gacha bo'lganda) yoki birikmaning ikkala yuzasidan nazorat qilinadi. Nazorat buyum tashqi tomonidan ko'zdan kechirilib, bunda aniqlangan yo'l qo'yib bo'lmaydigan yuza nuqsonlari bartaraf etilgandan keyin bajariladi. Nazoratdan oldin, chok yaqinidagi zonaning tayyorlab qo'yilgan yuzasi latta bilan yaxshilab artiladi va kontakt moyi qatlami bilan qoplanadi. Bu maqsadda mineral moylar (avtollar, kompression moylar va boshqalar)dan foydalanish eng maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Chokdagi nuqsonlar birmuncha oshirilgan sezgirlikda, o'zgartkichni nazorat qilinayotgan zona bo'ylab avval bir tomondan, keyin esa ikkinchi tomondan bo'ylama-ko'ndalang siljitish yo'li bilan izlanadi (5.17-rasm). O'zgartkichni bo'ylama siljitish qadami piezoelement diametrining yarmidan ortiq bo'lmasligi kerak. Qiya o'zgartkichni siljitish jarayonida turlicha joylashgan nuqsonlarni aniqlash uchun uni o'z o'qi atrofida $\pm 15^\circ$ ga uzluksiz burib turish lozim. O'zgartgich nazorat qilinayotgan buyum yuzasiga uni qo'l bilan yengilgina bosgan holda tekkizilmog'i dardkor.



5.17-rasm. Nuqsonlarni izlashda izlagichni chok yaqinidagi zonada siljitish.

Yoyilmaning ish qismida nuqsondan qaytgan aks sado-signallar paydo bo'lganda o'zgartkichni siljitish zonasi qisqartiriladi va axborot tavsiflar: aks sado-signal koordinatalari, amplitudasi, nuqsonlarning shartli balandligi, shartli uzunligi, shakl koeffitsiyenti K_{sh} hamda chokning standart qismidagi nuqsonlar soni o'lchanadi.

Har qaysi payvand birikma turining sifatini baholash me'yorlari ultratovush bilan nazorat qilishda olinadigan axborotning o'ziga xos tomonlarini inobatga olingan holda, Davtexnazorat, SN va Q me'yorlari va buyum sifatini belgilaydigan amaldagi boshqa me'yoriy hujjatlar asosida ishlab chiqiladi. Yupqaroq (15 mm gacha) uglerodli va kam legirlangan po'latlardan ishlangan buyumlardagi payvand choklarni ultratovush bilan nazorat qilishda prizmasining burchaklari katta ($\beta = 53 - 56^\circ$, $f = 5$ MHz) bo'lgan o'zgartkichlardan foydalanish eng yuqori samara beradi. Masalan, PCMP turidagi BA o'zgartgichning signal — xalaqit nisbati yuqori bo'lib, 0,7 mm va bundan katta o'lchamli dumaloq nuqsonlarning ishonchli aniqlanishini ta'minlaydi.

Bir tomonlama payvandlab hosil qilingan 16—30 mm qalinlikdagi choklar bitta o'zgartkich yordamida, to'g'ri va bir marta qaytarilgan nur bilan bir galda nazorat qilinadi. Standart o'zgartgich ($\beta = 50^\circ$, $f = 2,5$ MHz) eng samaradordir. Agar solqilanish tufayli bunday choklarda soxta aks sado-signallar yuzaga kelsa, u holda ishonchlilikni va xalaqitga turg'unlikni oshirish maqsadida nazorat chokining tagida va boshqa qismida alohida-alohida olib borilgani ma'qul. Bunda chokning yuqori qismi $\beta = 40^\circ$ bo'lgan o'zgartkich bilan nazorat qilinishi afzalroqdir.

Listdan yasalgan konstruksiyalarning tagini payvandlamasdan hosil qilingan bir tomonlama payvand choklari sifati juda qoniqarsiz bo'ladi. Payvandlash paytida chok tagida anchagina katta (3—5 mm) solqiliklar va menisklar yuzaga keladi. Bunday choklarning tag zonasini undagi barcha notekisliklar jilvirlash mashinasi bilan yo'qotilgandan keyingina nazorat qilish mumkin.

Tagini payvandlagan holda bir yoki ikki tomonlama payvandlab hosil qilingan 31—200 mm qalinlikdagi choklar $\beta = 30^\circ, 40^\circ$ bo'lgan qiya o'zgartkichlar bilan 1,8 va 2,5 MHz chastotada nazorat qilinadi. Nazorat statistikasi ko'rsatishicha, bunday choklarda nuqsonlar quyidagicha taqsimlanadi: 65—70% atrofidagi shlak qo'shilmalari, 10% g'ovaklar va 20—25% tekis nuqsonlar (bularning 5—7% darzlardir).

Eng xavfli nuqsonlar — darzlar va payvandlanmay qolgan joylar asosan vertikal tekislikda joylashgan bo'ladi. Chok kesimida joylashgan bunday choklar bir shchupli tovush yordamida nazorat qilish sxemasida yomon aniqlanadi. Darzlarni aniqlash uchun «tandem» sxemasidan foydalanish zarur.

200 mm dan qalin payvand choklar pasaytirilgan 1,0—1,25 MHz chastotada nazorat qilinmog'i lozim. Qalin devorli choklarni nazorat qilishda, agar texnologiyada nazarda tutilgan bo'lsa, termik ishlovdan keyin topshirish nazorati o'tkazilishi juda muhim talab hisoblanadi. Termik ishlov donlarni maydalashtiradi va tuzilmani bir jinsliroq qiladi, bu esa chokda va chok yaqinidagi zonada ultratovushning so'nishini kamaytiradi hamda nazoratning ishonchliligini oshiradi. Masalan, termik ishlovdan keyin choklar nazorat qilinganda aniqlangan nuqsonlar miqdori 20—25% ortadi. Termik ishlovdan oldin ham nazorat qilish mumkin, ammo shart emas.

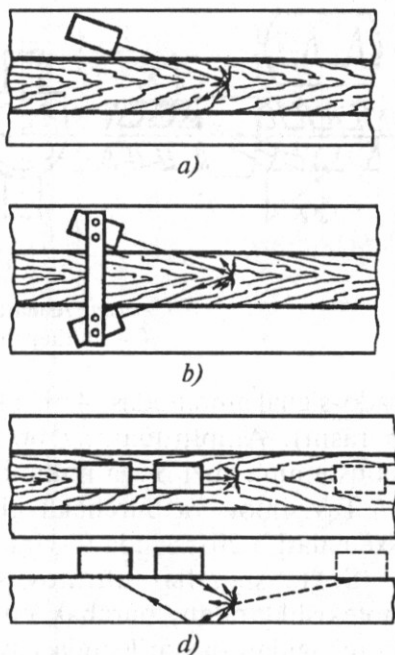
Ultratovush bilan nazorat qilishning juda o'ziga xos vazifasi payvand choklardagi ko'ndalang darzlarni aniqlashdan iborat. Bunday darzlar payvandlash texnologiyasi qo'pol ravishda buzilganda darz ketishiga moyil po'latlarda paydo bo'ladi. Ko'ndalang darzlar erigan metallarda va termik tasir zonasida vertikal tekislikda chokka ko'ndalang yo'nalishda joylashadi. Ko'ndalang choklar ko'pincha qizdirmasdan ikki tomonlama payvandlab hosil qilingan choklarning tag qismida paydo bo'ladi. Ko'ndalang choklar yuzasining g'adir-budurliги kichik bo'lib, ulardan ultratovushning qaytarilishi odatda ko'zgu xarakterida bo'ladi, bu esa ularni aniqlashni qiyinlashtiradi (5.18-rasm).

Bitta o'zgartkich bilan tovush yordamida nazorat qilish sxemasi eng sodda va ishonchliligi eng past bo'lib (5.18-rasm), uncha qalin bo'lmagan (20 mm gacha) choklarni nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Chokka burchak ostida joylashgan ikkita o'zgartkichdan foydalanilganda (5.18-*b* rasm) sezgirlikning ancha yuqori darajasiga erishiladi. Ularning bunday joylashuvi amplitudasi eng katta ko'zgu signallarini qayd qilishga yordam beradi. Bundan qalinroq choklarni nazorat qilishda o'zgartkichlarni chok kuchaytirgichining ikkala tomonidan joylashtirgan holda aks sado-ko'zgu usulida tovush yordamida nazorat qilishdan («tandem») foydalanish mumkin.

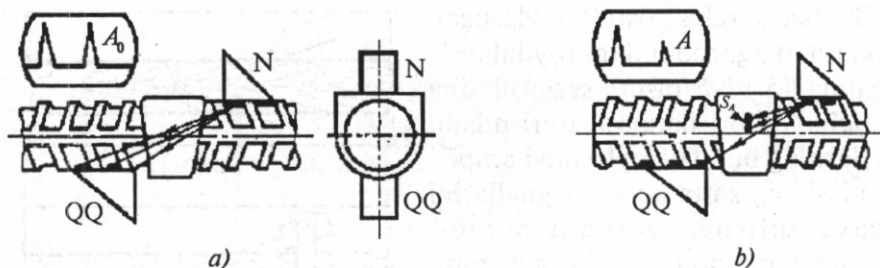
Ushbu usullarning hammasi chok kuchaytirgichini olib tashlamasdan nazorat qilishga imkon beradi, bu esa ularning afzalligi hisoblanadi, ammo bunda o'zgartkichlarni mahkamlab qo'yish uchun maxsus moslamalardan foydalanishga to'g'ri keladi. Ta'kidlash joizki, bu usullarning qiyosiy samaradorligi hali aniqlanmagan. Shu sababli amaliyotda, ko'pincha, choklar kuchaytirgich olib tashlangandan keyin bitta o'zgartkich (5.18-*d* rasm) yoki bitta tekislikda joylashtirilgan ikkita o'zgartkich bilan nazorat qilinadi.

Ultratovushdan turli konstruksiyalar, masalan, kema zanjirlari bo'g'inlarining, temir-beton konstruksiyalar va hokazolarning uchma-uch choklarini nazorat qilish uchun foydalaniladi. Tovush yordamida nazorat qilish usuli konstruksiyaning shakli, joylashuviga qarab tanlanadi. Masalan, zanjir bo'g'inlarining choklari o'zgartkichlarni chokning bir tomonidan bo'g'in o'qiga simmetrik tarzda joylashtirgan holda «tandem» sxemasi bo'yicha nazorat qilinadi. Armatura sterjenining profili davriy bo'ladi. Bu hol ularning aks sado-impuls usulida nazorat qilinishini ancha qiyinlashtiradi, chunki bunda akustik kontakt keskin yomonlashadi va soxta signallar darajasi (miqdori) ortadi. Shu bois armatura choklari soya usulida nazorat qilinadi (5.19-rasm). Nuqsonning borligi va kattaligi haqida undan qaytgan aks



5.18-rasm. Ko'ndalang darzlarni quyidagi usullar bilan tovush yordamida aniqlash sxemalari:

a — bitta izlagich bilan; *b* — ikkita izlagich bilan; *d* — chok kuchaytirgichini olib tashlagan holda bitta izlagich yoki ikkita izlagich bilan.



5.19-rasm. Armatura chokini nazorat qilish:

N — nurlagich; QQ — qabul qilgich.

sado-signal amplitudasi A ning kamayishiga qarab fikr yuritiladi (5.19- b rasm). Amplitudaning bo'shashish qiymati A_0 (5.19- a rasm) nuqsonning yuzi S_n ga mutanosibdir.

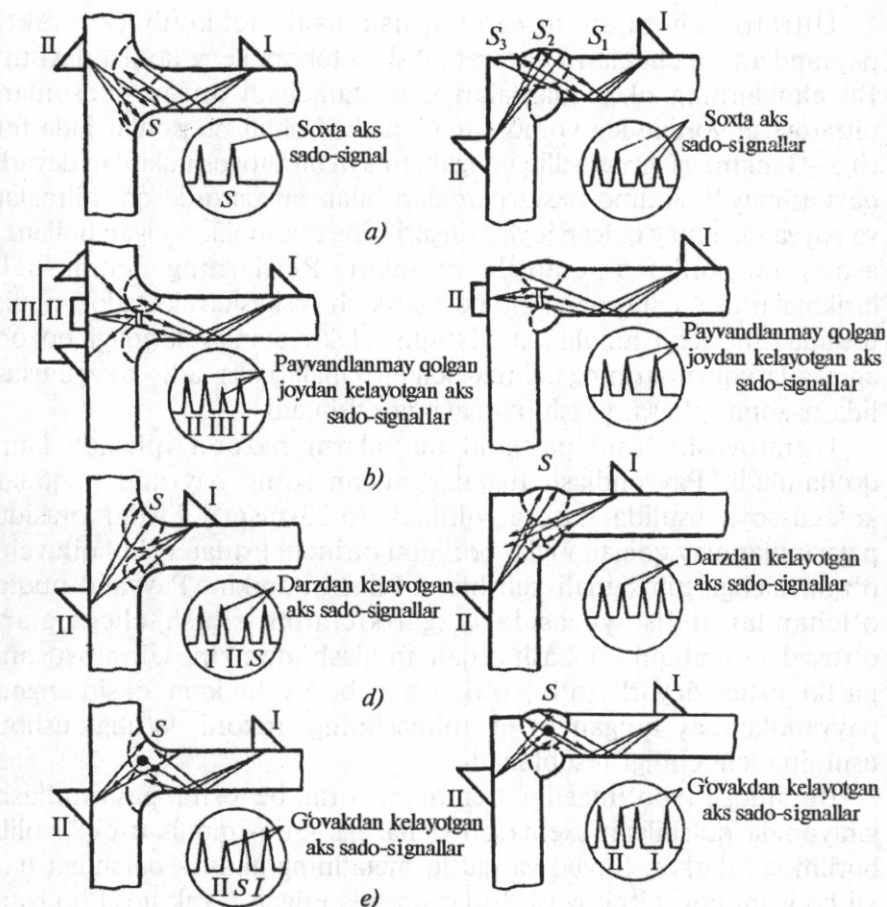
Tavrsimon va burchakli birikmalarni nazorat qilishning asosiy sxemalari 5.20-rasmda tasvirlangan.

Soxta signallar ultratovush chok kuchaytirgichining dag'al notekisliklaridan, burchak choklarida esa konstruksiya qismining burchagidan qaytarilganda paydo bo'ladi. Soxta signallarni nuqson signallaridan ularni kelish vaqti bo'yicha selektirlash orqali farqlash mumkin.

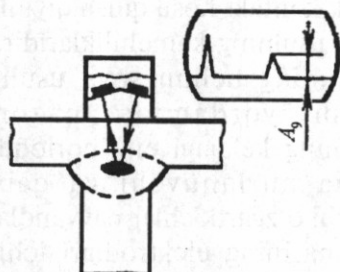
Burchakli va tavrsimon birikmalarning payvandlanmay qolgan joylarini aniqlash uchun, agar ularga vertikal list tomondan yaqinlashish oson bo'lsa (5.21-rasm), ko'pincha to'g'ri yoki BA — o'zgartkichlardan foydalaniladi. Tavrsimon birikmalarni nazorat qilish uchun qiya qo'sh o'zgartkichlar ham ishlatiladi.

Sterjenni plastinaga uchma-uch payvandlash tavrsimon birikmaning bir turidir. Bunday quyma detallar qurilish industriyasida keng qo'llaniladi. Bauman nomidagi MBTYda ularni nazorat qilish uslubi ishlab chiqilib temir-beton konstruksiyalar zavodlarida joriy etilgan. Nazorat BA — o'zgartkichlarni detalida qotirib qo'yish uchun maxsus moslamadan foydalanishga asoslangan (5.21-rasmga qarang).

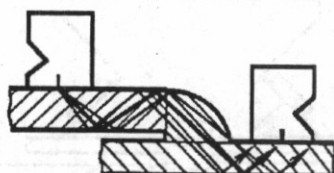
Ustma-ust birikmalar ko'zgu-soya usulida, 5.22-rasmda tasvirlangan sxema bo'yicha nazorat qilinadi. Nuqson bo'lmasa, ultratovush nurlangichdan qabul qilgichga to'siqsiz o'tadi va ENT ekranida signal paydo bo'ladi. Basharti birikmada nuqson bo'lsa, u holda bu signal kichiklashadi yoki batamom yoqoladi. Bunday nazorat uchun maxsus moslamalar kerak bo'ladi, ular yordamida o'zgartkichlar birlashtirilgan qismlarining qalinligiga qarab bir-biridan muayyan oraliqda mahkamlab qo'yiladi.



5.20-rasm. Tavrsimon va burchakli birikmalarni nazorat qilish sxemalari:
 a — soxta aks sado-signal 1a Soxta aks-sado-signal; b — payvandlanmay qolgan joydan kelayotgan aks sado-signal; d — dərzdən kelayotgan aks sado-signal; e — g'ovakdan kelayotgan aks sado-signal.



5.21-rasm. Quyma detal chokni nazorat qilish.

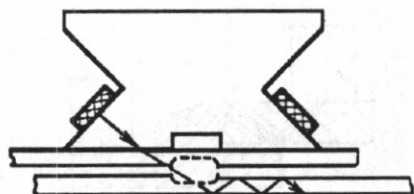


5.22-rasm. Ustma-ust choklarni ikkita izlagich bilan nazorat qilish.

Ultratovush bilan nazorat qilish usuli tekkizib (kontakt) payvandlangan choklarni nazorat qilishda tobora keng qo'llanilayotir. Bu choklarning oksid pardalari deb ataladigan asosiy nuqsonlari ultratovush yordamida yomon aniqlanadi. Ushbu nuqsonlar juda to'rt (0,5—3 mkm) va yuzasi silliq bo'lgani tufayli ultratovush ulardan deyarli qaytarilmaydi. Ammo oksid pardalari bilan bir qatorda qo'shilmalar va payvandlanmay qolgan joylar singari keng nuqsonlar bo'lgan hollarda asosiy nuqsonlar aniqlanishi mumkin. Relslarning uchma-uch birikmalarida bu nuqsonlar bitta o'zgartkich vositasida aks sado-impuls usulida ishonchli aniqlanadi. Issiqlik elektr stansiyalaridagi qozon agregatlari quvurlarining uchma-uch birikmalari aks sado-ko'zgu usulida nazorat qilinsa, yaxshi natijalarga erishiladi.

Ultratovushli usul payvand nuqtalarni nazorat qilishda kam qo'llaniladi. Payvandlash tugallangandan so'ng payvand nuqtalar ko'zgu-soya usulida nazorat qilinadi (5.23-rasm). Listlar orasida payvandlanmay qolgan joylar borligini birinchi listdan qabul qiluvchi o'zgartkichga tub signali kelishidan bilish mumkin. Payvand nuqta o'lchamlarini list yuzasida o'zgartkichning siljish chegaralari o'rtasidagi oraliqni o'lchash orqali aniqlash mumkin. Ultratovushni pastki listga deyarli to'liq o'tkazib yuboruvchi kam oksidlangan payvandlanmay qolgan joyni aniqlashning imkoni yo'qligi ushbu usulning kamchiligi hisoblanadi.

Bu nuqson bo'lmasligi uchun nazorat bevosita payvandlash jarayonida qo'shilgan sxema bo'yicha aks sado-impuls usulida olib borilmog'i dardkor. Suyuq va qattiq metallning akustik qarshiligi har xil bo'lgani bois ultratovush listlar orasida erigan o'zak hosil bo'lgan paytda undan qaytariladi. O'zak shakllana boshlaganini bildiruvchi aks sado-signal paydo bo'lgan paytdan to payvandlash toki uzib qo'yilgan paytgacha o'tgan vaqtga qarab o'zakning o'lchamlarini baholash mumkin. Amalga oshirish apparatlarining ancha murakkabligi va payvandlash elektrodi yaqinida akustik kontakt hosil qilish qiyinligi ushbu usulning kamchiliklaridir.



5.23-rasm.

Payvand nuqtani nazorat qilish.

Shuning uchun soya usulida tovush yordamida nazorat qilishning kelajagi eng porloqdir. Bunda nurlanuvchi va qabul qiluvchi o'zgartkichlar payvandlash mashinasining elektrodleri ichiga o'rnatilgan bo'ladi. Payvandlanadigan listlar elektrodlar bilan

siqilganda uzluksiz ultratovush tebranishlari nurlanadi. Metall erigan paytda ultratovush unga kuchli yutiladi va o'tgan signalning amplitudasi kamayadi. Metall sovib qotgandan keyin signal amplitudasi ortadi. Amplitudalarning o'zgarishiga qarab listlarning birikish sifati haqida fikr yuritiladi. Bunday nazoratda ko'ndalang to'lqinlardan foydalanish eng samaralidir, chunki ular suyuq metallardan mutlaqo o'tmaydi va shu bois amplitudalarning o'zgarishi, binobarin, usulning aniqligi eng yuqori bo'ladi.

Yuqorida uglerodli va kam legirlangan po'latlardan tayyorlangan buyumlarning payvand choklarini nazorat qilish masalalari ko'rib chiqilgan edi. Ammo ultratovush bilan nazorat qilishda o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan aluminiy qotishmalari, yuqori legirlangan po'latlar, mis qotishmalari va boshqa konstruksion materiallardan foydalanish yildan yilga ortib bormoqda.

Aluminiy qotishmalarida ultratovush kam so'nadi. Bu esa ularni oddiy usullarda nazorat qilishga imkon beradi. Yuqori legirlangan po'latlar, mis qotishmalaridan qilingan birikmalarni nazorat qilish esa juda qiyin. Bunga ushbu materiallarning payvand choklari yirik donli qayishqoq-anizotrop tuzilmasi bilan tavsiflanishi sabab bo'ladi. Bunday tuzilmada, birinchidan ultratovush kuchli so'nadi, ikkinchidan esa donlar chegarasidan qaytarilishlar soxta bo'ladi. Bunday choklarni nazorat qilish uchun ultratovush tebranishlari chastotasini 2—3 barobar kamaytirishga to'g'ri keladi, bu esa, tabiiyki, mayda nuqsonlar aniqlanishini yomonlashtiradi. Ammo ayrim hollarda bu chora ham ijobiy natijalar bermaydi va ultratovushli nazoratni oddiy defektoskop bilan amalga oshirish mumkin bo'lmaydi. Hozir yirik donli materiallarni nazorat qilish uchun maxsus defektoskoplar yaratish yuzasidan ish olib borilmoqda. Bunday nazorat nuqsondan kelayotgan foydali signallarni va tuzilmadan kelayotgan soxta signallarni statistik tahlil qilishga asoslanadi.

5.4. ULTRATOVUSH BILAN NAZORAT QILISHNI MEXANIZATSIYALASH VA AVTOMATLASHTIRISH

Umumiy ma'lumotlar. Ultratovush bilan qo'lda nazorat qilish qator oddiy va murakkab operatsiyalardan iborat. Operator o'zgartkichni chok yaqinidagi zonada murakkab traektoriya bo'yicha harakalantiradi. Traektoriyaning murakkablik darajasi chokning tur-o'lchami, fazodagi holatiga, aniqlangan nuqsonlarning miqdori, joylashgan o'rni hamda turiga bog'liq. Operator, bundan tashqari, defektoskop ekranini kuzatadi va

olingan axborotni qayta ishlash va chok sifatini baholashga doir mantiqiy operatsiyalarni bajaradi. Bu tarzda zo'riqib ishlash operatorning jismonan tez toliqishi va nuqsonlarni o'tkazib yuborishga olib keladi. Nazoratni avtomatlashtirib uning unumdorligi va ishonchliligini ancha oshirish mumkin. Ishonchlilikning oshishiga nuqsonlar operator tomonidan ko'z bilan emas, balki biron bir qayd qiluvchi qurilma yordamida qog'oz tasmada defektogramma olish hisobiga qayd etilishi sabab bo'ladi.

Agar operator bajaradigan hamma vazifalar nazorat qurilmasiga o'tkaziladigan bo'lsa, u holda qurilma quyidagi asosiy uzellar: o'zgartkichlar va ularni chok bo'ylab hamda ko'ndalangiga va o'z o'qi atrofida burgan holda harakatlantirish mexanizmlari bo'lgan akustik blokni; chokni hamda akustik kontakt sifatini kuzatish tizimlarini; zondlovchi impulsar hosil qilish va aks sado-signalni qabul qilish uchun elektron blokni; kontakt suyuqligini berish va to'plash tizimini; nuqson haqidagi axbortni mantiqiy ishlash uchun elektron blok, shu jumladan, EHMni; axborotni defektogrammada analog yoki raqamlar shaklida qayd qilish qurilmasi (registrator)ni; nuqson haqidagi axborotga qarab skanerlash traektoriyasi va tezligini boshqarish uchun qaytar aloqa (bog'lanish) tizimini; avtomatik yaroqsizga chiqarish tizimini va boshqalarni o'z ichiga olmog'i lozim.

Avtomatlashtirish darajasi unda yuqorida aytilgan tizimlar boryo'qligiga ko'ra aniqlanadi. Agar ana shu tizimlar qurilmaning konstruksiyasiga kirsam, u holda hamma nazorat operatsiyalari avtomatlashtirilishiga erishiladi. Bunday qurilmalar *avtomatik stendlar (liniyalar)* deyiladi. Stendlar nihoyatda murakkab, katta va qimmatbaho uskunalar bo'lgani bois ishlab chiqarishda avtomatik liniyadan foydalanish hamma vaqt ham maqsadga muvofiq bo'lavermaydi.

Umuman olganda, ayrim hollarda bazi nazorat operatsiyalarini, masalan, nuqsonlarni izlash va qayd qilish operatsiyalarini nazorat qurilmasiga o'tkazib mexanizatsiyalash (qisman avtomatlashtirish) maqsadga muvofiqdir. Bunday qurilmalar tuzilishi jihatidan uncha murakkab emas va kichik gabaritli defektoskoplarni ko'rinishida ishlanishi mumkin.

Bu soddalashtirilgan qurilmalardan foydalanish nazoratning ishonchliligiga ta'sir qilmasligi kerakligi mutlaqo ravshan. Shu bois qurilmaning tuzilishini va avtomatik nazorat parametrlarining eng maqbullarini tanlashda payvand choklarda nuqsonlarning statistik taqsimlanish qonunlarini nuqsonlarning joylashgan o'rni, yo'nalishi, turi, kattaligi va boshqa belgilari bo'yicha tahlil qilish natijalariga asoslanilmog'i zarur.

Buzmaydigan nazorat usullarining samaradorligi eng yuqori bo'lishi uchun ular buyumlar tayyorlashning texnik zanjiri bilan yaxshi uyg'unlashgan bo'lishi kerak. Shu sababli avtomatlashtirish darajasi qator ishlab chiqarish omillariga bog'liq holda tanlanadi (5.2-jadval).

5.2-jadvaldan ko'rinib turibdiki, quvur va idishlarning uzun choklarini nazorat qilishning avtomatlashtirilishi maqsadga muvofiq bo'lsa, patruboklarning burchakli payvand choklarini nazorat qilishning avtomatlashtirilishi maqsadga muvofiq emas ekan.

Payvand birikmalarni avtomatlashtirilgan tarzda ultratovush bilan nazorat qilish vositalari holatining tahlili mamlakatimiz va chet elda devorining qalinligi kichik bo'lgan bo'ylama chokli va hamda spiralsimon chokli quvurlarni nazorat qilishda eng katta yutuqqa erishilganini tasdiqlaydi.

5.2-jadval

NAZORAT USULINI TANLASH

Nazorat obyektining tavsifi	Ishlab chiqarish omillari	Avtomatlashtirish darajasi		
		To'liq avtomatlashtirish	Mexanizatsiyalash	Qo'l nazorati
	Bir turdagi buyumlar oqimining kattaligi	Katta	O'rtacha	Kichik
	Choklar uzunligi	>>	>>	>>
	Chok yaqinidagi yuzaning shakli	Yassi, silindrsimon	Murakkab shaklli yuza, $R > 300 \text{ mm}$	Murakkab shaklli yuza, $R < 300 \text{ mm}$
	Chok yaqinidagi zonaga yaqinlashishning qiyin- osonligi	300—350 mm	Cheklangan	Cheklangan
Nazorat sharoiti (maxsus joyning mavjudligi)		Bor	Yo'q	Yo'q
Buzmaydigan nazorat usullari xizmati malakasining umumiy saviyasi		Yuqori	O'rtacha	O'rtacha

Uskunalar. Diametri 159—529 mm va devorining qalinligi 2,5—10 mm bo'lgan quvurlarning bo'ylama payvand choklarini avtomatik nazorat qilish uchun birinchilardan bo'lib ДУК-15ЦІАМ qurilmasidan foydalanilgan edi. Qurilma quvurlarni elektr toki bilan payvandlash stanining texnologik potokiga o'rnatilgan bo'lib, payvand

chok nuqsonlarini aniqlash tizimi va barcha uzellar yaxshi ishlashini ta'minlash tizimidan tashkil topadi. Qurilma aks sado-soya usulida ishlaydi. Ikkita qiya o'zgartkich quvurda payvand chokka nisbatan simmetrik tarzda joylashadi va navbati bilan ultratovush impulslarini nurlantiradi. Bu impulslar suv oqimi orqali quvur devoriga kiritiladi va unda payvand chok yo'nalishida tarqaladi. Nuqsonlar quvurning o'zida qayd qilinadi. Nazorat tezligi 60 m/min ga yetadi.

АИСТ-1 qurilmasi quvurlarni elektr toki bilan payvandlash texnologik rejimini 19—102 stani potokida yuqori chastotali toklar bilan ultratovush yordamida avtomatik nazorat qilishga mo'ljallangan. Quvur yuzasi maxsus qurilma bilan tozalanadi, АИСТ-1 qurilmasining izlovchi kallaklari bilan quvur yuzasi orasidagi akustik kontakt; nazorat zonasida payvand chokning harorati 900—1000°C bo'lishiga qaramasdan, sovitilgan quvurni nazorat qilishda bo'lgani kabi, suv oqimi vositasida amalga oshiriladi. Buni payvandlash paytida qizish zonasining yuqori darajada mahalliyliги bilan tushuntirish mumkin. Izlovchi kallaklarga yuqori haroratning yomon ta'siriga barham berish uchun ular shunday ishlaganki, piezoo'zgartkichlar kontakt muhiti sifatida foydalanilayotgan oqar suv bilan uzluksiz sovitib turiladi. Foydalanilayotgan tirqishli izlovchi kallaklar ultratovush tebranishlarini kiritish burchagini 1—3° doirasida o'zgartirish imkonini beradi. Qurilmaning sharnirli osmasi izlovchi kallaklarning payvand chokka nisbatan vaziyati hamisha bir xil bo'lishini taminlaydi. Payvandlash jarayonini АИСТ-1 qurilmasi bilan nazorat qilish natijalari payvand chok sifatini statistik baholash blokining o'ziyozar qurilmasidagi diagramma tasmasida qayd qilinadi.

Bo'ylama va spiralsimon payvand choklarni avtomatik nazorat qilish uchun xorijiy firmalarda qator qurilmalar ishlab chiqariladi, ularda asosiy e'tibor o'zgartkichlarning o'zaro joylashuviga, ularning ish rejimini tanlashga, akustik trakt sifatini nazorat qilishiga va butun chok kesimini tovush yordamida nazorat qilishning taminlanishiga qaratiladi.

Diametri 400—2000 mm va devorining qalinligi 6—15 mm bo'lgan quvurlarning payvand chokini nazorat qilish uchun eng keng tarqalgan qurilmalardan biri «Krautkremer» firmasining (Germaniya) SNUP qurilmasidir. Nazorat chokning ikkala tomonida joylashgan ikkita o'zgartkich yordamida olib boriladi. Nazorat tezligi 3 m/min. Qurilma modifikatsiyasida to'rtta o'zgartkich bor; ularning ikkinchi juftligi chokni 45° burchak ostida tovush yordamida nazorat qiladi.

Katta o'lchamli payvand choklarni avtomatik nazorat qilish borasida to'plangan tajriba nihoyatda kam, chunki katta qalinlikdagi

payvand choklarni avtomatik nazorat qilish vositalarini yaratishda muayyan qiyinchiliklarga duch kelinadi: nuqsonlarning tur-o'lcamlariga, yo'nalishi va joylashgan o'rniga ko'ra juda xilma-xilligi; katta hajmdagi erigan metallni tovush yordamida nazorat qilish zarurligi; choklarning nisbatan kattaligi shular jumlasidandir.

Bunday sharoitda ishonchli va takrorlasa bo'ladigan avtomatik nazoratni ta'minlash vazifasi nihoyatda murakkab mexanik, akustik hamda elektron tizimlar yaratish zaruriyatini keltirib chiqaradi. Bu esa, o'z navbatida, ergonomik omillarni yomonlashtiradi, xususan, qurilmaning gabarit o'lcamlari va og'irligini oshiradi, uni ishlatish sharoitini yomonlashtiradi hamda yordamchi operatsiyalar vaqtini uzaytirdi. Shunga qaramay, ЦНИИТмаш va НИИХИМмаш da kimyo hamda energetika sanoati uchun turbinalar rotorlari va yuqori bosimli qalin devorli (300 mm gacha) idishlarning payvand choklarini avtomatik nazorat qilish qurilmalari yaratilgan. Chunonchi, idish va apparatlar uchun nuqsonlarning avtomatik skanerlanishi va qayd qilinishini taminlovchi УКСА qurilmalaridan foydalaniladi. Bunday qurilmalardan foydalanilganda nazorat unumdorligi qo'lda nazorat qilishdagidan 5—10 barobar ortadi va eng muhimi, defektogramma ko'rinishidagi xolis nazorat hujjati olinishini ta'minlaydi.

Vertikal choklarning aniqlanish ishonchligini oshirish maqsadida ЦНИИТмаш da «Циклон» elektron-akustik apparatlari ishlab chiqilib, sanoatda joriy etilgan, ular 10—200 mm qalinlikdagi choklarni kiritish burchaklari 30 va 40° bo'lgan o'zgartkichlar bilan, shuningdek «tandem» sxemasi bo'yicha avtomatik nazorat qilishni taminlaydi.

Uncha qalin bo'lmagan payvand choklarni nazorat qilish, qoidaga ko'ra, ixcham (portativ) qurilmalardan, xususan, turkumlab ishlab chiqariladigan УД-91 ЕМ qurilmalaridan foydalanish asosida mexanizasiyashtiriladi.

НИИмост da ishlab chiqilgan УЗД-НИИМ-17 yoki УЗД-НИИМ-18 apparatlari 1,8 va 2,5 МГц chastotada payvandlangan 20—60 mm qalinlikdagi choklarni nazorat qilish imkonini beradi. U elektron blok (defektoskop)dan iborat bo'lib, unga o'zgartkich, uni siljitish hamda burish mexanizmi, qog'ozdan yasalgan tashuvchisi bo'lgan registr kiradi. Nazorat o'zgartkichni bo'ylama-ko'ndalang siljitish usuli bilan olib boriladi.

УЗД-МБТУ-22А (УД-25ПС) qurilmasi 5—30 mm qalinlikdagi quvurlar, rezervuarlar va yassi qismlarning payvand birikmalari sifatini montaj hamda zavod sharoitida ultratovush bilan avtomatik nazorat qilishga imkon beradi.

Chokning butun qismini ko'ndalangiga skanerlamasdan chuqurligi bo'yicha bir tekis sezgirlik bilan tovush yordamida nazorat qilishni taminlovchi ko'p elementli pezoelektrik o'zgartkich magnitli so'rg'ichlari bo'lgan o'zi harakatlanuvchi aravachaga joylashtirilgan. Elektron blok zondlovchi impulsar hosil bo'lishini, ularning kanallarda berilgan dastur bo'yicha kommutatsiyalanishini va qaytarilgan axborot signallar ishlanishini, shuningdek nazorat natijalari 16 razryadli raqamli chop qilish qurilmasida aks ettirilishini ta'minlaydi. Bunda qog'ozdan yasalgan tashuvchida detsibeldagi signal amplitudasi, nuqsonning chok chuqurligi va uzunligi bo'yicha joylashgan o'rni, nuqson turi, qayd qilingan nuqson kanalining raqami, siljitish mexanizimining majburan to'xtash sababi hamda yaroqsizga chiqarish darajasidan ortiq yo'l qo'yib bo'lmaydigan nuqsonlar belgisi qayd etiladi. Almashtiriladigan o'zgartkichlar bir marta o'rnatish bilan 57—1420 mm diametrli quvurlarni nazorat qilish imkonini beradi. Aniqlangan eng kichik nuqsonning ekvivalent yuzi $1,0 \text{ mm}^2$ ni tashkil qiladi, bu esa nazoratga oid meyoriy hujjatlar talablaridan ortiqdir. Nazorat tezligi minutiga 1—2 pogon metr chokni tashkil etadi.

АБД-1 defektoskopiga qarashli mantiqiy elektron qo'ymadan foydalanilsa, qo'lda nazorat qilishda nuqson turini baholash ishonchliligi ancha oshishi mumkin. Bu qo'yma nuqson to'rt tomondan tovush yordamida nazorat qilinganda undan qaytgan aks sado-signallarni o'lchash va qiymatlarini taqqoslash ishlarini avtomatlashtiradi va har xil signallar qiymatiga qarab nuqsonlarning turi (tekis yoki hajmiy) haqida axborot beradi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Qattiq jismlarda ultratovush to'lqinlari tarqalishining o'ziga xos xususiyatlarini ayting.
2. Ultratovushli defektoskopning asosiy qismlarini ayting.
3. Nuqson o'lchanadigan tavsiflari bo'yicha qanday baholanadi?
4. Nuqsonning ekvivalent o'lchami deganda nima tushuniladi?
5. Har xil qalinlikdagi payvand choklarni ultratovush bilan nazorat qilishning o'ziga xos tomonlari nimalardan iborat?
6. Avtomatik nazorat qurilmalari qaysi asosiy konstruktiv qismlarni o'z ichiga oladi?

VI bob. MAGNIT VA UYURMA TOK DEFEKTOSKOPIYASI

6.1. MAGNIT DEFEKTOSKOPIYASINING FIZIK ASOSLARI

Magnit yordamida nazorat qilish usullari turli nuqsonlar mavjud bo'lganda ferromagnit materiallardan tayyorlangan magnitlangan buyumlarda yuzaga keluvchi sochilish magnit oqimini aniqlashga asoslangan. Bir jinsli magnit maydonidagi magnit chiziqlariga perpendikular joylashgan maydoncha S orqali o'tuvchi magnit oqimi F magnit induksiyasi B ning maydoncha S ga ko'paytmasiga teng ($F = BS$).

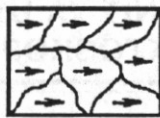
Magnit oqimi veber (Wb)da ifodalanadi. Magnit induksiyasi tesla (T)da ifodalanadi.

Detallar materialining magnitlanish qobiliyati mutlaq magnit o'tkazuvchanlik μ_m bilan tavsiflanadi. Material mutlaq magnit o'tkazuvchanligining vakuumning magnit o'tkazuvchanligi μ_0 ga nisbati nisbiy magnit o'tkazuvchanlik deb ataladi: $\mu = \mu_m/\mu_0$. Son jihatidan, magnit o'tkazuvchanlik μ magnitlangan muhitdagi natijalovchi maydon ana shu tokning o'zi vakuumda hosil qiladigan maydondan necha barobar kuchliligini ko'rsatadi. Magnit o'tkazuvchanlik μ o'lchamsiz kattalikdir. Uning qiymatiga qarab hamma materiallar uch guruhga ajratiladi: diamagnit materiallar, ularda μ birdan bir necha million yoki ming ulushida kichik bo'ladi (mis, rux, kumush va boshqalar); paramagnit materiallar, ularda μ birdan bir necha million yoxud ming ulushida katta bo'ladi (marganes, platina, aluminiy); ferromagnit materiallar, ularda μ bir necha minggacha yetadi. Bunday materiallarga faqat to'rtta element (temir, nikel, kobalt, gadoloni) va ayrim metallar qotishmalari kiradi.

Faqat ferromagnit materiallardan tayyorlangan detallar magnitli usullar bilan tekshirilishi mumkin. Metallarning ferromagnit xossalari ichki molekular toklar bilan, asosan elektronlarning o'z o'qi atrofida aylanishi bilan bog'liq. Domenlar deb ataluvchi elementar sohalarning kichik (taxminan 10^{-8} — 10^{-3} sm³) hajmlari doirasida molekular toklarning magnit oqimlarini domenning natijalovchi maydoni hosil qiladi.



a)



b)



d)

6.1-rasm. Ferromagnit materialda domenlarning joylashuvi:
a — detal magnitsizlantirilgan; b — detal to'yinish induksiyasigacha
magnitlangan; d — detal qoldiq magnitlanganlikkacha magnitlangan.

Tashqi magnit maydoni bo'lmaganda domenlar maydonlari ixtiyoriy yo'nalgan bo'ladi va bir-birini kompensatsiyalaydi. Bu holda domenlarning yig'indi maydoni nolga teng bo'ladi, detal magnitsizlanib qoladi (6.1-a rasm). Agar detalga tashqi maydon ta'sir qilsa, u holda uning ta'sirida ayrim domenlar maydonlari tashqi maydon yo'nalishida joylashadi va ayni paytda domenlar orasidagi chegaralar o'zgaradi. Natijada domenlarning umumiy maydoni hosil bo'ladi, detal magnitlanib qoladi (6.1-b rasm). Detal magnitlanganda domenlarning magnit maydoni nazorat qilinayotgan detaldagi tashqi magnit maydoni ustiga tushadi.

Magnit maydonining mohiyati. Magnit maydoni buyum bo'yicha tarqalar va o'z yo'lida nuqsonga duch kelar ekan, nuqsonning magnit o'tkazuvchanligi asosiy metallning magnit o'tkazuvchanligidan ancha (~1000 marta) kichik bo'lgani tufayli uni aylanib o'tadi. Natijada nuqson magnit kuch chiziqlarining bir qismini yuzaga siqib chiqarib mahalliy sochilish magnit oqimini yuzaga keltiradi (6.2-rasm). Mahalliy sochilish oqimi yuzaga kelmagan holda magnit oqimi kuch chiziqlarining taqsimlanishida g'alayonlanishni keltirib chiqaruvchi nuqsonlarni magnit



a)



b)

6.2-rasm. Magnit oqimining
sifatli chok (a) va nuqsонli
payvand chokda (b)
taqsimlanishi.

defektoskopiyasi usullari bilan aniqlab bo'lmaydi. Nuqson qancha kuchli to'sqinlik qilsa, oqimning g'alayonlanishi shuncha kuchli yuz beradi. Masalan, agar nuqson magnit kuch chiziqlarining yo'nalishi bo'ylab joylashgan bo'lsa, u holda magnit oqimi kam g'alayonlanadi, voholanki, magnit oqimining yo'nalishiga perpendikular yoki qiya joylashgan o'sha nuqsonning o'zi ancha katta sochilish oqimini hosil qiladi.

Sochilish magnit oqimini qayd qilish usuliga qarab, magnit yordamida nazorat

qilish usullari magnit kukunili, magnitografik, ferrozond va magnit-yarimo'tkazgichli usullarga ajratiladi. Payvand choklar nuqsonlarini aniqlashda asosan uch usul: magnit kukuni, magnitografik va magnitoferozond usullaridan foydalaniladi. Birinchi usulda sochilish oqimlari magnit kukuni yordamida aniqlanadi, ikkinchisida — magnit tasmada qayd qilinadi, uchinchisida esa ferrozond o'zgartkichi vositasida topiladi. Payvand birikmalarni nazorat qilish uchun dastlabki ikki usuldan foydalaniladi.

6.2. MAGNIT KUKUNI YORDAMIDA TEKSHIRISH USULI

Magnit kukuni yordamida tekshirish usulining mohiyati shundan iboratki, bunda magnitlangan detalning sirtiga kerosinli, moyli, so-vun eritmali suspenziya ko'rinishidagi («ho'l» usul) yoki magnit aero-zoli ko'rinishidagi («quruq» usul) ferromagnit kukuni qoplanadi. Sochilish magnit maydonlarining tortuvchi kuchi ta'sirida kukun zarralari detal sirtida harakatlanadi va nuqsonlar tepasida do'ngliklar ko'rinishida to'planadi. Do'ngliklarning shakli aniqlanadigan nuqsonlarning qiyofasiga mos keladi.

Nazorat uslubi. Magnit kukunli usul quyidagi operatsiyalarni o'z ichiga oladi (GOST 21105-75):

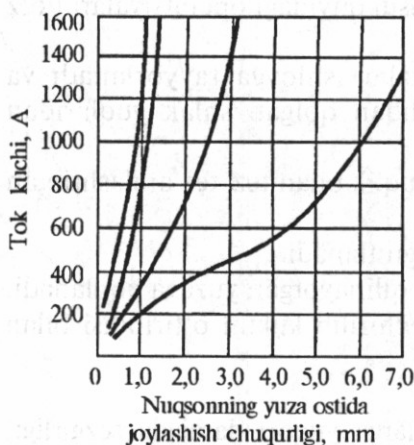
1. Nazorat qilishdan oldin yuzalar ishlovga tayyorlanadi va iflosliklar, kuyindidan, payvandlashdan qolgan shlak yuqlaridan tozalanadi.
2. Magnit kukunini tashuvchi suyuqlik bilan tez-tez aralashtirgan holda suspenziya tayyorlanadi.
3. Nazorat qilinayotgan yuza magnitlanadi.
4. Suspenziya yoki kukun nazorat qilinayotgan yuzaga qoplanadi.
5. Buyumning yuzasi ko'zdan kechirilib kukun o'tirindisi bilan qoplangan joylari aniqlanadi.
6. Yuza magnitsizlantiriladi.

Bu usul ingichka va mayda darzlarga yuqori darajada sezgirligi, bajarilishning oddiyligi, tezkorligi hamda natijalarining yaqqolligi bilan ajralib turadi. Ushbu usul magnit materiallardan tayyorlangan buyumlarning bo'ylama payvand choklarini nazorat qilish uchun, xususan, yoyli usullarda payvandlangan o'tkazgich quvurlarning uchma-uch choklaridagi darzlar va payvandlanmay qolgan tor joylarni aniqlash uchun keng qo'llaniladi. Nazoratning sezgirligini oshirish uchun sinashdan oldin choklarning kuchaytirgichlarini olib tashlash maqsadga muvofiqdir.

Nazoratning sezgirliigi. Magnit kukunli usulning sezgirliigi qator omillar: kukun zarralarining o'lchami va uni qoplash usuliga, qo'yilgan magnetlovchi maydonning kuchlanganligi, tokning turi (o'zgaruvchan yoki o'zgarmas)ga, nuqsonlarning o'lchami hamda chuqurligiga, shuningdek ularning buyum sirtiga nisbatan joylashuvi va magnitlanish yo'nalishiga, yuzaning holati hamda shakliga, magnitlash usuliga bog'liq.

Kukun zarralarining o'lchami 5—10 mkm bo'lishi kerak. Chuqur nuqsonlarni aniqlash uchun yirikroq magnit kukuni ishlatiladi. Magnit suspenziya («ho'l» usul) uchun mayda zarrali magnit kukunidan foydalaniladi. Bundan tashqari, magnit kukuni zarralari eng yuqori darajada harakatchan bo'lmog'i lozim. Bu maqsadda noto'g'ri shaklli zarralar ishlatilishi zarur. Magnit kukuni zarralari ishqalanish koeffitsiyenti kichik bo'lgan pigment bilan qoplansa, ularning harakatchanligi ortadi.

O'zgarmas yoki o'zgaruvchan tok bilan magnitlash, shuningdek kukunni «quruq» yoxud «ho'l» usulda qoplash yuzadagi nuqsonlarni aniqlashga jiddiy ta'sir qilmaydi (6.3-rasm). Ammo magnitlash tokining turi, shuningdek kukunni qoplash usuli yuzaning ostidagi nuqsonlarni aniqlashga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Bu holda o'zgarmas



6.3-rasm. Magnit kukunli usul sezgirligini tok turiga va kukun qoplash usuliga bog'liqligi:

- 1 — o'zgaruvchan tok, «ho'l» usul; 2 — o'zgaruvchan tok, «quruq» usul; 3 — o'zgarmas tok, «ho'l» usul; 4 — o'zgarmas tok, «quruq» usul.

tokning o'zgaruvchan tokdan afzalligi keskin namoyon bo'ladi. Bunga o'zgarmas tok metallga chuqur kirib boruvchi magnit maydoni hosil qilishi sabab bo'ladi. Lekin devorining qalinligi 20 mm bo'lgan detallarni o'zgarmas tok bilan magnitlash yaramaydi, chunki bunday detallarni nazoratdan keyin magnitsizlantirib bo'lmaydi. O'zgaruvchan tok bilan magnitlanganda skin-effekt tufayli tokning zichligi, binobarin, magnit oqimining zichligi ham magnitlangan buyumning sirtidan katta bo'ladi. Shu sababli o'zgaruvchan tok bilan magnitlashda faqat yuzadagi nuqsonlar yaxshiroq aniqlanadi.

«Quruq» nazorat usuli yuzadagi nuqsonlarni aniqlashda «ho'l»

usuldan afzalroq hisoblanadi (6.3-rasmga qarang). Bunga sabab shuki, suspenziya muayyan qovushoqlikka ega bo'ladi va ferromagnit zarralari ana shu qovushoq muhitda harakatlanishi uchun magnit maydonining ta'sir kuchi ana shu zarralarning havoda harakatlanishi uchun zarur bo'lgan kuchdan kattaroq bo'lishi talab etiladi.

Qo'yilgan maydonning kuchlanganligi ortishi bilan to'yinish induksiyasiga yetgunga qadar (6.1-b rasmga qarang), usulning sezgirligi oshadi.

Magnitli usullar bilan nazorat qilishda tekis nuqsonlar: darzlar, payvandlanmay va erimay qolgan joylar eng ishonchli tarzda aniqlanadi, ularning eng katta o'lchami magnit maydoni yo'nalishiga nisbatan to'g'ri burchak yoki unga yaqin burchak ostida joylashgan bo'ladi. Dumaloq shakldagi nuqsonlar (g'ovaklar, shlak qo'shilmalari, bo'shliqlar) etarli darajadagi sochilish oqimini hosil qila olmaydi va odatda nazorat qilishda yomon aniqlanadi. Amaliyotda magnit kukunli usul bilan yuzadagi va yuza ostidagi ko'pi bilan (2 mm chuqurlikdagi) eni 0,001 mm, chuqurligi (nuqsonning balandligi) 0,05 mm va uzunligi 0,5 mm va bundan ortiq bo'lgan darzlar topilishi aniqlangan.

Yuza ostida 5—6 mm chuqurlikda yotuvchi 2—3 mm² dan katta kesimli nisbatan yirik nuqsonlar (payvandlanmay qolgan joylar, g'ovaklar, shlak qo'shilmalari) aniqlanishi mumkin. Tekislikdagi nuqsonlar detal sirtiga 20° dan katta (ko'pi bilan 90°) burchak ostida joylashgan hollardagina aniqlanishi mumkin. Nuqsonlarning yotish chuqurligi ortishi bilan magnit kukunlarining to'planish tezligi pasayadi, bu esa nuqsonlarni topish va ularning turini aniqlashni qiyinlashtiradi.

Nazoratning sezgirligi suspenziya yoki kukun qoplanadigan yuzaning sifatiga ko'p darajada bog'liq. Magnit kukuni yordamida nazorat qilinadigan detallar yuzasi eng maqbul g'adir-budurligi R_a parametri bo'yicha 2,5—1,25 mkm ni tashkil etadi. Bunday yuzada nazoratning sezgirligi eng yuqori bo'lishi mumkin. Yuzaning g'adir-budurligi ortishi nazoratning sezgirligi kamayishiga sabab bo'ladi, masalan, nazorat qilinadigan buyumning g'adir-budurligi $R_z = 20$ mkm bo'lgan yuzasiga ishlov berish shunga olib keladiki, ingichka (eni 0,001 mm) nuqsonlar aniqlanishini ta'minlovchi rejimlarda nazorat qilish qiyinlashadi, chunki bunda magnit kukunidan fon paydo bo'ladi. Bu hol magnitlovchi maydonning kuchlanganligini kamaytirish zaruriyatini keltirib chiqaradi va binobarin, nazoratning sezgirligi pasayishiga olib keladi. Silliqlangan (jilvirlangan yuzalar) $R_a = 0,32$ mkm g'adir-budurlikdan boshlab (shu'lalanganligi

uchun) ayniqsa, cho'g'lanish lampalari bilan to'g'ridan-to'g'ri yoritilganda, ularni ko'zdan kechirish va yaroqsizga chiqarish qiyin bo'ladi. Jilvirlangan yuzalarni nazorat qilishda ularni sochilgan yorug'likda ko'zdan kechirgan yoki yaltiroqlikni yo'qotuvchi bo'yoq, masalan, HII-25 nitroemalining yupqa (ko'pi bilan 15 mkm) qatlami bilan qoplangan ma'qul.

Agar nazorat qilinayotgan detalning yuzasida keskin o'tishlar (chunonchi, payvand chokning kuchayishi, tangachadorlik, kesiklar) yoki yirik mikrotekisliklar mavjud bo'lsa, u holda magnit kukunlari nuqsonlar tepasida emas, balki o'tishlar hamda chuqurliklar bor joylarda jadalroq to'planadi. Shu bois kuchaytirilgan yoki dag'al tangachador bo'lgan payvand choklarni nazorat qilishda ichki nuqsonlar borligi haqida bir ma'noli fikr yuritish mumkin emas.

Magnitlash usullari. Magnit yordamida nazorat qilishni qo'yilgan magnit maydoni usulida yoki qoldiq magnitlanganlik usulida amalga oshirish mumkin. Qo'yilgan magnit maydoni usuli magnit jihatidan yumshoq materiallar, masalan, po'latlar (Ct3, po'lat 10, po'lat 20 va boshqalar)dan tayyorlangan detallar, murakkab shakldagi detallar, yuzasi ostida 0,01 mm dan ortiq chuqurlikda joylashgan nuqsonlarini aniqlash maqsadida nazorat qilinadigan detallar, o'lchamlari kattaligi bois defektoskopning quvvati butun detalni magnitlashga imkon bermaydigan detallar uchun qo'llaniladi.

Qo'yilgan magnit maydonida nazorat qilish sezgirlik qoldiq magnitlanganlikda nazorat qilishdagidan yuqori bo'lishini hamma vaqt ham ta'minlayvermaydi.

Qoldiq magnitlanganlik usulida nazorat qilishda detal avval magnitlantiriladi, keyin esa, magnitlovchi maydon olingandan so'ng uning sirtiga magnit suspenziyasi yoki kukuni qoplanadi. Detallarning qoldiq magnitlanganligi yetarlicha katta bo'lgandagina qoldiq magnitlanganlikda nazorat qilish mumkin. Shuning uchun bu usul koersitiv kuch qiymati $N_k > 800 \text{ A/m}$ bo'lgan, magnit jihatidan qattiq materiallardan ishlangan detallarni tekshirish uchun qo'llaniladi. Basharti detal $N_k < 800 \text{ A/m}$ bo'lgan materialdan tayyorlangan bo'lsa, u holda uni qoldiq magnitlanganlik usulida tekshirish mumkin emas, chunki nuqson tepasida kuchsiz magnit maydonlari yuzaga keladi. Ushbu usul quyidagi afzalliklarga ega: yuzasini yaxshi yoritish va oddiy ko'z bilan tekshirish uchun detalni istalgan holatda o'rnatish mumkin; listlardagi detallarning kuyish va defektoskop kallaklariga tegish ehtimoli kam, negaki qoldiq magnitlash uchun tok detaldan qisqa vaqt (0,1—0,5 sekund), ulashlar orasida 1—2 sekund uzilish bilan o'tkaziladi.

Magnit yordamida nazorat qilish amaliyotida buyumlarni magnitlashning aralash, sirkular va qutbiy magnitlash usullari mavjud (6.1-jadval). Aralash magnitlash usuli faqat qo'yilgan magnit maydonida amalga oshiriladi. Sirkular va qutbiy magnitlash usullari qo'yilgan magnit maydonida ham qoldiq magnitlanganlikda ham, qo'llanilishi mumkin.

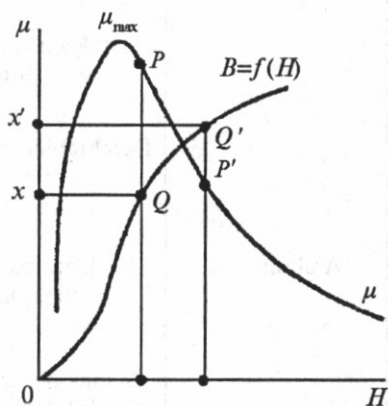
Aralash magnitlash detalni bir vaqtning o'zida ikkita yoki bir necha magnit maydonlarida magnitlash bilan olib boriladi. Quvurni solenoid bilan magnitlash va quvur ichidan o'tuvchi o'tkazgich orqali tok o'tkazish aralash magnitlashga misol bo'lishi mumkin. Natijada ikkita maydon bitta natijalovchi maydonga birlashib, uning kuch chiziqlari vint chiziqlari bo'yicha yo'naladi. Bunday maydon obyektning hamma qismlari orqali turli yo'nalish burchaklari ostida o'tadi, bu esa har xil tarzda joylashgan nuqsonlarning aniqlanishini oshirish imkonini beradi.

Sirkular magnitlash usulidan darzlar, payvandlanmay qolgan joylar, cho'zilgan shlak qo'shilmalarini aniqlashda foydalaniladi. Buning uchun nazorat qilinadigan detal yoki detal teshigidagi o'tkazgich orqali tok o'tkaziladi.

Silindrsimon detallarni nazorat qilishda sirkular magnitlash eng yuqori samara beradi. Silindrsimon detaldan tok o'tkazish orqali sirkular magnitlash uchun amperdagi tok kuchi $I = H\pi D$ formula yordamida hisoblab topiladi, bu yerda: H — maydonning kuchlanganligi, A/sm; D — detalning diametri, sm.

H qiymatini tanlashda quyidagini nazarda tutmoq lozim (6.4-rasm). Agar metallni dastlabki magnitlashda P nuqta magnit o'tkazuvchanlikning egri chizig'idagi

$\mu_{\max}$ nuqtadan chap tomonda bo'lsa, u holda nuqson hisobiga metallning ko'ndalang kesimi kichiklashishi magnit induksiyasi kattalashishiga sabab bo'ladi, shuningdek magnit o'tkazuvchanlik yuqoriroq bo'lishiga olib kelishi mumkin, buning natijasida sochilish oqimi kamayadi, oqibatda nuqsonlar aniqlanmasligi mumkin. $\mu = f(H)$ egri chiziq o'ng-ga katta pasaygan holatda ishlaganda nuqsonlarni aniqlash uchun eng yaxshi sharoit yuzaga keladi. Agar maydonning katta kuchlanganlik-

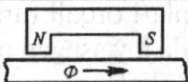
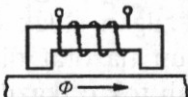
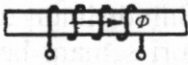
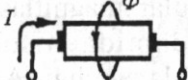
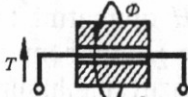
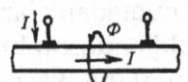
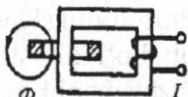
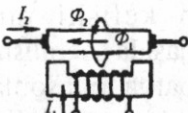
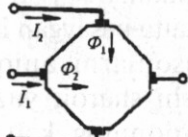


6.4-rasm. Ferromagnit material uchun B va μ ning H ga bog'liqligi.

larida ishlansa, H kattalashishi bilan nuqsonlar tepasidagi va atrof-muhitdagi sochilish oqimlari o'rtasidagi farq nisbatan kichik bo'ladi, bu esa nuqsonlarni aniqlashni qiyinlashtiradi. Konstruksiya po'latlardan tayyorlangan detallar yuzasidagi nuqsonlarning aksariyatini aniqlash uchun buyum sirtidagi magnit maydonning eng maqbul kuchlanganligi qoldiq magnitlanganlikda nazorat qilishda 8000—16000 A/m ni tashkil etishi darkor.

6.1-jadval

ASOSIY MAGNITLASH USULLARI

Usulning nomi	Magnitlash vositasi	Magnitlanishning grafik sxemasi
Bo'ylama (qutbiy) usul	Doimiy magnet bilan	
	Elektromagnet bilan	
	Solenoid bilan	
Sirkular usul	Detaldan tok o'tkazish bilan	
	Detal teshigiga tiqiladigan tokli sim bilan	
	Detalga o'rnatilgan kontaktlar yordamida	
	Detal ichida tokni induksiyalash bilan	
Aralash usul	Detaldan tok o'tkazish bilan va elektromagnet bilan	
	Detaldan o'zaro perpendikular yo'nalishda faza bo'yicha siljigan ikkita yoki bundan ortiq toklarni o'tkazish bilan	

Usulning nomi	Magnitlash vositasi	Magnitlanishning grafik sxemasi
	Detal ichida tokni induksiyalash bilan va detal teshigiga joylashtiriladigan sivdan o'tuvchi tok bilan	

Plastinalarni sirkular usulda magnitlash uchun zarur bo'ladigan amperdagi tok $I = 2H(b + S)$ formuladan aniqlanadi, bu yerda b — plastinaning eni, sm; S — plastinaning qalinligi, sm; H — kuchlanganlik, A/sm; agar $H = 800$ A/sm bo'lsa, u holda $I = 1600(b + h)$ bo'ladi.

Qutbiy magnitlash bo'ylama, ko'ndalang va normal magnitlashga ajratiladi. Bo'ylama magnitlashda magnitlovchi maydonning yo'nalishi detal o'qi yo'nalishi bilan mos (bir xil) bo'ladi. Bo'ylama magnitlash elektromagnitlar, doimiy magnitlar yoki solenoidlar yordamida amalga oshiriladi. U chokning bo'ylama o'qiga 20—30° burchak ostida joylashgan ko'ndalang nuqsonlarni aniqlash uchun qo'llaniladi. Ko'ndalang magnitlashda magnit maydonining kuchlanganlik vektori yo'nalishi chokning bo'ylama o'qiga perpendikular bo'ladi. Normal magnitlash bo'ylama va ko'ndalang magnitlashning xususiy holidir.

Bo'ylama qoldiq magnitlanganlikda magnitli usulning sezgirliqi magnitlovchi maydonning olinish tezligiga ko'p darajada bog'liq. Maydonning kuchlanganligi tez kamaytirilganda nuqsonlar ishonchli namoyon bo'ladi, sekin kamaytirilganda esa bo'sh namoyon bo'ladi yoki umuman namoyon bo'lmaydi (ko'rinmaydi). Tokni eng katta qiymatidan nolgacha kamaytirish vaqti 5 mks dan oshmasligi kerak.

Apparat va materiallar. Magnit kukuni yordamida nazorat qilish uchun mo'ljallangan defektoskoplar tok manbayini, detalga tok keltirish qurilmalarini, qutbiy magnitlash qurimalari (solenoidlar, elektromagnitlar)ni, nazorat qilinayotgan detalga kukun yoki suspenziya qoplash qurilmalarini, tok o'lchagichni (yoki maydonning kuchlanganligini o'lchagichni) o'z ichiga oladi. Defektoskoplarda detal (yoki sterjen) orqali o'zgaruvchan tok o'tkazish yo'li bilan sirkular magnitlash va o'zgarmas tok bilan bo'ylama magnitlash eng keng tarqalgan. Magnit kukuni yordamida nazorat qilish uchun asosan uch xil: ko'chmas universal, ko'chma va maxsus ko'chmas hamda ko'chma defektoskoplar ishlatiladi.

Ko'chmas universal defektoskoplardan turli detallar yirik turkumlab ishlab chiqariladigan korxonalarda keng foydalaniladi. Bunday qurilmalarda har xil shakldagi detallarni (yoki detallar turkumini) soatiga o'ntadan to bir necha yuztagacha detalga teng unumdorlik bilan nazorat qilish mumkin. Ko'chmas universal qurilmalarda barcha ma'lum usullar (bo'ylama, ko'ndalang, aralash usullar)da magnitlash mumkin. Korxonalarda ko'chmas qurilmalarning bir necha xili, masalan, УМДЭ-2500, ХМД-10П va МД-5 va boshqalar ishlatiladi. Bu qurilmalar magnitlovchi tokning turi, quvvati va nazorat qilinadigan detallarning o'lchamlari bilan farq qiladi.

Ko'chma defektoskoplar guruhidagi ПМД-70 va МД-50П defektoskoplari turkumlab ishlab chiqariladi. Magnitli ko'chma ПМД-70 defektoskopi payvand choklarni dala sharoitida magnit yordamida nazorat qilishga mo'ljallangan. Unda qutbiy bo'ylama va sirkular magnitlash usullari qo'llaniladi. Ko'chma МД-50П defektoskopi yirik gabaritli katta buyumlarni qismlari bo'yicha nazorat qilish uchun mo'ljallangan.

Chet elda magnit kukuni yordamida nazorat qilish uchun defektoskoplarning anchagina turlari ishlab chiqariladi, masalan, «Karl Deych» firmasining (Germaniya) VH turidagi, «Magnafluks» firmasining (AQSh) KPH-4Д turidagi defektoskoplari shular jumlasidandir.

Kukun tayyorlash uchun material sifatida asosan mayin tuyilgan, zarrachalarining o'lchami 5—20 mkm bo'lgan temir oksiddan foydalaniladi. Ba'zan bu maqsadda cho'kichlash va prokatlashda hosil bo'ladigan toza temir kuyundisi, shuningdek po'lat buyumlarni jilvirlashda chiqadigan po'lat qipiq-lari ishlatiladi. Har xil rangli buyumlar nuqsonlarini yaxshiroq indikatsiyalash uchun rangli (qizil, kumushrang va h.k.) kukunlar ishlatiladi. Ular to'q rangli kukunlarni bo'yash yoki maxsus texnologiya bo'yicha kuydirish yo'li bilan olinadi.

Magnit suspenziyalarini tayyorlash uchun ko'pincha tarkibida 1 l suyuqlik hisobiga 50—60 g kukun bo'ladigan moy-kerosin aralashmasidan (moy va kerosinning nisbati 1:1) foydalaniladi. Suvli suspenziyalar masalan, tarkibida 1 l suv hisobiga 5—6 g sovun, 1 g suyuq shisha va 25—30 g magnit kukuni bo'ladigan sovun-suv aralashmasi ham ishlatiladi.

6.3. MAGNITOGRAFIK USUL

Ushbu usulning mohiyati payvand chokning nazorat qilinadigan qismini va chok atrofini magnitlash va ayni paytda magnit maydonini magnit tasmaga yozib borish (6.5-rasm) hamda keyin undan olingan

axborotni undan magnetografik defektoskoplarning maxsus qurilmalari yordamida o'qishdan iborat.

Nazorat uslubi. Magnetografik nazorat texnologiyasi quyidagi operatsiyalarni o'z ichiga oladi (GOST 25225-82):

1. Nazorat qilinayotgan buyumning yuzasini ko'zdan kechirish va tayyorlash. Bunda nazorat qilinayotgan yuzadan shlak qoldiqlari, sachragan suyuq metall, kir va hokazolar yo'qotilmog'i lozim.

2. Chokka magnit tasma bo'lagini qo'yish. Ishni boshlashdan oldin magnit tasma magnitsizlantirilishi kerak. Tasma chokka maxsus elastik «yostiqcha» yordamida qisib qo'yiladi. Quvurlar, idishlar va boshqa buyumlarning halqasimon choklarini nazorat qilishda magnit tasma chok yuzasiga elastik rezinka belbog' vositasida butun perimetri bo'yicha qisib qo'yiladi.

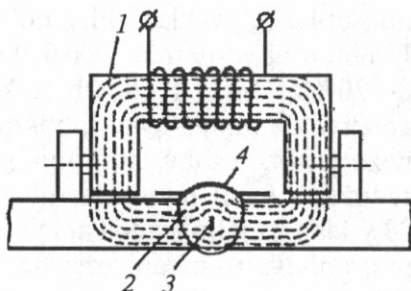
3. Nazorat qilinayotgan buyumni magnetlovchi qurilmaning turi, payvand chokning qalinligi va magnetlanish xossalriga qarab eng maqbul rejimlarda magnetlash.

4. Nazorat natijalarini rasshifrovka qilish, buning uchun magnit tasmaga defektoskopning o'quvchi qurilmasi o'rnatiladi va defektoskopning ekranlaridagi signallarga muvofiq nuqsonlar aniqlanadi.

Magnetografik usul asosan eritib payvandlash orqali hosil qilingan uchma-uch payvand choklarni nazorat qilish uchun va birinchi navbatda, asosiy o'tkazgich quvurlarning nuqsonlarini aniqlashda qo'llaniladi. Bu usul bilan qalinligi 20—25 mm gacha bo'lgan payvand buyum va konstruksiyalarni nazorat qilish mumkin.

Usulning sezgirligi. Magnetografik nazorat usulining sezgirligi K aniqlanadigan eng kichik nuqsonning vertikal o'lchami (chuqurligi) ΔS ning nazorat qilinayotgan buyum asosiy metalining qalinligiga nisbati sifatida aniqlanadi, ya'ni $S: K = \Delta S/S$.

Magnetografik nazoratning sezgirligi nuqsonlarning o'lchamlari, shakli, chuqurligi va joylashuviga, yuzaning shakli (geometriyasi)ga, defektoskopning o'quvchi kallagi parametrlari va magnit tasma turiga bog'liq. Tekislikdagi nuqsonlar (darzlar, payvandlanmay, erimay qolgan joylar), shuningdek asosan magnit oqimi yo'nalishiga nisbatan ko'ndalang joylashgan shlak zanjirlari ko'rinishidagi uzunchoq



6.5-rasm.

Magnetografik nazorat sxemasi:

1 — magnetlovchi qurilma; 2 — payvand chok; 3 — nuqson; 4 — magnit tasma.

nuqsonlar (g'ovaklar, shlak qo'shilmalari) ancha yomon aniqlanadi. Ushbu usul yordamida vertikal o'lchami payvand chok qalinligining 8—20% ni tashkil etuvchi tekis nuqsonlar ishonchli aniqlanishi amaliyotda aniqlangan. Chokning kuchaytirgichi olib tashlanganda nazoratning ushbu nuqsonlarga nisbatan sezgirligi 5% ga yetadi. Dumaloq ichki nuqsonlar ularning balandligi buyum qalinligining 20% idan kam bo'lganda aniqlanadi. Magnitografik usulning yuzadagi nuqsonlarga nisbatan sezgirligi taxminan magnit kukunli usulidagidekdir yoki undan birmuncha yomondir. Nuqson magnit tasma qo'yiladigan buyum yuzasidan qancha chuqur joylashgan bo'lsa, u shuncha yomon aniqlanadi. Zamonaviy apparatlar vertikal o'lchami buyum qalinligining 10—15% iga teng va yotish chuqurligi 20—25 mm gacha bo'lgan nuqsonlarni aniqlashga imkon beradi.

Magnitografik usulning sezgirligiga chok kuchaytirgichining balandligi va shakli, shuningdek yuzasining holati kuchli ta'sir ko'rsatadi. Nuqsonlar yaxshiroq aniqlanishi uchun payvandlash shunday bajarilishi kerakki, chok kuchaytirgichining balandligi asosiy metall qalinligining 25% idan oshmaydigan, erigan metallning tekislikka o'tishi ravon bo'lsin. Bunda chok yuzasining tangachadorligi kuchaytirgich balandligining 25—30% idan oshmaydigan, ammo 1 mm dan ortiq bo'lmaydigan bo'lsin. Tangachadorligi dag'al bo'lgan choklarni nazorat qilishda avval chok tozalanmog'i lozim. Uchma-uch biriktiriladigan qismlarining chetlari siljib qolgan payvand choklarni nazorat qilishga ruxsat etilmaydi. Avtomatik usulda payvandlangan choklar nazorat qilinganda natijalar eng yaxshi bo'ladi.

Usulning sezgirligini magnit tasmalar sezgirligini oshirish va nazorat natijalarini magnit tasmadan o'quvchi apparatlarni tanlash hisobiga oshirish mumkin.

Magnitlash sxemalari. Magnitografik nazoratda buyumlar maxsus elektromagnitlar (6.5-rasm) yordamida magnitlanadi, kamdan-kam hollarda sirkular magnitlashdan foydalaniladi. Ichki nuqsonlarni aniqlash uchun buyumlar o'zgarmas tok bilan, yuzadagi va yuza ostidagi nuqsonlarni aniqlash uchun esa o'zgaruvchan tok bilan magnitlanadi.

Apparat va materiallar. Nazorat natijalari magnit tasmadan magnitografik defektoskoplar vositasida o'qiladi. Magnitografik defektoskopning eng sodda sxemasi 6.6-rasmda tasvirlangan. Defektoskopda elektr dvigateli bor bo'lib, u bir nechta magnit kallaklar o'rnatilgan barabanni aylantiradi. Kallaklar magnit tasmaga ko'ndaleng ravishda harakatlanadi. Elektr signallar kallakdan

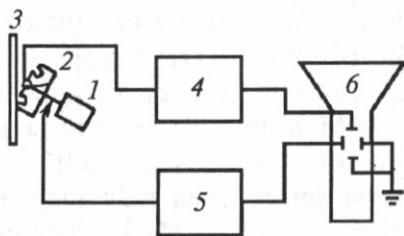
kuchaytirgichga kelib, unda kuchayadi va elektron-nur trubkaga uzatiladi.

Sanoatda ikki xil: impulsli va televizion indikatsiyasi bo'lgan defektoskoplar ishlab chiqariladi. Impulsli indikatsiyada elektron-nur trubka (ENT) ning ekranida impulslar paydo bo'lib, ularning amplitudasi vertikal yo'nalishdagi nuqsonlar qiymatini ifodalaydi, videoindikatsiyada esa sochilish maydonlarining potensial relyefi nuqsonlardan ENT ekraniga chok ayrim joylari magnetogrammasi-ning televizion tasviri ko'rinishida o'tadi.

Impuls indikatsiyali МД-9 va tasviri ko'rinadigan МД-11 turidagi defektoskoplar bor. Eng takomillashgan МДУ-2У, МД-10ИМ, МГК-1 defektoskoplarida ikkita indikatsiya bor. Xorijiy defektoskoplardan 9.052 turidagi magnetograflar (Germaniyadagi Ferster instituti) eng ko'p qo'llaniladi.

Defektoskop komplektiga magnetlovchi qurilma kiradi. Magnetlovchi qurilma magnet jihatidan yumshoq П-simon o'zak (magnet o'tkazgich) va chulg'amdan tuzilgan. Magnetlovchi qurilma chok bo'ylab siljishi uchun u uzaytirilgan qutbli qilib ishlanadi, qutblar to'rtta nomagnet rolikka tayanib turadi. Tayanch roliklar nazorat qilinayotgan buyum yuzasi bilan magnetlovchi qurilmaning qutblari orasida o'zgarmas katalikdagi havo tirgishi (2—3 mm) hosil qiladi, bu tirgish elektromagnetga chok bo'ylab bema'lol surilishga imkoniyat yaratadi. Sanoatda ko'chma magnetlovchi qurilmalar (PHY) ning bir necha turi o'lchamlari ishlab chiqariladi: PHY-M1, PHY-M2, VHY. Ular diametri 150—1200 mm bo'lgan payvandlab yasalgan quvurlarning payvandlangan uchma-uch choklarini hamda 16 mm gacha qalinlikdagi yassi buyumlarni magnetlashga mo'ljallangan. Katta diametrli (1420 mm gacha) quvurlarning payvand choklarini va 20 mm gacha qalinlikdagi yassi konstruksiyalarni magnetografik usulda nazorat qilish uchun qadamli magnetlovchi qurilmalar (MHY-1) ishlatiladi. 57—150 mm diametrli quvurlarning halqasimon choklari HBY-1 turidagi qo'zg'almas magnetlovchi qurilma bilan magnetlanadi.

Yuqorida keltirilgan barcha magnetlovchi qurilmalar o'zgarmas tok bilan ta'minlanadi. Zavod sharoitida tok manbai sifatida



6.6-rasm. Magnetografik defektoskopning blok sxemasi:

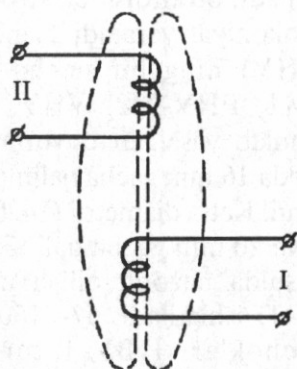
- 1 — elektr dvigateli; 2 — kallaklar bloki;
3 — magnet tasma; 4 — kuchaytirgich; 5 —
— yoyma generatori; 6 — elektron-nur trubka.

to'g'rilagichlar xizmat qiladi, dala sharoitida esa bu maqsadda ko'pincha ЦПП-1 yoki СПА-1 turidagi ko'chma avtonom stansiyalardan foydalaniladi.

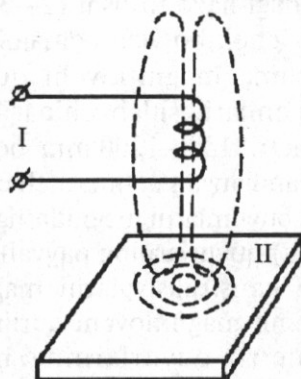
Magnitografik nazoratda magnit maydonlarini yozish uchun magnit tasma ishlatiladi. Tasma triasetat yoki lavsan asosda tayyorlanib, unga juda mayda ferromagnit zarrachalar qoplanadi. Hozirgi vaqtda МК-1 (triasetat asosli) va МК-2 (lavsan asosli) tasmalari 35 mm kenglikda ishlab chiqariladi. МК-2 tasmalarining fizik-mexanik hossalari МК-1 nikiga qaraganda yuqoriroq bo'lib, atrof havosining harorati $+70$ dan -70° gacha bo'lganda ishlatiladi; -30°C dan past haroratda МК-1 tasmaning elastikligi yo'qoladi.

6.4. UYURMA TOKLI DEFEKTOSKOPIYA

Fizik asoslari. Usulning fizik mohiyatini quyidagicha tushuntirish mumkin. Yonma-yon joylashgan ikkita g'altak (masalan, o'zaksiz transformator) bor, deb faraz qilaylik. Agar birinchi g'altak I dan (6.7-rasm) tok o'tkazilsa, u holda undagi tok kuchi o'zgarganda yoki g'altaklarning vaziyati o'zgarganda II g'altakda elektr yurituvchi kuch (e.yu.k.) hosil bo'ladi. Nazorat jaryonida ikkinchi g'altak vazifasini nazorat qilinayotgan buyum o'taydi, unda uyurma toklar hosil bo'ladi (6.8-rasm). Uyurma toklar metall ichida maydon manbayi tomondagi sirtqi qatlamda oqadi. Uyurma toklarning jadalligi va buyumda taqsimlanishi buyumning geometrik o'lchamlari va elektromagnit parametrlariga bog'liq. Buyumda nuqsonlar bo'lganda sirtqi qatlamning qarshiligi ortadi, bu esa uyurma toklar-



6.7-rasm. Ikkita o'zaro bog'liq g'altaklardan iborat sxema.



6.8-rasm. Nazorat qilinayotgan obyektida uyurma toklar hosil bo'lish sxemasi.

ning bo'shashiga olib keladi, bu holatni g'altak-datchik qayd qiladi. Shunday qilib, elektromagnitli nazorat usullari buyumda hosil bo'ladigan uyurma toklar maydoni o'zgarishini qayd qilishga asoslangan.

Nazorat uslubi. Nazorat uslubi (6.9-rasm) quyidagi asosiy operatsiyalarni o'z ichiga oladi:

1. Buyumni tashqi tomonidan ko'zdan kechirish va nazoratni o'tkazishga xalaqit beruvchi nuqsonlarini yo'qotish.

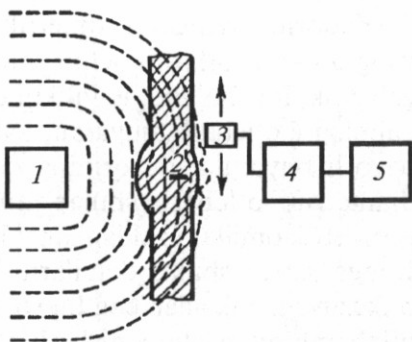
2. Maydon hosil qiluvchi tizim 1 ni nazorat qilinayotgan buyum 2 ga o'rnatish va uyg'otuvchi g'altak orqali tok o'tkazish.

3. Datchik 3 va qayd qiluvchi asboblari 4, 5 ni nazorat qilinayotgan buyum yuzasi bo'ylab skanerlash.

4. Nazorat natijalarini rasshifrovka qilish va buyum sifatini baholash. Elektromagnit usuli aluminiy qotishmalarining nuqta usulida payvandlangan choklarini nazorat qilish uchun qo'llaniladi. Quyma o'zak mavjud bo'lganda uning zonasida elektr o'tkazuvchanlik $\Delta 16$, AMr qotishmalari uchun asosiy metallning elektr o'tkazuvchanligiga nisbatan 10—15% kamayadi. B95, AMr6 va boshqa qotishmalar uchun bu o'zgarish 15—30% ga yetishi mumkin. «Yopishib qolish» yoki chala payvandlanish ko'rinishidagi nuqsonlar bor bo'lganda quyma o'zakning elektr o'tkazuvchanligi taxminan asosiy metallning elektr o'tkazuvchanligiga teng bo'ladi.

Elektromagnit usuli payvand choklarni nazorat qilishda hozircha keng qo'llanilmayapti, chunki chokning ayrim joylari va chok yaqinidagi joyning elektr o'tkazuvchanligi anchagina o'zgaradi, bu esa payvandlash nuqsonlarini aniqlashda katta xalaqitlarni yuzaga keltiradi.

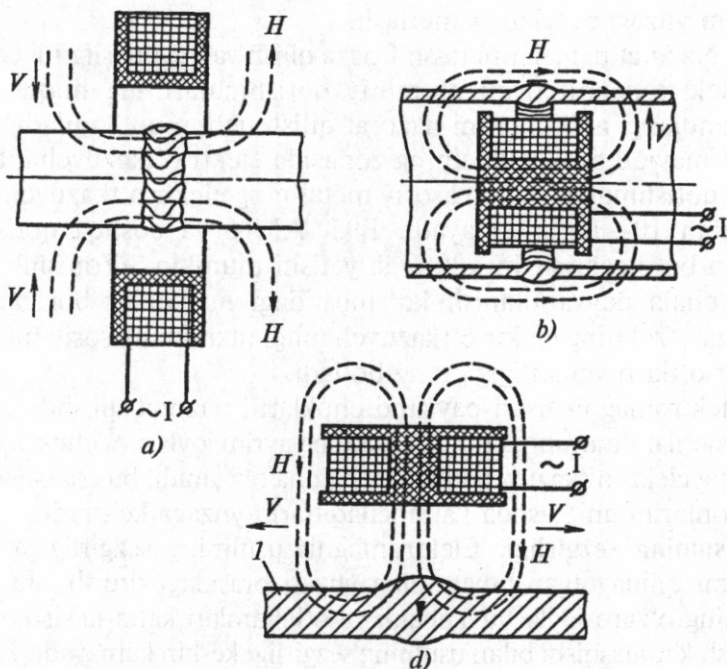
Usulning sezgirligi. Elektromagnit usulining sezgirligiga datchik nazorat qilinayotgan buyumning yuzasi orasidagi tirqish, shuningdek ularning o'zaro joylashuvi shakli va o'lchamlari katta ta'sir ko'rsatadi. Tirqish kattalashishi bilan usulning sezgirligi keskin kamayadi. Eng katta joiz tirqish 2 mm. Tuzilmaning bir jinsli emasligi usulning nuqsonlarni aniqlashga sezgirligini ancha kamaytiradi. Mazkur usul bilan yuzadagi va yuza ostidagi 1 mm gacha chuqurlikda joylashgan, chuqurligi 0,1—0,2 mm va uzunligi 1 mm dan ziyod bo'lgan darzlarni aniqlash mumkin.



6.9-rasm. Elektromagnit bilan nazorat qilish sxemasi.

Yuqorida aytilgan geometrik omillar uyurma tok usulining qator yangi imkoniyatlarini ochib beradi: bir tomonidan yaqinlashiladigan galvanik, lok-bo'yoq, issiqlikni o'tkazmaydigan qoplama va pardalar qalinligini o'lchash, quvurlar, ichi bo'sh detallar hamda boshqa yupqa devorli buyumlar devorining qalinligini aniqlash, chiviq va simlar diametrini o'lchash shular jumlasidandir. Ammo ayrim hollarda geometrik omillar usuldan amalda foydalanishni ancha qiyinlashtiradi. Bunga sabab shuki, detallarni, masalan, ular materialining elektr o'tkazuvchanlik bilan bog'liq xossalariga ko'ra nazorat qilishda detallar o'lchamlaridan chetlanish (hatto joiz qiymatlar doirasida) datchik parametrlariga detallar materialining tekshirilayotgan xossalariga qaraganda kuchliroq ta'sir qilishi mumkin.

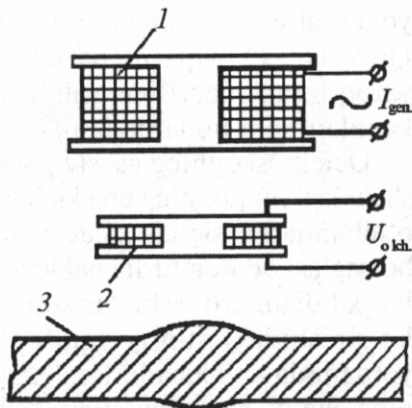
Nazorat usuli. Elektromagnit usullari asosan maydon hosil qiluvchi tizimlarga ko'ra turlarga bo'linadi. Maydon hosil qiluvchi tizimlar o'tuvchi bo'lishi mumkin, agar tokli g'altak detalni qamrab olsa yoki uning ichiga kirgizilsa (6.10-*a, b* rasm), shuningdek, qoplama bo'lishi



6.10-rasm. Elektromagnit bilan nazoart qilishning maydon hosil qiluvchi tizimlarining asosiy sxemalari:

H — magnit maydonining kuchlanganlik vektori;
 V — elektromagnit to'lqinning yo'nalishi.

mumkin, bunda tokli g'altak detalga yon yuzasi bilan o'rnatiladi (6.10-d rasm). Birinchi holda maydon hosil qiluvchi tizimdan chiqayotgan elektromagnit to'lqin nazorat qilinayotgan buyum yo'nalishida, ikkinchi holda uning yuzasi bo'ylab tarqaladi. O'lchash g'altaklari (datchiklar) maydon hosil qiluvchi (generator) g'altaklardan alohida yasalgan bo'lishi mumkin va odatda nazorat qilinayotgan buyumning yuzasi yaqinida joylashadi (6.11-rasm).



6.11-rasm. Elektromagnit maydoni parametrlarining qayd qilinish sxemasi:

1 — maydon hosil qiluvchi (generator) g'altak; 2 — o'lchash g'altagi; 3 — nazorat qilinayotgan buyum.

Qoplama o'zgartkichlar ferromagnit o'zakli qilib yoki o'zaksiz qilib tayyorlanadi. Ferromagnit (odatda, ferrit) o'zak o'zgartkichning mutlaq sezgirlikni oshiradi va magnit maydonining tarqalishini cheklash evaziga nazorat zonasini kichraytiradi.

Uyurma tokli o'tuvchi o'zgartkichlar (UTO'O') tashqi va ichki o'zgartkichlarga ajratiladi. O'tuvchi o'zgartkichlarning bunday tasniflanishi ular nazorat jarayonida obyektning tashqarisidan o'tib, uni qamrashiga yoki obyekt ichidan o'tishiga asoslangan.

Quyma UTO'O' asosan tekis yuzali obyektlar va murakkab shaklli obyektlar sifatini nazorat qilishda, shuningdek atrofga tarqalmaslik hamda yuqori darajada sezgirlikni ta'minlash talab etiladigan hollarda ishlatiladi.

Tashqi o'tuvchi UTO'O' lardan chiziqli — uzun obyektlar (sim, chiviq, quvurlar va b.)ni nazorat qilish, shuningdek mayda buyumlarni ko'plab nazorat qilish uchun foydalaniladi. Ichki o'tuvchi UTO'O' lar bilan quvurlarning ichki yuzasi hamda turli detallar teshiklarining devorlari nazorat qilinadi.

O'tuvchi o'zgartkichli defektoskoplar. Sifatni avtomatlashtirilgan, juda tez va kontaktsiz usulda nazorat qilishda o'tuvchi o'zgartkichli defektoskoplardan samarali foydalaniladi, ular uzun obyektlar (quvurlar, chiviq, ko'ndalang o'lchamlari 0,15—135 mm bo'lgan simlar) hamda mayda detallar (podshipniklar zoldirlari va roliklari, metall buyumlar va b.)ni keng tur-o'lchamlar doirasida tekshirishga imkon beradi. Bunda nazorat unumdorligi 50 m/s ni (sim uchun)

yoki soatiga bir necha ming mayda detallarni tashkil etishi mumkin. Quvurlar, chivirlarni nazorat qilish unumdorligi tashish hamda yaroqsizga chiqarish qurilmalarining inersionligi bilan cheklanib, kamdan-kam hollarda 3 m/sek dan oshadi.

Defektoskopning asosiy parametri — sezgirlik bo'sag'asi berilgan shakldagi nuqsonning eng kichik o'lchamlari bilan belgilanadi, bunday o'lchamlarda signal xalaqit nisbati ikkiga teng bo'ladi. Sezgirlik bo'sag'asi odatda turli shakldagi, masalan, quvurlar va chivirlardagi har xil diametrli teshiklar ko'rinishidagi, simdagi bo'ylama chiziqlar ko'rinishidagi sun'iy nuqsonlari bo'lgan kalibrlangan namuna yordamida aniqlanadi. Real sezgirlik bo'sag'asi obyekt parametrlarining juz'iy o'zgarishi (variatsiya) bilan bog'liq bo'lgan xalaqitlar darajasiga, masalan, yuzaning g'adir-budurligi va hokazolarga bog'liq bo'ladi. O'tuvchi o'zgartkichli defektoskopning sezgirlik bo'sag'asi, odatda, ko'ndalang o'lcham (detalning diametri) foizida ifodalangan bo'ylama uzun tor nuqsonning chuqurligi bilan belgilanadi.

Defektoskoplar asosan tuzilishi, saralash bloklari, axborotni berish va qayd qilish bloklari, nuqsonli qismlarni markirovkalash bloklari, magnitlash bloklari va hokazolar mavjudligi bilan farq qilinadi. Hozirgi vaqtda mamlakatimizda ИПП-1М, ТНМ-1М, ИДП-1, ВД-30Р, АСК-12, ЭЗТМ, ДКВ-2, ВД-20П defektoskoplaridan foydalanilmoqda.

ИПП-1М defektoskopi potok usulida ishlab chiqarish sharoitida ferromagnit va noferromagnit metallar hamda qotishmalardan tayyorlangan 4—47 mm diametrli dumaloq va olti yoqli chivirlar yuzasidagi nuqsonlarni aniqlash uchun mo'ljallangan. Bo'sag'a nuqsonining chuqurligi diametrning 1—2% ini, ammo ko'pi bilan 0,1 mm ni, uzunligi 2 mm ni tashkil qiladi.

ИДП-1 asbobi ferromagnit va noferromagnit metallar hamda qotishmalardan ishlangan 1—5 mm diametrli chivirlar yuzasidagi nuqsonlar: darzlar, bo'shliqlar va hokazolarni aniqlashga mo'ljallangan. Bo'sag'a nuqsonining chuqurligi 0,05 mm.

Diametri 60 mm dan oshmaydigan payvandlab yasalgan ferromagnit quvurlar ЭЗТМ defektoskopi yordamida nazorat qilinadi. Uch o'ramli transformator tizimi ko'rinishida tayyorlangan o'tuvchi o'zgartkich qurilmaning kuyindilar, moylar mavjud bo'lganda yuqori haroratlar sharoitida ishonchli ishlashini ta'minlaydi. Defektoskop payvand chokdagi payvandlanmay qolgan joylarni aniqlaydi va gidrosinovlarni almashtirish uchun ishonchli asos bo'lib xizmat qiladi.

Materiallarning navlari, tur-o'lchamlari va markalari turli tuman bo'lgan uzun buyumlarni nazorat qilish uchun universal БД-30П defektoskopi ishlab chiqilgan.

Xorijiy defektoskoplardan eng mukammali Ferster institutida (Germaniya) yaratilgan asboblardir. Mamlakatimizda ulardan ferromagnit (asosan) va noferromagnit materiallar hamda qotishmalardan ishlangan quvurlar, chiviqlar va simlarni nazorat qilish uchun muvaffaqiyat bilan foydalanilmoqda. Quvur va chiviqlar «Defektograf 2.181», «Defektovar 2.187», «Defektomat 2.189» asboblari bilan, 1000°C gacha qizdirilgan chiviqlar, simlar esa «Defektoterm 2.186» asbobi yordamida nazorat qilinadi. Ularning hammasi axborotni modulyatsion va proyeksiya usullarida chiqaradigan tuzilmaviy sxemalarga binoan ishlab chiqarilgan. Asboblار kalta uyg'otuvchi g'altaklari bo'lgan o'tuvchi o'zgartkichlar to'plami bilan, «Defektovar» esa quvurlarning ichki yuzasini nazorat qilish uchun «Intratest 2.187.1» qurilmasi bo'lgan ichki o'tuvchi o'zgartkichlar to'plami bilan ta'minlangan.

Qo'yma (qoplama) o'zgartkichli defektoskoplار. Dumaloq kesimli uzun obyektlar (chiviqlar, quvurlar)ni nazorat qilish uchun obyekt atrofida aylanuvchi quyma o'zgartkichli defektoskoplار ishlatiladi. Ular jumlasiga БД-40Н, БД-41Н, БД-43Н asboblari kiradi. Ular ferromagnit va magnit jihatidan bo'sh po'latlar hamda rangli metall va qotishmalardan tayyorlangan buyumlar yuzasidagi nuqsonlarni aniqlashga mo'ljallangan.

Yassi detallarni, yuzasining egriligi kichik bo'lgan buyumlarni nazorat qilish uchun obyekt yuzasiga parallel tekislikda aylanuvchi o'zgartkichi bo'lgan bir qancha ko'chma kichik defektoskoplар ishlab chiqilgan. Bularning ichida eng ko'p qo'llaniladigani ЭДМ-65 dir. U aluminiiy qotishmalaridan ishlangan detallarning to'zаланган payvand choklari yuzasidagi nuqsonlarni aniqlash uchun mo'ljallangan.

Kallagining diametri nisbatan katta bo'lgan skanerlovchi defektoskoplardan murakkab shaklli buyumlarni nazorat qilishda foydalanish qiyin. Bunday hollarda odatda o'zgartkichining diametri kichik bo'lgan, statik rejimda ishlaydigan ko'chma va kichik defektoskoplardan foydalaniladi. Bularning ichida eng ko'p qo'llaniladigani ДНМ va БД-20НСТ turkumidagi defektoskoplardir. ДНМ turkumidagi asboblар (ДНМ-15, ДНМ-500, ДНМ-2000) aluminiiy va o'tga chidamli qotishmalardan tayyorlangan detallar yuzasining sifatini nazorat qilishga mo'ljallangan. БД-20НСТ defektos-

kopi ferromagnit va noferromagnit materiallar yuzasidagi nuqsonlarni aniqlash uchun mo'ljallangan.

Mayda detallar (asosan, podshipniklar detallari)ni nazorat qilish uchun CK27-MДШ5, CK-39, CK-31, МДР-1, МДР-3 asboblari ishlab chiqilgan bo'lib, ulardan muayyan tarmoqlarda foydalaniladi.

Xorijiy defektoskoplardan Ferster institutining «Sirkograf» va «Defektometr» turkumidagi turli modifikatsiyali asboblari eng ko'p qo'llaniladi. «Sirkograf» turkumidagi asboblari aylanuvchi quyma o'zgartkichli defektoskoplardan iborat. Bu asboblari almashtiriladigan skanerlovchi kallaklar bilan ta'minlangan bo'lib, 20—120 mm diametrli detallarni nazorat qilishga imkon beradi. Aylanish yuzasining shakli murakkab bo'lgan kalta detal va buyumlarni nazorat qilish uchun asbobga o'zgartkichlari erkin harakatlanadigan, maxsus tutgichlarda mahkamlangan taroq ulanadi. Quvurlarning ichki yuzasini nazorat qilish uchun «Sirkograf» aylanuvchi ichki o'zgartgichlar bilan ta'minlangan, ular ko'chmas yoki ko'chma (dastaki parma ko'rinishidagi) qurilmaga o'rnatilishi mumkin.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Magnit va elektromagnit yordamida nazorat qilish usullarida nuqsonlarni aniqlash nimaga asoslangan?
2. Magnitli va elektromagnitli nazorat usullarining sezgirlikiga qanday omillar ta'sir qiladi.
3. Magnitli usullarda nazorat qilishda qo'llaniladigan magnitlash sxemalarini aytib bering.
4. Magnit yordamida nazorat qilishning turli usullaridan qanday buyumlar uchun foydalanish mumkin?

7.1. KAPILLAR DEFEKTOSKOPIYANING TASNIFI

Kapillar nazorat usullari metallar va nometallardan tayyorlangan buyumlarning sirtqi qatlamlaridagi yaxlitlikning buzilishini aniqlash uchun mo'ljallangan.

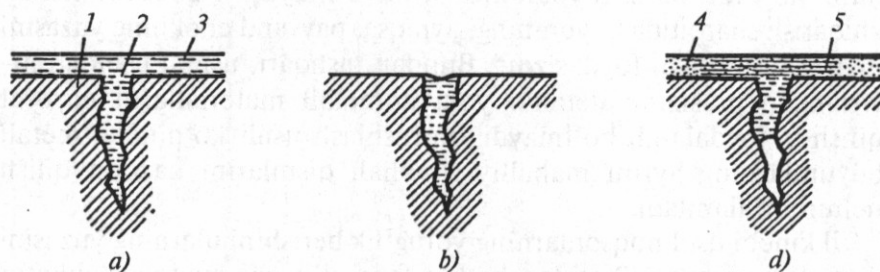
Ko'p hollarda, texnik talablarga ko'ra, oddiy ko'z bilan tekshirib aniqlashning imkoni bo'lmaydigan juda mayda nuqsonlarni topish zarur bo'ladi. Optik asboblari, masalan, lupa yoki mikroskopdan foydalanib esa yuzidagi nuqsonlarni aniqlashning iloji bo'lmaydi, chunki metall fonida nuqson tasvirining farqi yetarli darajada bo'lmaydi va ancha kattalashtirib ko'rilganda ko'rish maydoni kichik bo'ladi.

Nuqson va fon tasvirlarining farqi nisbatini ikki usul bilan o'zgartirish mumkin. Birinchi usul nazorat qilinayotgan buyumning yuzasini jilvirlab, keyin unga kislotalar bilan ishlov berish (xurushlash) dan iborat. Bunday ishlov berilganda nuqson korroziya mahsullari bilan to'lib qoladi, qorayadi va jilvirlangan materialning yorqin fonida ko'rinadigan bo'lib qoladi. Ammo ayni usuldan hamma vaqt ham foydalanib bo'lavermaydi. Xususan, ishlab chiqarish sharoitida buyumning, ayniqsa, payvand chokning yuzasini jilvirlash mutlaqo foydasizdir. Bundan tashqari, ushbu usuldan jilvirlangan prezision detallar yoki nometall materiallarni nazorat qilishda foydalanib bo'lmaydi. Xurushlash usuli ko'pincha metall buyumlarning ayrim mahalliy shubhali qismlarini nazorat qilish uchun qo'llaniladi.

Ikkinchi usul nuqsonlarning yorug'lik berishini ularning yuzasini yorug'lik va rang jihatidan keskin farq qiluvchi maxsus indikator suyuqliklar — penetrantlar bilan to'ldirib o'zgartirishdan iborat. Agar penetrant tarkibida luminessentlanuvchi moddalar, ya'ni ultrabinafsha rang yorug'lik bilan nurlantirilganda yorqin yorug'lanish beradigan modda bo'lsa, bunday suyuqliklar *luminessent suyuqliklar* deb, nazorat usuli esa *luminessent usuli* (luminessent

defektoskopiya — LD) deb ataladi. Basharti penetrantning asosi kunduzgi yorug'likda ko'rinadigan bo'yovchi moddalardan iborat bo'lsa, nazorat usuli rangli usul deyiladi (rangli defektoskopiya — RD). Rangli defektoskopiya yorqin qizil bo'yovchi moddalardan foydalaniladi.

Kapillar defektoskopiyaning mohiyati quyidagilardan iborat. Buyumning yuzasi kir, chang, yog'li iflosliklar, flyus qoldiqlari, lok-bo'yoq qoplamalar va hokazolardan tozalanadi. Tozalangandan, yog'sizlantirilgandan va quritilgandan keyin, nazorat qilinayotgan buyumning tayyorlangan yuzasiga penetrant qatlami surtiladi va suyuqlik nuqsonning ochiq bo'shliqlariga kira olishi uchun shu holatda ma'lum vaqt tutib turiladi. Keyin yuza suyuqlikdan tozalanadi, suyuqlikning bir qismi nuqsonning bo'shliqlarida qoladi. Nuqsonlarning aniqlanishini oshirish uchun, buyumning yuzasi penetrantdan tozalangandan so'ng unga tez quriyidigan suspenziya ko'rinishdagi maxsus ochiltiruvchi material (chunonchi kaolin, kollodiy) yoki lok qoplama surtiladi. Odatda oq rangli ochiltiruvchi material nuqsonlar bo'shlig'idan penetrantni tortib chiqaradi, bu esa ochiltirgichda indikator izlari hosil bo'lishiga olib keladi. Indikator izlari nuqsonlarning plandagi shaklini to'la-to'kis, ammo ulardan kattaroq o'lchamlarda takrorlaydi. Bunday indikator izlarini optik vositalardan foydalanmasdan oddiy ko'z bilan ham ko'rish mumkin bo'ladi. Nuqson qancha chuqur, ya'ni unda penetrant nechog'liq ko'p (7.1-rasm) va ochiltiruvchi qatlam surtilgan paytdan e'tiboran tutib turish vaqti qancha uzoq bo'lsa, indikator izining o'lchami shuncha katta bo'ladi.



7.1-rasm. Ochiltirgichdan foydalanib detallarni kapillar usulda nazorat qilish sxemasi:

a — darz bo'shlig'i kiruvchi suyuqlik bilan to'lgan; *b* — detal yuzasidan suyuqlik yo'qotilgan, ochiltirgich qoplangan, darz aniqlangan; 1 — detal; 2 — darz bo'shlig'i; 3 — kiruvchi suyuqlik; 4 — ochiltirgich; 5 — darzning indikator izi.

Kapillar aktivlik hodisasi, ya'ni suyuqlikning juda mayda parron teshiklarga va bir tomoni ochiq kanallarga tortilish qobiliyati kapillar defektoskopiya usullarining fizik asosi bo'lib xizmat qiladi. Suyuqlik kapillar kanalga kirganda uning yuzasi qiyshayib menisk hosil qiladi. Sirtqi taranglik kuchlari meniskning bo'sh chegaralari kattaligini kichraytirishga intiladi va natijada kapillarda qo'shimcha kuch ishlay boshlab ho'llovchi suyuqlikning so'rilishiga sabab bo'ladi. Suyuqlikning kapillarga kirib borish chuqurligi suyuqlikning sirt taranglik koeffitsiyentiga to'g'ri mutanosib va kapillarning radiusiga teskari mutanosibdir. Boshqacha aytganda, kapillar (nuqson)ning radiusi qancha kichik va materialning ho'llanuvchanligi qancha yaxshi bo'lsa, suyuqlik kapillarga shuncha tez hamda chuqur kirib boradi.

7.2. KAPILLAR NAZORAT USLUBI

Kapillar usullarda nazorat qilish jarayoni ushbu texnologik operatsiyalardan tashkil topadi: buyumni nazorat qilishga hozirlash, unga defektoskopik materiallar bilan ishlov berish, nuqsonlarini aniqlash va buyumni uzil-kesil tozalash.

Buyumni hozirlash. Bunda nazorat qilinadigan yuza barcha iflosliklar, lok-bo'yoq qoplamalardan tozalanadi, moysizlantiriladi va quritiladi.

Yuzani tozalash uchun mexanik ishlov berish (silliqlash, jilvirlash, shaberlash va boshqalar) usullari qo'llanilib, keyin yuza yuviladi hamda oson uchuvchan erituvchilar (skipidar, aseton, benzin, spirt va boshqalar) bilan artiladi. Tozalash usuli shunday tanlanadiki, bunda bo'shliqdagi iflosliklar yo'qotiladigan, ammo ularning yangilari olib kirilmaydigan bo'lsin. Payvand choklarga va choklar yaqinidagi joylarga avval abraziv doira bilan, keyin esa turli donadorlikdagi qumqog'oz bilan ishlov beriladi. Bunday mexanik ishlov yuzadagi hamma notekisliklar (tangachadorlik, oqmalar, kesiklar)ni yo'qotish va chok kuchaytirgichini tekislash imkonini beradi.

Ammo bunday tozalash jarayonida abraziv va metall changi nuqsonlar bo'shliqlarini to'ldirib qo'yadi, plastik deformatsiyalangan yupqa metall qatlami esa ularni berkitadi. Shu bois mexanik ishlov berilgandan so'ng nuqsonlar bo'shliqlarini ochish uchun yuzaga kislotalar bilan ishlov berilmog'i lozim.

Ta'kidlash joizki, yuzani yaxshilab tozalash nazoratning sezgirligini ko'p jihatdan belgilab beradi. Shu sababli hozirgi vaqtda yuqorida

eslatilgan tozalash usullaridan tashqari, kelajagi juda porloq bo'lgan ultratovush yordamida tozalash usuli qo'llanilmoqda. Bu usulda buyum suyuq erituvchilar solingan vannaga botiriladi va unga ultratovush nurlanishining kuchli oqimi bilan ishlov beriladi. Anod-ultratovush yordamida tozalashdan ham foydalaniladi, bunda xurushlovchi birikmalar (kislotalar) solingan vannaga joylangan buyumga bir vaqtning o'zida ultratovush va elektr toki ta'sir qiladi.

Buyumga defektoskopik materiallar bilan ishlov berish. Defektoskopik materiallar bilan ishlov berish jarayoni (7.1-jadval) nuqsonlar bo'shliqlarini indikator suyuqlik bilan to'ldirish, uning ortiqchasini olib tashlash va ochiltirgich surtishdan iborat.

Asosi suv bo'lgan penetrantlar tarkibiga luminessentlovchi moddalar yoki bo'yovchi moddalar, shuningdek ingibitorlar, ya'ni oksidlash jarayonlarini to'xtatuvchi moddalar kiradi. Penetrantlar eng texnologiyabob, bexatar, alanga olmaydi va yuzadan oddiy yuvish orqali osongina ketkaziladi. Ammo osongina yuvib ketkazilishi ularning asosiy kamchiligidir, chunki bunda suyuqlikning bir qismi nuqsonlar bo'shliqlaridan ham chiqib ketadi, bu esa nazoratning sezgirligini pasaytiradi. Shuning uchun bunday penetrantlar cheklangan holda ishlatiladi.

Asosi turli organik suyuqliklar (kerosin, skipidar, benzol, uayt-spirit va boshqalar)dan iborat bo'lgan penetrantlar eng keng tarqalgan. Garchi ular foydalanishda ehtiyotkorlikni talab qilsa ham, nuqsonlarni aniqlash sezgirligi yuqori bo'lishini ta'minlaydi.

Penetrantni pulverizator yoki yumshoq mo'yqalam yordamida qoplash eng maqsadga muvofiqdir. Bunda tutib turish vaqti, hosil bo'lgan nuqsonlarning kattaligidan qat'iy nazar, 5 minutdan oshmasligi kerak.

Nuqsonlarni aniqlash. Kapillar defektoskopiya usullarida ochiltirishning besh usuli farq qilinadi. Kukunli («quruq») usulda quruq, asosan oq sorbent ko'rinishidagi ochiltirgich (kaolin, bo'r va boshqalar)dan foydalaniladi. U indikator penetrantni shimib oladi.

«Ho'l» usul konsentrlangan suspenziya, ya'ni uchuvchan erituvchilar (kerosin, benzol va boshqalar), suv yoki ularning aralashmasida qorilgan (disperslangan) oq kukun ko'rinishidagi ochiltirgichdan foydalanishga asoslangan.

Metallga bo'yoq yoki lok qatlamini qoplashda pigmentlangan yoki tez quruvchi eritmadan (masalan, kollodiydan) iborat bo'lgan, indikator penetrantni shimib oladigan (sorbiylaydigan) ochiltirgichdan foydalaniladi.

**KENG KO'LAMDA FOYDALANISH UCHUN TAVSIYA ETILUVCHI
DEFEKTOSKOPIK MATERIALLAR TO'PLAMI**

To'planning tarmoq shifri	Shartli sergirlik darajasi	Ish harorati °C	Reseptura					
			Penetrantniki		Ochilgichniki		Tozalagichniki	
			tarkibi	miqdori	tarkibi	miqdori	tarkibi	miqdori
			Luminescent usuli					
ЛЮМ-А	I	20	Lumogen №2 БНИИМ	20 g	Oq «Ekstra» nitroemali	30% (mas)	Spirit	80% (mas)
			Ditolilmetan	500 ml	Tibbiy kolofiy	30% (mas)	Emulgator ОП-7	20% (mas)
			Spirit	400 ml	Atseton	40%	—	
			Emulgator, ОП-7	100 ml				
ЛЮМ-Б	II	20	Noriol A	15% (mas)	Bentonit	0,72—2,21% (mas)	Spirit	80% (mas)
			Kerosin yonilg'i	85% (mas)	Kaolin	6,67—10% (mas)	Emulgator ОП-7	20% (mas)
					Suv	92—97% (mas)		

To'planing tarmoq shifri	Shartli sezgirlik darajasi	Ish harorati °C	Reseptura					
			Penetrantniki		Ochilgirgichniki		Tozalagichniki	
			tarkibi	miqdori	tarkibi	miqdori	tarkibi	miqdori
Rangli usul								
ДК-1	I	20	Kerosin	800 ml	Spirit	500 ml	Suv	99% (mas)
(СНИИТ маш)			Norjol A	200 ml	Suv	500 ml	Emulgator, ОП-7, ОП-10	1% (mas)
			Kizil 5S sudani	10 g/l	Kaolin	400 g/l	—	
ДК-2	I	20	Rodamin S	3% (mas)	Kaolin	23—26% (mas)	Spirit, ПО-7	80 ml
(СНИИТ маш)			ОП-7	10 ml	CB-102/50 ho'llagichi	4,2—4,5 ml	ОП-10	100 ml
			Spirit	100 ml	Etilenli kol	3,5—4,0 ml	—	—
					Suv	100 ml	Spirit	80% (mas)
Aero-12A	I (lumines- sent)	0—40	Spirit	90% (mas)	Oq «Ekstra» nitroemali	30% (mas)	ОП-7	20% (mas)
	II (rangli)		ОП-7 Rodamin S	10% (mas) 30 g/l	Tibbiy kollodiy Atseton	30% (mas) 40% (mas)		

Tasmasimon ochiltirgich ochiltiruvchi qatlami bo'lgan rangsiz yoki oq indikator tasmasidan iborat. Bu qatlam indikator penetrantini shimib oladi, nazorat qilinayotgan yuzadan nuqsonning indikator qatlami bilan osongina ajralib chiqadi. Tasmasimon ochiltirgich texnologiyabop va, eng muhimi, defektogramma olish, uni buyumdan alohida tahlil qilish (tekshirish) hamda nazoratning obyektiv hujjati sifatida saqlash imkonini beradi.

O'z-o'zidan ochiltirish usulida ikki variant bo'ladi. Kukunsiz (kristallofluorofor) variantda detal luminoforming organik kristallarining uchuvchan erituvchidagi eritmasiga botiriladi, keyin indikator suyuqlikdan chiqarib olinadi. Erituvchi tezda bug'lanib ketadi, luminofor kristallari esa nuqsonning chetlariga o'tiradi. Bu kristallar ultratovush nurlanishi ta'sirida yorqin luminessentlanadi. Butun detalning fonda yorug'lanishini bartaraf qilish uchun unga maxsus ingibitor eritmasi bilan ishlov beriladi, bu eritma yuzadagi luminessensiyani o'chiradi, ammo nuqsonning kapillar bo'shliklariga kirib borgan luminoformga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi.

Ushbu ochiltirish usulining yana bir turi o'z-o'zidan ochiltiradigan variantdir. Bunda shimdirish va tozalashdan keyin detal qizdiriladi, bu esa ochiltirishning o'rnini bosadi. Detal qizdirilganda maxsus indikator suyuqlik nuqsonning bo'shlig'idan chiqib, qotadi va ultrabinafsharang nurlanish ta'sirida luminessentlovchi indikator izini hosil qiladi.

Lyuminessent defektoskopiya yuqorida keltirilgan barcha ochiltirish usullaridan foydalaniladi. Kukun yoki suspenziya bilan ochiltirish oddiyligi va materiallarning kamyob emasligi sababli eng keng tarqalgan bo'lsa-da, samaradorligi eng pastdir. Shu bois ЛД da tasma yordamida va o'z-o'zidan ochiltirish usullari tobora ko'proq qo'llanilmoqda.

ЛД da asosan suspenziyalar ko'rinishidagi kukunsimon sorbentlar va ochiltiruvchi oq loklar ishlatiladi. Lok ochiltirgichlarning sezgirliги yuqoridir.

Aniqlanadigan nuqsonlarning o'lchamiga qarab GOST 18442-73 da sezgirlikning to'rtta shartli darajasi belgilab qo'yilgan (7.2-jadval). Sezgirlikning shartli darajasini baholash uchun tabiiy yoki sun'iy nuqsonli test-namunalardan foydalaniladi. Silliqlash rejimi noto'g'ri bo'lganda yuzaga kelgan darzlari bo'lgan namunalardan test-namunalar sifatida eng ko'p foydalaniladi.

SEZGIRLIKNING SHARTLI DARAJALARI

Sezgirlikning shartli darajasi	Nuqsonning o'lchamlari, mkm		
	eni	chuqurligi	uzunligi
I	<1	≤10	≤0,1
II	≤10	≤100	≤1
III	≤100	≤1000	≤10
IV	100 va undan ortiq	1000 va undan ortiq	10 va undan ortiq

Yuzaga ochiltirgich qoplangandan so'ng u iliq havo oqimi bilan quritilib, keyin buyumning yuzasi ko'zdan kechiriladi. Ko'zdan kechirish ikki marta ochiltirgich qoplangandan keyin 5 va 20 minut o'tgandan so'ng amalga oshiriladi. ЛД da buyum ultrabinafsha rang nurlanish bilan yoritilgan holda ko'zdan kechiriladi. ИД da ko'zdan kechirish elektr va kunduzgi yorug'likda olib boriladi. Ish o'rning yoritilganlik darajasi 500 lk dan kam bo'lmasligi lozim.

Ko'zdan kechirish oddiy ko'z bilan bajariladi, zarur hollarda esa ko'rish maydoni katta bo'lgan, kam kattalashtirib ko'rsatuvchi (1,5—2*) lupalardan foydalaniladi. Aniqlangan indikator izi optik vositalar yordamida tekshiriladi.

Indikator izlarining rasmi va joylashish topografiyasi nuqsonning turi haqida ancha ishonch bilan fikr bildirishga imkon beradi. Masalan, har qanday darzlar, qilsimon yoriqlar, ezilgan, payvandlanmay, kavsharlanmay qolgan joylar, oqsil pardalari turli shakldagi aniq, ba'zan esa uzuq-uzuq, bo'yalgan yoki luminessentlanuvchi chiziqlar ko'rinishida namoyon bo'ladi. Materialning yorilganligi, yirik donli qotishmalar yuzalarining ayrim joylaridagi kristallitlararo korroziya alohida kalta chiziqlar guruhi yoki turi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Mayda donli qotishmalar yuzasining ayrim joylaridagi kristallitlararo korroziya dog'lar, yuvilib ketgan tilimlar ko'rinishida namoyon bo'ladi. G'ovaklar, yarasimon korroziya, kristallitlararo korroziyaning ayrim o'choqlari, eroziyadan shikastlangan joylar alohida nuqtalar yoki yulduzchalar ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Detal yuzasidagi indikator rasmi yuzaning turli shikastlanishlari yoki ifloslanishlari tufayli ham yuzaga kelgan bo'lishi mumkin. Nazaratchining vazifasi bu soxta nuqsonlarni haqiqiy nuqsonlardan turli qo'shimcha belgilarga ko'ra ajrata bilishdan iborat. Agar aniqlangan shtrixlar, chiziqlar va nuqtalarning miqdori hamda

o'Ichamlari joiz qiymatlardan ortiq bo'lsa, buyum yaroqsizga chiqariladi. Nazorat qilib bo'lingandan so'ng buyum yuzasi erituvchilar bilan artib, yuvib va boshqa usullar bilan ochiltirgichdan tozalanadi.

Nazorat chog'ida endigina paydo bo'layotgan, yo'qolib boradigan darajada ingichka mikrodarzlarni aniqlashga katta e'tibor qaratiladi. Bunday mikrodarzlar gazosorbsion usulda aniqlanishi mumkin. Yuzasidagi nuqsonlar bo'shliqlarini havo molekulalaridan holi qilish uchun buyum vakuum kamerasiga joylanadi. Keyin kameraga radioaktiv kripton-85 gazi kiritiladi. Bunda yuzadagi nuqsonlar gaz molekulalarini yutib oladi. Keyin buyum kameradan olinib, yuzasiga nurlanish detektori (masalan, yuqori daraja sezgir radioaktiv yoki fotoplyonka) qo'yiladi. Radioaktiv gaz to'plangan joylarda, ya'ni nuqsonlarda plyonka yorishadi, va unga fotoishlov berilganda suratda yuzadagi nuqsonlarning vizual tasviri paydo bo'ladi. Kelajakda ushbu usul yordamida, mahalliy vakuum kameralaridan foydalanib yirik buyumlarning uzun payvand birikmalarini nazorat qilish mumkin.

Apparatlar. Sanoatda har xil turdagi ko'chma va ko'chmas (statsionar) defektoskoplar ishlab chiqariladi. Ko'chma КД-40ЛЦ aerosol komplektining kelajagi eng porloqdir. U buyumlarni dala, sex va laboratoriya sharoitida rangli, luminessent va luminessent-rangli usullarda nazorat qilishga mo'ljallangan. Komplektga qismlarga ajraladigan aerosol ballonlari kiradi, ularni komplektga kiruvchi zaryadlash stendida defektoskopik materiallar bilan ko'p marta to'ldirish mumkin. Ballonlar uch to'plamga butlangan bo'lib, ulardan bittasi elektr yordamida qizdiriladi, bu esa atrof-muhit harorati — 40°C bo'lganda ham nazorat qilishga imkon beradi. Komplektga КД-33Л ultrabinafsha rang nurlatkichi ham kiradi.

ЦД uchun, ishlar hajmi kichik bo'lganda, ДМК-4, ДАК-2Ц ko'chma defektoskoplaridan foydalaniladi. ДМК-4 jomadon ko'rinishida yasalgan bo'lib, unda uyalar va bo'lmalar bor, ularga ishlatiladigan erituvchilar, bo'yoq va suyuqlik solingan idishlarni nazorat qilish uchun kerak—yaroqlar, mo'yqalamlar qo'yilgan penallar hamda lupalar joylashtirilgan. 7 kg og'irlikdagi defektoskopning gabarit o'Ichamlari uncha katta emas: 430×250×200 mm.

Buyumlarni sexlar va laboratoriyalarda stendlarda nazorat qilish uchun qator operatsiyalarni avtomatlashtirish va mexanizatsiyalashtirishga imkon beruvchi ko'chmas defektoskoplardan keng ko'lamda foydalaniladi. Mazkur defektoskoplar rolganglar, buyum-

larni nazoratga mexanizatsiyalashtirilgan usulda uzatish uchun transportyorlar, purkash kameralari, kuchli yoritkichlar va boshqa qurilmalar bilan ta'minlangan.

Buyumlarni ko'zdan kechirish va sifatini baholash jarayonlarini avtomatlashtirish maqsadida elektron hisoblash mashinalari bo'lgan televizion texnikadan foydalanila boshlandi. Bunday defektoskoplarning unumdorligi soatiga 500 va bundan ko'p kichik hajmdagi detallarni tashkil etadi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Kapillar defektoskopiya usullari qandan fizik hodisaga asoslangan?
2. Defektoskopik materiallarning tarkibi va vazifasini ayting.
3. Kapillar nazoratning asosiy texnologik operatsiyalarini ayting.
4. Kapillar defektoskopiya uchun mo'ljallangan uskunalarni sanab o'ting.

8.1. SIZISHNI IZLASH BILAN NAZORAT QILISHNING TASNIFI

Tutash turdagi buyumlar (idishlar, o'tkazuvchi quvurlar)ga qo'yiladigan asosiy foydalanish talablari devorlari va payvand birikmalarining o'tkazmovchanligi, ya'ni zichligi (germetikligi)dir. *Germetiklik* buyumning konstruksiyalar qismlari va birikmalari orqali gaz yoki suyuqlik kirishini cheklash xususiyatidir. Germetiklik darajasi vaqt birligi ichida sirqiydigan gaz yoki sizadigan suyuqlik miqdori bilan aniqlanadi.

Buyumlarni zichlikka sinash, yoki sizishni izlash bilan nazorat qilish parron nuqsonlar orqali osongina kiradigan va ko'z bilan yoki asboblardan sizishni izlagichlar hamda boshqa qayd qilish vositalari yordamida yaxshi farq qilinadigan sinov moddalari (suyuqlik yoki gazlar)dan foydalanib amalga oshiriladi.

Sizishni izlash bilan nazorat qilish payvand birikmalardagi va buyumning asosiy metalidagi darzlar, payvandlanmay qolgan joylar, gazli g'ovaklar, teshiklar, kuygan joylar va shu kabi parron nuqsonlarni aniqlashga imkon beradi. Parron nuqsonning chiziqli o'lchamlarini o'lchashning iloji bo'lmaganligi bois kattaligi vaqt birligi ichida nuqson orqali oqib o'tuvchi sinov moddasi oqimi bilan shartli ravishda baholanadi. Sizishni izlash bilan nazorat qilish GOST 18353-73 ga muvofiq kapillar, kompression va vakuum usullariga tasniflanadi, bu usullar esa, o'z navbatida, sinov moddasini indikatsiyalash turi va usullari, apparatlar turi hamda qo'llanilish xususiyatlariga ko'ra 8.1-jadvalda keltirilgan xillarga ajratiladi.

Sizishni izlashning qaysi usulini tanlash kerakligi sinaladigan obyektlarning zichligi darajasiga qo'yiladigan talablarga, qobiqqa gazdan tushadigan ish yuki (nagruzka)ning yo'nalishi va qiymatiga, ishlatishga ruxsat etiladigan sinov moddalariga qarab aniqlanadi.

Sinash paytida yukning yo'nalishi va qiymati qobiqning materiali deformatsiyalanishi hamda sizish paydo bo'lishi mumkinligi sababli imkon qadar ish bosimiga mos kelmog'i lozim.

ZICHLIK SINFLARI

Zichlik sinflari	Havo bo'yicha aniqlanadigan quyilishlar (nuqsonlar) diapazoni		Sizishni izlash usuli	Sinov moddasi	Indikator
	sm ³ /yil	m ³ ·Pa/s			
I	2·10 ⁻² dan boshlab	3,76·10 ⁻³ dan boshlab	Geliyli kamera, vakuumli so'rg'ich	Geliy	Mass-spektrometr
II	2·10 ⁻¹ dan ortiq	3,75·10 ⁻² dan ortiq 7,51·10 ⁻¹ gacha	Geliy shchup Luminescent-gidravlik	= Suv+penetrant	Shuning o'zi Sizma va yoritish
III	2 dan ortiq 4 gacha	3,75·10 ⁻¹ dan ortiq 7,51·10 ⁻¹ gacha	Indikator-luminescent qoplamali gidravlik	Suv+penetrant	Sizma va indikator tasma hamda massada yoritish
IV	4 dan ortiq 2·10 ³ gacha	7,51·10 ⁻¹ dan ortiq 3,75·10 ⁻² gacha	Galoidli shchup Rangli va luminescent kapillar	Freon-havo aralashmasi	Asbob
V	2·10 ³ dan ortiq	3,75·10 ⁻² dan ortiq	Kerosin bilan sinash Pufakchalarga qarab Havo bilan siqish	Penetrant Kerosin Havo, azot Shuning o'zi	Dog'lar, yorig'lanish Oq fonda dog'lar Pufakchalar =

8.2. KAPILLAR USULLAR

Kapillar nazorat usullari ho'llash qobiliyati yuqori bo'lgan suyuqlikning parron nuqsonlarga kapillar kirish hodisasiga asoslangan. Nazorat qilishda, buyumning iflosliklardan tozalangan bir yuzasiga kirib boradigan suyuqlik, masalan, kerosin mo'l qilib surtiladi, ikkinchi

yuzasiga esa tarkibida 1 l suv hisobiga 350—480 g yanchilgan bo‘r (yoki kaolin) bo‘lgan bo‘r suvoq ko‘rinishidagi shimiluvchi qoplama qoplanadi.

Shu holatda ma’lum vaqt tutib turilgandan so‘ng, nazorat qilinayotgan birikma ko‘zdan kechirilib bo‘r suvoqdagi sariq kerosin dog‘lari bo‘yicha parron nuqsonlar aniqlanadi. Kerosin dog‘lari aniqlanishini yaxshilash uchun ko‘pincha yorqin qizil bo‘yovchi moddalar (masalan, 1 l kerosinga 2,5 g hisobida «sudan-III») yoki luminessentlanuvchi moddalar qo‘shiladi. Kerosin bilan sinash usuli samarali diametri 0,1 mm dan katta bo‘lgan parron nuqsonlarni aniqlash imkonini beradi. Ba’zan nazoratning sezgirligi va unumdorligini oshirish uchun sinalayotgan buyumning yuzasi kerosin bilan ho‘llangandan so‘ng 0,3—0,4 MPa bosim ostida siqilgan havo bilan puflanadi. Bunday ortiqcha bosim ostida kerosin nuqsonning bo‘shliqlariga osonroq va tezroq kiradi.

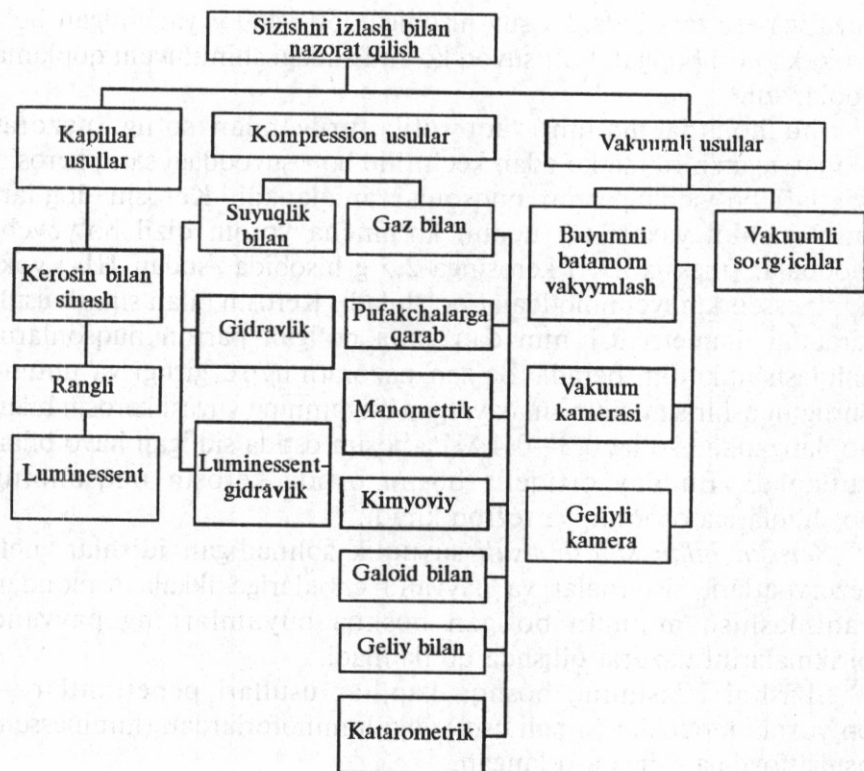
Kerosin bilan sinash usuli suyuqlik solinadigan idishlar, neft rezervuarlari, sisternalar va payvand choklariga ikkala tomondan yaqinlashish mumkin bo‘lgan boshqa buyumlarning payvand birikmalarini nazorat qilishda qo‘llaniladi.

Sizishni izlashning boshqa kapillar usullari penetrantlar — bo‘yovchi moddalar (rangli usul) yoki luminoforlardan (luminescent usuli) foydalanishga asoslangan.

8.3. KOMPRESSION USULLAR

Kompression nazorat usullari sinalayotgan buyumda (tutash tizimda) sinov moddasi (suyuqlik yoki gaz)ning ortiqcha bosimini hosil qilish va buyumning tashqi yuzasida sinov moddasi sizayotgan joylarni qayd qilishga asoslangan. Sinov moddasining turiga qarab, suyuqlik va gaz bilan sizishni izlash usullari farq qilinadi.

Suyuqlik bilan sizishni izlash usullari. Sizishni izlashning gidravlik usuli bosim ostida ishlaydigan turli tutash tizimlar (chunonchi, bug‘ qozonlari, neft-kimyó apparatlari va boshqalar)ni nazorat qilishda majburiy usul sifatida qo‘llaniladi. Nazorat qilinayotgan buyum ish suyuqligi yoki suv bilan to‘ldirilib, zichlanadi, keyin gidravlik nasos yordamida unda ortiqcha bosim hosil qilinadi va ana shu bosim ostida ma’lum vaqt tutib turiladi. Shundan so‘ng buyumning tashqi yuzasi ko‘zdan kechiriladi. Tashqi yuzada suyuqlik (masalan, suv) tomchilari paydo bo‘lishi yoki uning terlashi nuqson borligini bildiruvchi belgi hisoblanadi. Bunday nazorat usuli diametri



8.1-rasm. Sizishni izlash bilan nazorat qilish usullari.

10^{-3} mm atrofida bo'lgan sizish joylarini aniqlashga imkon beradi. Agar texnik shartlarda nazarda tutilgan bo'lsa, gidravlik sinovlardan avval buyum radiatsion yoki ultratovush yordamida nazorat qilinmog'i zarur.

Luminessent-gidravlik usul kompression usulning bir turidir. Uning farqi shundaki, sinov moddasining tarkibiga luminofor qo'shiladi va buyumning tashqi yuzasi ultrabinafsha rang yorug'likda ko'zdan kechiriladi.

Gidravlik nazorat usulida nuqsonlar yaxshiroq aniqlanishi uchun ba'zan buyumning tashqi yuzasiga indikator qatlam qoplanadi, bu qatlamning tarkibida luminessent modda, masalan, suv tekanda luminessentlanadigan fluoressinning dinatriyli tuzi va suvni uzoq vaqt ushlab turuvchi sorbent (kraxmal) bo'ladi. Bunday qoplamada parron nuqsonli joy ultrabinafsha rang yorug'likda yashil yorug'lanish ko'rinishida namoyon bo'ladi.

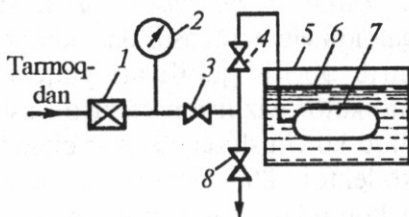
Gidravlik sinovlarni o'tkazishda, buyumda hosil qilinadigan bosimni to'g'ri tanlash muhim jihat sanaladi. Odatda zichlikka sinash buyumni mustahkamlikka sinash bilan birga olib boriladi va ish bosimidan 1,1—1,5 baravar ortiq bosimda amalga oshiriladi. Turkumlab ishlab chiqarish sharoitida, masalan, gaz-neft quvurlari uchun bo'ylama chokli quvurlar ishlab chiqarish sharoitida nazorat qilishda maxsus sinov stendlaridan foydalaniladi.

Gidravlik usul ba'zan ochiq idishlar, chunonchi, tindirgichlarni sinash uchun ham qo'llaniladi. Bu holda idishlar ularga suyuqlik quyish, taqillatib ko'rish va choklarining tashqi yuzalarini ko'zdan kechirish yo'li bilan nazorat qilinadi.

Gaz bilan sizishni izlash usullari. Bu usullar suyuqlik bilan izlash usullariga nisbatan sezgirroqdir, chunki sinov moddalari — gazlar parron nuqsonlar orqali osonroq o'tadi. Nazoratning gazli usullari faqat tutash (berk) idishlarni sinash uchun qo'llaniladi. Gazli usullarning eng oddiysi *pufakchali usul* bo'lib, u masalan, havo yordamida ortiqcha bosim hosil qilingan buyumni suvli vannaga botirish va sizish joylarini paydo bo'layotgan pufakchalarga qarab aniqlashdan iborat (8.2-rasm). Agar buyum katta bo'lsa va vannaga sig'masa, u holda buyumning tashqi yuzasiga ko'pik hosil qiluvchi modda (sovun eritmasi) qoplanadi va sizish joylari sovun pufakchalariga qarab qayd qilinadi. «Lotos», «Ladoga» va boshqa sirt-aktiv moddalar hamda namlikni tutib turuvchi komponent — xrompikli (0,01%) glitserin (90% gacha) ko'pik indikatorining asosi bo'lib xizmat qiladi. Pufakchali usul 10^{-3} mm gacha diametrli ancha mayda sizish joylarini aniqlashga imkon beradi.

Kimyoviy kompression usullar sinov moddasining kimyoviy sizishlarini sinalayotgan buyumning tashqi yuzasiga qoplangan indikator qatlami bilan indikatsiyalash uchun foydalanishga asoslangan.

Kompression usullarga havo-ammiak aralashmasi bilan nazorat qilish usuli ham kiradi. Ayni usulda, sinalayotgan buyum payvand chokining tashqi yuzasi simob nitratning 5% li eritmasi yoki fenolftalein eritmasi bilan ho'llangan qog'oz tasma bilan qoplanadi.



8.2-rasm. Sizishni izlash bilan nazorat qilishning pufakchali usuli sxemasi:

1 — reduksion klapan; 2 — manometr; 3 — klapan; 4 — saqllovchi klapan; 5 — bak; 6 — suyuqlik; 7 — nazorat qilinayotgan buyum; 8 — bosimni pasaytirish ventili.

Keyin buyumga havoning 1—10% ammiak bilan eritmasi beriladi. Qog'oz 1—15 minut tutib turiladi. Ammiak parron nuqsonlar orqali kirib qog'ozda sizish joylarida qora yoki binafsha rang dog'lar qoldiradi.

Sinov moddasi sifatida CO_2 dan foydalanilganda chokning tashqi yuzasiga qog'oz tasma o'rniga quyidagi tarkibli indikator massa qoplanadi (mas. q. da): distillyat — 40, agar-agar — 1, fenoltalein — 0,15, suvsiz soda — 0,01. Sizish joylari massaning to'q qizil fonidagi rangsiz dog'lar ko'rinishida namoyon bo'ladi.

Zichlikni *gaz-luminessent usulida* nazorat qilish juda texnologiya-bopdir. Idish tuzsizlantirilgan sinov gazi, masalan CO_2 va ammiak bilan to'yingan suv bilan to'ldiriladi. Tekshirilayotgan buyumning tashqi yuzasiga shimiluvchi indikator qoplama surtiladi, qoplamaning tarkibida sinov gazi bilan to'qnash kelganda yangi indikatorni hosil qiluvchi kimyoviy moddalar bor bo'lib, bu indikator ultrabinafsha rang nurlanishda fluoressensiyalanadi.

Kompression nazorat usullarining eng oddiysi *manometrik usuldir*. Mazkur usul idishning zichligi buzilganda uning ichida sodir bo'luvchi bosim o'zgarishini manometrlar yordamida muayyan vaqt mobaynida qayd qilishdan iborat. Usul zichlikning taxminiy bahosini beradi, ammo bosim ostida ishlaydigan foydalanilayotgan uskunlarni hech qanday qo'shimcha operatsiyalarsiz vaqt-vaqtida tekshirib turish uchun qo'llanilishi mumkin.

Buyumlarning zichligini nazorat qilish amaliyotida yuqorida aytilgan usullar bilan aniqlash mumkin bo'lganlaridan ancha kichik sizishni aniqlashga to'g'ri keladi. Bunday nuqsonlar galoid va geliy sizishini izlash orqali aniqlanadi.

Galoid bilan izlash usulida sinov gazi sifatida freon-12 (ftorning galoidli elementi asosidagi kimyoviy birikma)dan foydalaniladi. Uning kirib borish qobiliyati yuqoridir. Sizishni galoid bilan izlashda indikator vazifasini elektron asbob o'taydi. Uning tarkibida platina diod ko'rinishidagi sezgir element bor bo'lib, elementning zondi va kollektori 800—900°C gacha qizdirilgan va bir-biridan havo yoki vakuumdan iborat oraliq bilan ajratilgan bo'ladi.

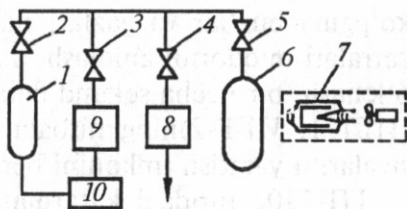
Ana shu oraliqqa freon molekullari tushganda diod orqali o'tayotgan elektr toki keskin ortadi, buni strelkali asbob qayd kiladi. Sanoatda ГТИ-6 va БГТИ-5 turidagi galoid bilan sizishni izlagichlar ishlab chiqariladi, ular bir-biridan konstruksion ijrosi bilan farq qiladi. Keyingi paytda freonni kimyoviy reaksiyalar, masalan, ammiak bilan reaksiyaga kirishishi natijasida uning parchalanish mahsullari bo'yicha indikatsiyalashning sezgirroq usullari qo'llanilayotir.

ГТИ-6 turidagi sizishni izlagich atmosfera sharoitida ishlash uchun mo'ljallangan datchigi bo'lgan chiqarma shchupdan va strelkali asbobi hamda tovush indikator-telfoni bo'lgan o'lchash blokidan tuzilgan. Asbobda asosiy atmosfera datchigidan tashqari, vakuum datchigi, oqimi rostlanadigan chiqarma puflagich va qayd qiluvchi blok bor.

БТИ-5 turidagi sizishni izlagich akkumulatorlar batareyasidan avtonom ravishda ta'minlanadi va uzun buyumlarni montaj va dala sharoitida sinashda juda qulaydir.

Amaliyotda galoid bilan sizishni izlashda odatda shchup usulidan foydalaniladi (8.3-rasm). Tutash idishda freon-12 atmosferasining biroz ortiqcha bosimi hosil qilinadi. Galoid bilan sizishni izlagichning shchupi yordamida buyumning tashqi yuzasi chokning butun uzunligi bo'yicha «hidlab kuriladi». Shchupni chok bo'ylab siljitish tezligi 10—25 mm/s.

Geliy bilan sizishni izlashda sinov moddasi vazifasini molekular massasi kichik va binobarin, juda mayda nozichliklardan kirish qobiliyati yaxshi bo'lgan geliy gazi o'taydi. Gaz mass-spektrometr vositasida indikatsiyalanadi. Sinalayotgan buyumdagi parron nozichliklardan o'tgan geliy $665 \cdot 10^{-6}$ Pa ga teng yuqori vakuum hosil qilingan mass-spektrometrning kamerasiga kelib tushadi. Magnit maydonida turgan kamera jez korpus ichiga joylangan katod, ionizator, diafragma va kollektordan tuzilgan. Mass-spektrometr ga tushayotgan gaz molekularlari qizigan katod emittasiyalayotgan elektronlar oqimi ta'sirida ionlanadi va zaryadli musbat ionlarga aylanadi. 300—400 V kuchlanishli elektron maydoni tezlashtirayotgan ionlar mass-spektrometrning kamerasiga kelib tushadi va magnit maydoni ta'sirida doiraviy harakat trayektoriyasiga ega bo'ladi. Massasiga qarab ionlar turli radiuslarda harakatlanadi. Ionlarning harakat yo'lida joylashgan diafragmalar faqat geliy ionlarini ajratib chiqaradi, bu ionlar kollektorga kelib tushadi. Bunda ion toki kuchayadi, buni milliampermetr va



8.3-rasm. Nazorat qilinadigan buyumni toza freon bilan to'ldirgan holda zichligini shchup usulida galoid bilan nazoart qilish sxemasi: 1 — freonli ballon; 2—5 — ventillar; 6 — nazorat qilinayotgan buyum; 7 — galogen bilan sizishni izlashda ishlatiladigan atmosfera datchigi bo'lgan shchup; 8 — mexanik vakkum nasosi; 9 — kompressor; 10 — kondensator.

tovush indikator (sirena bilan) qayd qiladi. Mass-spektrometr nazorat qilayotgan buyumdagi nozichliklar orqali o'tib, asbobga tushgan juda ham kam miqdordagi geliy atomlarini qayd qilish imkonini beradi. Zichlikni geliyli shchup bilan nazorat qilish sezgirliги 10^{-6} mm³ MPa/sek ga yetadi.

Sanoatda mass-spektrometrik geliy bilan sizishni izlagichlarning bir necha turi ishlab chiqariladi. Ular asosan vakuumli so'rilma tizim, mass-spektrometrik analizator (mass-spektrometr) va elektron blokdan tashkil topadi. Sezgirliги (qayd qiladigan eng kam geliy oqimi) $6,5 \cdot 10^{-9}$ mm³ MPa/sek bo'lgan ПТИ-7A turidagi ko'chma sizishni izlagich eng ko'p ishlatiladi. Sizishni izlagichning vakuumli tizimi mexanik (BH-461M) va bug'-moyda ishlaydigan (HBO-40M) nasoslardan suyuq azot bilan sovitiladigan tutkich va ventillardan tuzilgan. Tutkich moy bug'lari nasosdan press-spekrometr kamerasiga o'tishiga to'sqinlik qiladi. Hozirgi vaqtda sezgirliги anchagina yuqori bo'lgan geliy bilan sizishni izlagichlar (ПТИ-10)dan tobora keng foydalanilmoqda. Unda elektron avtomatik potensiometr ga chiqish simi bor. Sizishni izlagich kalibrlangan geliy sizmalari bilan ta'minlangan bo'lib, ular uni sozlash uchun xizmat qiladi.

Gazli infraqizil sizishni izlagichlarning kelajagi porloqdir. Ularda tahlil qilinadigan komponent infraqizil nurlanishining tanlab yutilishiga asoslangan gazlarni indikatsiyalash usullaridan foydalaniladi. Har xil gazlarning yutilish infraqizil spektrlarining o'ziga xosliги selektiv priyomniklardan foydalanib usulning yuqori darajada sezgirliги va tanlovchanliğini ta'minlaydi. U juda universaldir, chunki ko'pgina bug'lar va gazlar, masalan azot, karbonat angidrid gazi zarralari miqdorini aniqlash, ana shu miqdorlarning keng doirasida o'lchash, bir necha sekund darajasida tezkorlikka erishish, asboblar (ИГТ-1, ИГТ-2)ning nisbatan oddiy va kichik hajmli konstruksiyalarini yaratish imkonini beradi.

ТП-7102 turidagi **katarometrik (gazoanalitik) sizishni izlagich** sinov gazlari (vodorod, geliy)ning atmosferaga sirqiyotganini indikator muhitning issiqlik o'tkazuvchanliги o'zgarishiga qarab qayd qiladi. U ikkita yelkasiga ikkita sezgir element ulangan Uitson ko'prigi sxemasiga muvofiq yig'ilgan bo'lib, bu elementlar sizishni izlagich datchigi ichida joylashgan. Ulardan biri sizishni nazorat qiladi, ikkinchisi esa taqqoslash elementi hisoblanadi va o'zgarmas tarkibli gaz muhiti bilan qurshalgan bo'ladi.

Nuqsonlardan gaz sirqiganda ortiqcha bosimlarda ultratovush tebranishlari yuzaga keladi, ularni asboblar bilan qayd qilish mumkin.

Ultratovushli sizishni izlagichlarning sezgirliги nisbatan kichik bo'lib, ulardan, masalan, magistral asosiy gaz quvurlaridagi sirqish joylarini aniqlashda foydalaniladi.

8.4. VAKUUM BO'YICHA IZLASH USULLARI

Vakuum bo'yicha sizishni izlash usuli nazorat qilinadigan buyumning tutash hajmida vakuumning pasayishini yoki ana shu hajmda paydo bo'lgan sinov gazi molekulalarini qayd qilishga asoslangan. Vakuum bo'yicha izlash usulining sezgirligiga buyum bo'shlig'ining kir, moylar va hokazolardan tozalanganlik darajasi kuchli ta'sir qiladi. Nazorat qilishdan oldin buyumning yuzasi erituvchilar bilan bir necha marta yuviladi va artiladi, ayrim hollarda esa yaltiraguncha silliqiladi.

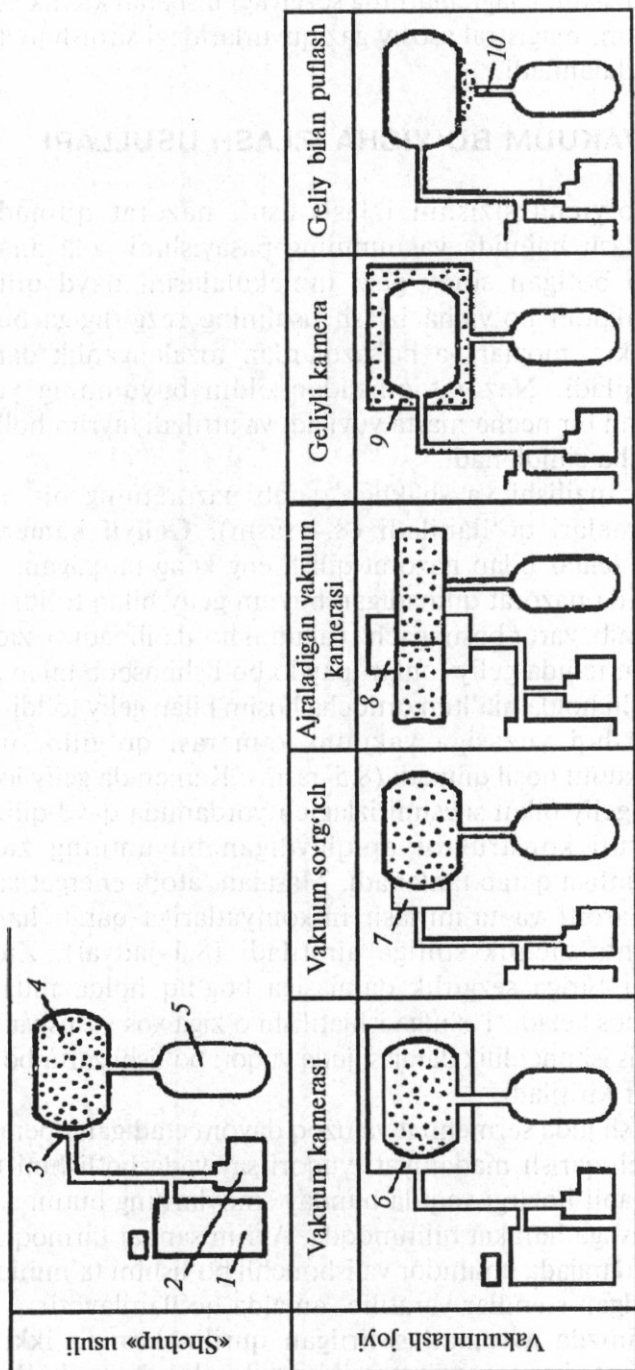
Buyumning tuzilishi va shakliga qarab nazoratning bir necha prinsipial sxemalari qo'llaniladi (8.4-rasm). **Geliyli kamera va vakuumli so'rg'ichlar** bilan nazorat qilish eng keng tarqalgan.

Birinchi holda nazorat qilinadigan buyum geliy bilan to'ldirilgan kameraga joylanib, zarur bosimgacha vakuum hosil qilinadi va zichligi buzilgan buyum ichida geliy ionlari paydo bo'lishi asbob bilan qayd qilinadi. Ikkinchi holda ma'lum ortiqcha bosim bilan geliy to'ldirilgan buyumning tashqi yuzasiga vakuum kamerasi qo'yilib, uning bo'shlig'ida vakuum hosil qilinadi (8.5-rasm). Kamerada geliy ionlari paydo bo'lishi geliy bilan sizishni izlagich yordamida qayd qilinadi.

Nazorat usuli konstruktor aniqlaydigan buyumning zichlik (germetiklik) sinfiga qarab tanlanadi. Masalan, atom energetikasida foydalanish sharoiti va ta'mirlash imkoniyatlariga qarab hamma uskunalar beshta zichlik sinfiga ajratiladi (8.1-jadval). Zichlik sinflarining har biriga sezgirlik darajasiga bog'liq holda muayyan sinov usullari mos keladi. 1-sinfga ishlatilishi o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgani bois ishonchlilik darajasi juda yuqori bo'lishi zarur bo'lgan muhim detallar kiritiladi.

Sizishni izlash juda sermehnat va uzoq davom etadigan operatsiya bo'lib, ishlab chiqarish madaniyati yuqori saviyada bo'lishini talab qiladi. Shu sababli hozirgi vaqtda bunday sinovlarning butun siklini avtomatlashtirishga harakat qilinmoqda. Ayrim sanoat tarmoqlarida nazorat yuqori darajada unumdor va ishonchli bo'lishini ta'minlovchi avtomatlashtirilgan stendlar yaratilib, amalda qo'llanilayotir.

Mamalakatimizda avtomatlashtirilgan qurilmalarning ikki turi mass-spektrometrik va manometrik qurilmalar keng ko'lamda



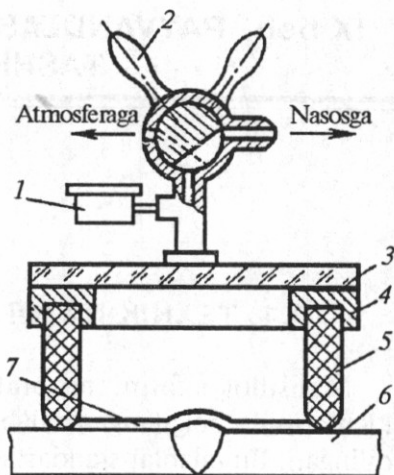
8.4-rasm. Vakuum yordamida sizishni izlashning prinsipial sxemalari:

1 — sizishni izlagich; 2 — qo'shimcha so'rish tizimi; 3 — shchup; 4 — nazorat qilinayotgan buyum; 5 — sinov noddasi (gaz) solingan ballon; 6—8 — vakuum kamerali, so'rg'ichlar va ajraladigan kamera; 9 — geliyli kamera; 10 — puflash to'pponchasi.

qo'llaniladi. Bunday qurilmalar o'lchash majmuyi, shu jumladan sizishni izlagich, dastur bloki, yaroqsizga (brakka) chiqarish uzeli, yuklash qurilmasi va boshqalardan tashkil topadi. Masalan, avtomatlashtirilgan mass-spektrometrik YKGM-2 qurilmasining unumdorligi soatiga 3000 tagacha mayda detallarga etadi. Manometrik qurilmalar tuzilishiga ko'ra oddiyroq hisoblanadi. Zavod sharoitida siqilgan havo magistrali mavjudligi, kamyob bo'lmagan standart pnevmatik boshqarish apparatlaridan foydalanish mumkinligi ularidan foydalanishni osonlashtiradi. Mazkur qurilmalar oziq-ovqat, avtomobil, mashinasozlik sanoatida keng tarqalgan.

Yuqori unumli avtomatlashtirilgan qurilmalar buyumlarning zichligini nazorat qilish uchun yangi usullar va asboblarni yaratilishini talab qiladi.

Lazerli gazoanalitik usullar, golografik interferometriya, elektron ushlar detektorlari, yupqa plyonkali yarim o'tkazgichli detektorlar va boshqalardan foydalanilmoqda.



8.5-rasm. Zichlikni vakuum kamerasi yordamida nazorat qilish sxemasi:

1 — vakuummetr; 2 — uch yo'lli jo'mrak (ikki holatda); 3 — organik shisha; 4 — metall ramka; 5 — g'ovak-g'ovak rezinka-zichlama; 6 — nazorat qilinayotgan, payvand birikma; 7 — ko'pik hosil qiluvchi modda pardasi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Germetiklikni (zichlikni) nazorat qilishning asosiy usullarini ayting.
2. Usullarning sezgirlikni foydalaniladigan sinov moddalari va indikatorlarga bog'liq holda o'zaro taqqoslang.

IX bob. PAYVANDLASHNI NAZORAT QILISHNING TASHKIL ETILISHI

9.1. TEXNIK NAZORAT TURLARINING TASNIFI

Mahsulot sifatini nazorat qilish deganda mahsulot ko'rsatkichlarining belgilangan talablarga javob berishini tushunish qabul qilingan. Bu talablar standartlar, chizmalar, texnik shartlar, yetkazib berish haqidagi shartnomalarda, buyum pasporti va boshqa me'yoriy hujjatlarda qayd etilishi mumkin. Hozirgi vaqtda korxonalarda sifatni nazorat qilishning turli xillari qo'llaniladi. Ular bir-biridan bajarish usuli, ishlab chiqarish jarayonidagi o'rni, nazorat qilinadigan mahsulotni qamrash ko'lami va boshqa belgilari bilan farq qiladi. Ishlab chiqarishning biron-bir bosqichida nazoratning amalga oshirilish joyiga qarab uning quyidagi turlari farq qilinadi.

Kirish nazorati — iste'molchi tomonidan unga boshqa korxonalar va bo'linmalardan keltirilayotgan boshlang'ich asosiy va payvandlash materiallari, butlovchi buyumlarning nazorat qilinishi. Kirish nazorati yetkazib beruvchining xatolari tufali nuqsonlar paydo bo'lishining oldini olishga, kelayotgan materiallar to'g'risida xolis axborot to'plash va boshlang'ich materiallar sifatiga qo'shimcha talablarni ta'riflashga imkon beradi.

Operatsion nazorat — payvandlash texnologik jarayonini nazorat qilish bo'lib, muayyan operatsiya bajarilgandan so'ng amalga oshiriladi (payvandlashga tayyorlashni nazorat qilish, chokni payvandlash uchun yig'ishni nazorat qilish va h.). Operatsion nazoratning eng ilg'or turi aktiv nazorat bo'lib, bevosita mahsulot tayyorlash jarayonida, texnologik uskuna ichiga o'rnatilgan o'lchash asboblari yordamida olib boriladi. Aktiv nazorat asboblari nazorat qilinayotgan parametrlarning qiymati haqidagi ma'lumotlarni uzluksiz uzatib turadi, mahsulot tayyorlash jarayonini avtomatik boshqarish uchun datchik sifatida foydalaniladi. Aktiv nazoratning qo'llanilishi mahsulot sifatini ancha oshirish hamda nazorat natijalariga subyektiv omillar ta'sirini yo'qotishga imkon beradi. Qaytar bog'lanishli aktiv nazoratga quyidagi

misol bo'la oladi: quvurlar uchlarini kontakt usulida payvandlash, bunda tok, kuchlanish va cho'kish qiymatiga qarab birikmaning sifati haqida fikr yuritiladi; plastmassa va metallarni ultratovush usulida payvandlash, bunda bosim rostlanadigan parametr hisoblanadi; simning erish tezligi bo'yicha flyus ostida avtomatik payvandlash va hokazo.

Qabul qilib olishdagi nazorat — payvand birikma tayyorlashdagi hamma texnologik operatsiyalar bajarib bo'lingandan keyin tayyor bo'lgan birikmani nazorat qilish. Bunday nazorat natijalariga ko'ra konstruksiyaning foydalanishga yaroqligi haqidagi qaror qabul qilinadi. Ayni nazorat butun payvand birikma tayyorlash texnologik jarayonining oxirgi muhim operatsiyasi hisoblanadi.

Buyumning payvand birikmalarini tekshirish hajmiga qarab kirish, operatsion va qabul qilib olishdagi nazoratlar yoppasiga yoki tanlama bo'lishi mumkin. Nazorat qilinayotgan mahsulotning sifati haqidagi qaror bajarilgan choklarni tekshirishning 100% natijalariga ko'ra qabul qilinadigan nazorat yoppasiga nazorat deyiladi. U ko'pincha murakkab sharoitda ishlaydigan muhim konstruksiyalarni nazorat qilishda qo'llaniladi. Mazkur nazorat, eng muhim operatsiyalari: nuqsonlarni izlash, qayd qilish va rasshifrofka qilish ishlari avtomatlashtirilgan, ko'plab ishlab chiqariladigan bir turdagi mahsulotlarni tekshirish uchun samaralidir. Qo'lda nazorat qilishda uning natijalariga subyektiv omillar, xususan, toliqish, diqqat-e'tibor, ko'rish quvvati va hokazolar ancha ta'sir qiladi. Ayrim hollarda, yoppasiga nazoratdan foydalanish iqtisodiy jihatdan samarasizdir (payvand choklar juda uzun bo'lganda) yoki imkoni yo'qdir (buzuvchi sinovlarda).

Ishlab chiqarishda ko'pincha **tanlama nazoratdan** foydalaniladi, bunda payvand birikmaning sifati haqidagi qaror mahsulotning tanlangan muayyan hajmini tekshirish natijalariga qarab qabul qilinadi. Payvandlash sohasida faqat qattiq nazorat rejaları qo'llaniladi, bunda tanlash hajmi payvandlab yasalgan buyumlar turkumi hajmining muayyan foizida me'yorlar bilan beriladi. Bunday me'yorlar texnologik jarayon sifatiga va turkumning katta-kichikligiga bog'liq bo'lmaydi. Masalan, ayrim kemalarning korpus konstruksiyalari uchun tanlash hajmi nazorat qoidalariga ko'ra: birinchi toifadagi choklar uchun uzunligining 20%, ikkinchi toifadagilar uchun 5%, uchinchi toifadagilar uchun 3% ini tashkil etadi. Tanlash hajmini foizda berish statistik asoslangan qaror bo'lib hisoblanmaydi. Bundan tashqari, payvandlash sohasida mahsulotning tanlanadigan hajmi «ataylab»

belgilanadi. Bunday tanlashda nazorat qilinadigan qismlar nuqsonli birliklarni tanlash ehtimoli kamayishi yoki ortishiga olib keladigan muayyan yo'nalish bilan belgilanadi. Masalan, chizmalarga yoki TNB ko'rsatmalariga binoan choklarning hamma kesishgan joylari yoki qiyin sharoitda payvandlangan choklar yorug'lik yoxud tovush yordamida tekshirib ko'riladi.

Payvandlash ishlab chiqarishida muqobil yoki statistik belgiga ko'ra statistik nazorat rejalari eng maqsadga muvofiq hisoblanadi. Birinchi holda tanlash hajmi maqbul va yaroqsizga chiqarish sifat darajalari qiymatlari bilan, ikkinchi holda esa nazorat qilinayotgan parametr (vaqt bo'yicha qarshilik, qattqlik, plastiklik va boshqalar)ning barqarorligi bilan aniqlanadi. Muqobil belgiga ko'ra tanlama nazoratdan buzilmaydigan sinovlarda, statistik belgiga ko'ra nazoratdan esa buzadigan sinovlarda foydalangan ma'qul.

Tanlama nazorat natijalarini tahlil qilish uchun matematik statistika usullari qo'llaniladi, ular tanlab olingan cheklangan miqdordagi hajmlarni tekshirish asosida buyumlar turkumining sifati haqida yoki texnologik jarayonning holati to'g'risida zarur aniqlik bilan fikr yuritish imkonini beradi. Bunday nazorat usullari *statistik usullar* deb ataladi.

9.2. NAZORAT XIZMATLARINING VAZIFALARI VA TUZILMASI

Me'yoriy sifat darajasini ta'minlashga qaratilgan texnik va ma'muriy chora-tadbirlar tizimi mahsulot sifatini nazorat qilishni tashkil etish deyiladi. Hozirgi paytda nazorat xizmatlari asosiy e'tiborini nazoratning qabul qilish vazifalariga qaratmoqda.

Agar payvandchilarning asosiy vazifasi bevosita konstruksiyalar tayyorlashdan, nazoratchilarning vazifasi esa konstruksiyalarning yaroqliligini aniqlashdan iborat deb hisoblansa, u holda bunday holatda choklarda nuqsonlarning bo'lishi oddiy hol deb qaraladi, chunki payvandlash sifatini nuqsonlarni tahlil qilish u yoqda tursin, ko'pincha hamma nuqsonlarni aniqlash imkoniyatlariga ega bo'lmagan nazoratchi operator aniqlaydi. Shunday qilib nazoratchilar bilan texnologlar orasida ta'sirchan faol qaytar bog'lanish (aloqa) bo'lmaydi. Bunday aloqaning o'rnatilishi payvandlash ishlarining sifati va samaradorligini yanada oshirishning muhim omili hisoblanadi.

Shu munosabat bilan nazorat xizmatlari oldida shunday vazifalar turishi kerakki, ularning bajarilishi yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarilishiga yordam beradigan bo'lsin. Bu vazifalar quyidagilardan iborat:

1. Keltirilayotgan xomashyo, materiallar, yarim tayyor mahsulotlar, butlovchi buyumlarning kirish nazoratini amalga oshirish; yetkazib beruvchi korxonalar mahsulotlarining sifati barqarorligi haqida axborot to'plash; yetkazib beruvchilarga nisbatan tegishli reklamatsiyalarni rasmiylashtirish.

2. Qabul qilib olishdagi nazoratning hamma turlarini amalga oshirish — tayyor mahsulotlar sifatini konstruktorlik hujjatlari hamda standartlar talablariga muvofiq nazorat qilish, qabul qilib olingan va yaroqsizga chiqarilgan mahsulotlarni tamg'alah va buni tegishli hujjatlar bilan rasmiylashtirish.

3. Mahsulot tayyorlash jarayonini doim nazorat qilib borish.

4. Bir qator maxsus nazorat operatsiyalarini amalga oshirish (xomashyoning saqlanishini inspeksion nazorat qilish, o'rovi va konservatsiyasini nazorat qilish, markirovkasi borligini tekshirish).

5. Me'yoriy-texnik hujjatlarga qat'iy amal qilinishini ta'minlash.

6. Taqdirlash va qo'shimcha haq to'lash tizimini joriy qilish orqali ishga vijdonan munosabatda bo'lish rivojlanishiga ko'maklashish.

Bulardan tashqari, nazorat xizmatlarining birinchi darajali vazifalari mahsulot sifatini boshqarishga doir tashkiliy-tadqiqot ishlarini olib borishdan iborat, xususan:

1. Ishlab chiqarishning turli bosqichlarida aniqlangan nuqsonlarni statistik tahlil qilish.

2. Brak sabablarini tahlil qilish va uni bartaraf qilish chora-tadbirlarini ishlab chiqish.

3. Mahsulot sifatini oshirish uchun belgilangan chora-tadbirlar o'z vaqtida bajarilishini nazorat qilish.

Yuqorida aytilgan vazifalarni korxonalarda amalga oshirishdagi asosiy yumushlar texnik nazorat bo'limi (TNB) zimmasiga yuklanadi, u korxonaning mustaqil bo'linmasi hisoblanadi. TNB boshlig'i bevosita korxona rahbariga bo'ysunadi. TNB tarkibiga sexning texnik nazorat byurosi (TNBr), sinovlar va fizik nazorat usullari laboratoriyalari, inspeksion va kirish nazorati guruhlar, texnik byuro kiradi. Hozirgi vaqtda yirik korxonalarda fizik nazorat usullarini amalga oshiruvchi mustaqil bo'linmalar — buzmaydigan nazorat usullari bo'limlari (BNUB) tashkil etilmoqda. Sifatning kirish nazoratini moddiy-texnik ta'minot xizmati tizimida ishlaydigan, maxsus

ajratilgan nazoratchilar guruhi amalga oshiradi. Bu guruh keltirilayotgan materiallar, yarim tayyor mahsulotlar va butlovchi buyumlar na'munalarini tanlab oladi, zarur ko'zdan kechirish hamda o'lchash ishlarini olib boradi, yetkazib beruvchilar mahsulotlarining standartlar va texnik shartlar talablariga javob berishini aniqlash uchun o'tkaziladigan sinovlarda qatnashadi.

TNByu sexdan sifatli mahsulotlar chiqarilishini nazorat qiladi va qabul qilib olingan mahsulotlarga ularning yaroqliligini tasdiqlovchi hujjatlarni rasmiylashtiradi, texnologik jarayonlarga amal qilinayotganini inspeksion nazorat qiladi va mahsulot sifatini ish o'rinlarida nazorat qiladi (tezkor nazorat), shuningdek uskuna hamda jihozlarning o'z vaqtida tekshirilishini nazorat qiladi. TNBr da qo'llaniladigan nazoratning tashkiliy shakllari har xil bo'lishi mumkin va muayyan ishlab chiqarish hamda uning ko'lamlariga, mahsulot turi va boshqa omillarga bog'liq bo'ladi. Payvandlash ishlab chiqarishida nazoratni tashkil qilishning eng keng tarqalgan turlari quyidagilardir:

1. O'zgaruvchi nazorat — mahsulotni qabul qilib olishdagi yoki operatsion nazorat bo'lib, nazorat joyiga olib kelinadigan maxsus (defektoskopik) uskuna bilan amalga oshiriladi. Bunday nazorat tashish qiyin bo'lgan yoki mumkin bo'lmagan juda katta konstruksiyalar (kemalarning korpus konstruksiyalari, atom reaktorlarining korpuslari, qurilish konstruksiyalarining choklari va boshqalar) uchun qo'llaniladi.

2. Turkumlab va ko'plab ishlab chiqarish uchun statsionar nazorat xos bo'lib, u sexdagi maxsus jihozlangan nazorat joyida amalga oshiriladi (quvurlar, klapanlar va hokazolarni nazorat qilish).

3. Tezkor nazorat — oldini olish nazoratining bir turi bo'lib, bunda nazoratchi yoki defektoskopchi-operator vaqt-vaqtida bir necha buyum yoki bo'linmalar sifatini tanlab nazorat qiladi, shuningdek ishchilarning texnologik jarayon talablariga rioya etishlarini nazorat qiladi.

4. Inspeksion nazorat — mahsulot yoki texnologik jarayonni tanlab nazorat qilish bo'lib, operatsion yoxud qabul qilib olishdagi nazoratdan keyin maxsus guruh tomonidan olib boriladi. Ushbu guruh vazifalariga uskunalar, jihozlar, moslamalar, texnologik intizomni har tomonlama tekshirish, shuningdek TNB xizmatlari ishini tekshirish kirishi mumkin. Tekshirish o'tkaziladigan kun oldindan rejalashtirilmasligi va ijrochilari ma'lum qilinmasligi kerak.

9.3. NAZORATNI TASHKIL QILISHNING YANGI SHAKLLARI

Sifatli mahsulot ishlab chiqarilishini ta'minlashning hozirgi bosqichi uchun alohida tarqoq chora-tadbirlarni amalga oshirishdan mahsulot sifatini boshqarishning turli darajalarida izchil tizimlarni ishlab chiqishga va joriy etishga o'tilishi xosdir. Mamlakatimizda va chet elda mahsulot sifatini korxona (firma) ko'lamida boshqarish tizimlarini yaratish jarayoni ayniqsa faol kechmoqda. Mamlakatimizda ham bir qancha ana shunday boshqarish tizimlari va ularning turlari ishlarimoqda.

Sifatni boshqarish tizimining asosiy vazifasi nuqsonsiz mahsulot ishlab chiqarish tizimidir. Tizimning g'oyaviy asosi har bir xodimda bajaradigan ishining sifati uchun shaxsiy mas'uliyat hissini tarbiyalashdan iborat. Bu esa amalda bevosita ijrochi bajargan ishning sifati uchun to'liq javob berishida ifodalanadi. Nuqsonsiz mahsulot tizimini hosil qiluvchi chora-tadbirlar majmuyida yuqori sifatli mahsulot ishlab chiqarishni rag'batlantirishning turli shakllariga katta ahamiyat beriladi. Birinchi galda, mahsulot sifatiga bog'liq holda mukofotlash tizimi ishlab chiqilgan. Birinchi taqdim etishdayoq topshirilgan mahsulot foizi sifatning asosiy o'lchovlaridan biridir.

Yuqorida keltirilgan tizimlar birinchi navbatda mahsulot sifatini statistik nazorat usuli qo'llanilishiga asoslanadi. Sifatni nazorat qilishning mazkur usullari joriy etilishi TNB xizmatlarining tashkil etilishiga qandaydir o'ziga xoslikni kiritadi. Statistik nazorat, agar bu so'zning ma'nosiga chuqur kirib boriladigan bo'lsa, texnologik jarayonning aniqligi va barqarorligini statistik tahlil qilishni, statistik rostdlashni hamda qabul qilib olishdagi statistik nazoratni o'z ichiga oladi. Bu ishlar majmuyini korxonaning hamma xizmatlari, birinchi navbatda bosh muhandis, bosh konstruktor va boshqa xodimlarning kuchi bilan ta'minlash mumkin. Sifatni statistik nazorat qilishda olinadigan axborot tegishli bo'limlarga yetib borishi, u yerlarda to'planishi, tahlil qilinishi hamda ishlab chiqarish jarayoniga tezkorlik bilan va asosli ravishda ta'sir ko'rsatish uchun foydalani-lishi kerak.

Statistik nazoratdan muvaffaqiyatli foydalanayotgan ilg'or mashinasozlik korxonalarining tajribasi statistik nazorat xizmati bevosita bosh muhandisga bo'ysunishi va korxonaning boshqa

xizmatlaridagi statistik nazorat guruhlari ishini birlashtirishi zarurligidan dalolat bermoqda. TNB tarkibida statistik nazorat guruhi tashkil etilmog'i shart, u brak va nuqsonlarning sabablarini tahlil qilib, ularni bartaraf etish hamda oldini olish chora-tadbirlarini ishlab chiqadi. Bunday guruhlar tuzilsa, nazoratchilarga mahsulot sifatini boshqarishda faolroq ishtirok etish imkoniyati yaratiladi.

9.4. MONTAJ SHAROITIDA NAZORAT QILISH XIZMATI

Qurilish maydonchalari va trassalarda sifat dalada sinash laboratoriyalari (DSL) tomonidan nazorat qilinadi. Mazkur laboratoriyalar odatda qurilish yoki montaj boshqarmalariga obyektни qurish vaqtiga xizmat safariga boradi. Ma'muriy jihatdan laboratoriya payvandlash-montaj tresti qoshidagi markaziy dalada sinash laboratoriyasi (MDSL) tarkibiga kiradi. Amaliyotda ko'pincha shunday bo'ladiki, bunda nazorat laboratoriyasi qurilish montaj-payvandlash laboratoriyasi (QMPL) tarkibiga kiradi. Trestlardagi mavjud nazorat xizmati tuzilmasini qulay deb bo'lmaydi.

Payvandlash-montaj trestlari qoshida fizik nazorat usullari laboratoriyasi yoki sektori bo'lishi eng maqsadga muvofiq hisoblandi. Ayni bo'linmaning asosiy vazifalari texnik hujjatlar to'g'ri yuritilishini kuzatish, operatorlar ishini tekshirish va boshqarmalar qoshidagi laboratoriyalarga texnik yordam ko'rsatishdan iborat bo'lmog'i lozim.

Nazorat xizmatlari montaj maydonchalarida ham, zavodlarda ham qabul qilib olish ishlarini bajaribgina qolmasdan, balki, birinchi navbatda, brakning oldini olishlari zarurligini inobatga olib QMPL da yoki trestda statistik nazorat usullari byurosi bo'lishi darkor. Bu byuro axborot yig'ishi, uni ishlashi va tahlil qilishi, brak sabablarini buzmaydigan nazorat natijalariga ko'ra aniqlashi va bu bilan payvandlash sifatini faol boshqarishga ko'maklashishi kerak.

Hozirgi vaqtda qator korxonalarda qurilishda payvandlash sifatini statistik boshqarish xizmati tatbiq etilgan. Bunda payvandlash sifatini boshqarish va nuqsonlar paydo bo'lishining oldini olish ishlari boshlang'ich va payvandlash materiallari sifatini yaxshilash evasiga amalga oshiriladi. Bundan tashqari, payvandlash sifati payvandchilarni ish obyektlariga ularning ishlash qobiliyati va haqiqiy malakasini hisobga olingan holda oqilona qo'yish yo'li bilan boshqariladi. Ayni tizimning joriy etilishi brak miqdorini 2—4 barobar kamaytirish

imkonini berdi. Nazorat xizmatlari o'z oldiga qo'yilgan masalalarni hal etishlari uchun ularga tegishli huquqlar berilmog'i lozim. Masalan, nazorat natijalari salbiy chiqqanda xizmat boshlig'i ishlarni to'xtatib qo'yish va payvandchini ishdan chetlatish, brakka yo'l qo'yan ishchilar hamda MTXga mukofot miqdorini kamaytirish yoki butunlay bermaslik huquqiga ega bo'lishi kerak.

Shuni alohida ta'kidlash kerakki, zavod va montaj sharoitida nazorat qilish chuqur o'ylab tashkil etilganda brakni kamaytirish va oldini olishda juda katta samaradorlikka erishiladi. Masalan, markazlashtirilgan nazorat tizimi nazorat unumdorligini ana shunday markazlashtirish bo'lmagan xizmatlardagiga nisbatan 10—15 barobar oshirish imkonini beradi.

9.5. NAZORATGA OID TEXNIK HUJJATLAR

Nazoratga oid texnik hujjatlarning to'g'ri va aniq yuritilishi mahsulot sifatini oshirishning muhim shartidir. Payvandlash sifatini nazorat qilish hujjatlari davlat standartlariga, sifatni baholashning, yaroqsiz mahsulotni brakka chiqarishning aniq tizimiga rioya etilishini, shuningdek texnologiyaga tezkor hamda faol aralashish imkoniyatini ta'minlamog'i lozim. Hozirgi paytda juda xilma-xil shakllar, bildirishnomalar, xulosalar, daftarlar, bayonnomalar va boshqa nazorat-texnik hujjatlar mavjud. Odatda nazoratga oid hujjatlarda ushbu ma'lumotlar bo'ladi: buyum turi va uni payvandlash usuli; asosiy hamda payvandlash materiallarining tavsifi; nazorat natijalari; mavjud tuzatishlar; payvandchi va nazoratchining ismi sharifi, berilgan texnologik jarayondan joiz chetlanishlar.

Juda xilma-xil nazorat hujjatlarining mavjudligi statistik tahlil qilishni va payvandlash sifatini turli sohalar bo'yicha taqqoslashni ancha qiyinlashtiradi. Shu bois payvandlash sifatini hisobga olishning yagona shakllarini joriy qilish maqsadga muvofiqdir. Ular jumlasiga quyidagilar kiradi:

1. Shakl KV-1, unda uzun chokli buyumlarni payvandlash ishlarini olib borish sharoiti aks ettirilgan, shuningdek radiatsion va ultratovushli nazorat natijalari yozilgan bo'ladi;

2. Shakl KCP-1, unga sifatni tekshirish natijalari payvandlash usullari bo'yicha yozilmog'i kerak;

3. Shakl KCP-2, unda sifatni tahlil qilish natijalari nazorat usullari bo'yicha ko'rsatiladi.

Ishlab chiqarish sharoitiga qarab shakllarga tuzatishlar kiritilmog'i lozim. Bunga shakl KC misol bo'lishi mumkin, unda barcha payvandlash ishlarini bajarish tartibi tushuntirilgan va yaqqol ko'rsatilgan bo'ladi. Undan foydalanilganda payvandlash ishlari daftarini yuritishga hamda buyumni payvandlash va termik ishlov berish uchun maxsus texnik shartlarga hojat qolmaydi.

Yuqorida aytilgan shakllarga binoan statistik tahlil qilish lozim darajadagi sifatni ta'minlamayotgan ishlab chiqarish texnologik operatsiyalarini aniqlash imkonini beradi. Nazorat hujjatlarining to'g'ri va o'z vaqtida rasmiylashtirilishiga mas'uliyat TNB xizmati zimmasiga yuklanadi.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Nazorat xizmatlarini tashkil qilishning mavjud shakllarini ayting.
2. Ko'plab ishlab chiqarishda tashkiliy nazoratning qanday turlari qo'llaniladi?
3. Texnik nazorat xizmatining asosiy vazifalarini ayting.
4. Nazorat xizmatlarini tashkil qilishning yangi shakllarini ayting.

X bob. PAYVANDLASH SIFATINI NAZORAT QILISHDAGI MEHNAT XAVFSIZLIGI

10.1. UMUMIY TALABLAR

Buzmaydigan nazorat ishlarini bajarishga tasdiqlangan dasturga muvofiq o'qigan va mehnat xavfsizligining umumiy hamda maxsus masalalari bo'yicha sinovlardan muvaffaqiyatli o'tgan shaxslar qo'yiladi. Agar ishlar kasbiy zararli sharoit, masalan, ionlovchi nurlanishlar bilan bog'liq bo'lsa, u holda xodimlar tibbiy ko'rikdan o'tishlari va salomatligi haqida ijobiy xulosaga ega bo'lishlari kerak. Ularning sog'lig'i har yili tekshirib turilmog'i lozim. Noqulay joylarda va balandlikda ishlashda mamlakatda va ushbu korxonada amal qiladigan xavfsizlik qoidalari hamda yo'riqnomalarga rioya etilishi zarur. Nazorat qilish paytida nazorat qilinayotgan buyumlarning, defektoskopik uskunalarning turg'un holatda turishi hamda operator uchun qulay sharoit ta'minlanmog'i darkor. Balandlikda nazorat qilish uchun ish o'rnida, nazorat qilinayotgan buyumning istalgan nuqtasiga yaqinlashish qulay bo'lishini ta'minlovchi ko'priklari yoki havozalar qurilishi kerak. Defektoskopchi operator balandlikda bosh kiyimni kiyib ishlashi va ehtiyot kamaridan foydalanishi lozim. Nazorat olib boriladigan xonalar amaldagi sanoat korxonalarini loyihalash me'yorlari va qoidalariga javob bermog'i zarur.

10.2. ELEKTR XAVFSIZLIGI QOIDALARI

Buzmaydigan nazorat vositalarining aksariyati (defektoskoplar, qurilmalar, asboblari, mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish vositalari) ish jarayonida to'liq yoki qisman kuchlanish ostida bo'ladi. Shu sababli ularni ishlatish vaqtida amaldagi «Iste'molchilarning elektr qurilmalaridan texnik foydalanish qoidalari», «Iste'molchilarning elektr qurilmalaridan foydalanishdagi xavfsizlik texnikasi qoidalari» ga qat'iy amal qilinmog'i lozim.

1000 V dan ortiq kuchlanishdan foydalaniladigan uskunalari bilan bajariladigan ishlar eng xatarli ishlar guruhiga kiradi. Eng avvalo bu

rentgen trubkasiga 10—400 kV va bundan katta kuchlanish uzatiladigan rentgen apparatlariga xizmat ko'rsatish ishlaridir. Ana shu qurilmalarga xizmat ko'rsatish uchun jalb qilinadigan xodimlar ularni belgilangan tartibda ishlatish yuzasidan ishlab chiqarish ta'limini o'tashlari va imtihonlarni muvaffaqiyatli topshirganlardan keyin tegishli guvohnoma olishlari kerak. Guvohnomada ularga xodimlarning malaka guruhiga muvofiq xavfsizlik texnikasidan berilgan malakasi ko'rsatilmog'i lozim.

Ishlab chiqariladigan barcha defektoskopik qurilmalar va asboblardagi izolatsiyalanmagan tok o'tkazuvchi qismlar har qanday kuchlanishda ham tasodifan tegib ketishdan himoyalangan bo'lishi zarur. Izolatsiyalanmagan simlar va elektr sxemalari korpuslar bilan to'silmog'i darkor. Qurilma va asboblarning korpuslari majburiy ravishda yerga ulanishi kerak. Rentgen apparatlarida 1000 V dan katta kuchlanishli zanjirlar mavjud bo'lib, bu kuchlanish rentgen trubkalariga uzatiladi. Ularni almashtirishda, shuningdek elektr sig'implari bo'lgan apparatlarni ko'zdan kechirish va oldini olish maqsadida ta'mirlashda tok uzib qo'yilib, sig'implardagi qoldiq zaryad ularni yerga ulagichga zaryadsizlagan holda yo'qotilmog'i lozim. Rentgen apparatlarini boshqarish pultlari oldiga izolatsiyalovchi rezinka poyandozlar to'shalishi zarur.

Elektr qurilmalarining nosozligi va tok o'tkazuvchi qismlarning izolatsiyasi shikastlanishi tufayli o'tkazgichlar o'ta qizishi hamda uchqunlanish yuzaga kelishi mumkin, bu esa yonib ketishga sabab bo'ladi. Elektr qurilmalaridagi yong'inni o'chirishdan oldin ular tarmoqdan uzib qo'yilmog'i darkor. Uncha katta bo'lmagan alanga karbonat kislotali o't o'chirgichlar bilan o'chirilishi mumkin. Bunday o't o'chirgichlar bilan yonayotgan, kuchlanish ostida bo'lgan elektr qurilmalarini ham o'chirsa bo'ladi, chunki karbonat angidrid elektr tokini o'tkazmaydi. Ishlarni bajarish chog'ida amaldagi «Sanoat korxonalarini uchun yong'in xavfsizligining namunaviy qoidalari»ga, shuningdek tarmoq yong'in xavfsizligi qoidalariga muvofiq yong'in xavfsizligi ta'minlanishi kerak.

10.3. ULTRATOVUSHLI DEFEKTOSKOPIYADAGI XAVFSIZLIK TALABLARI

Ultratovushli defektoskoplar, asboblarning va qurilmalar bilan ishlayotganda barcha elektr xavfsizligi qoidalariga amal qilinmog'i hamda yuqorida bayon etilgan talablar bajarilmog'i lozim. Idishlar

ichidagi nazorat 12 V kuchlanishdan ta'minlanuvchi defektoskoplar bilangina amalga oshiriladi. Defektoskopni har gal ishga tushirishdan oldin operator asbob kamida $2,5 \text{ mm}^2$ kesimli mis sim vositasida yerga ishonchli ulanganligiga ishonch hosil qilishi zarur. Defektoskoplar kam yuklangan elektr liniyalariga (yoritish tarmoqlariga) ulanmog'i darkor. Bunday imkoniyat bo'lmaganda esa defektoskop tarmoqqa stabilizator orqali ulanishi kerak. Ish o'rnida rozetkalar bo'lmaganda defektoskopni elektr tarmog'iga ulash va uzish ishlarini navbatchi elektrik bajarmog'i lozim. Operatorlarning olinadigan mexanizmlar tagida, noturg'un konstruksiyalar ustida va defektoskoplarni elektr bilan ta'minlovchi simlar shikastlangan bo'lishi mumkin bo'lgan joylarda ishlashi qat'iy tanqiqlanadi. Nazorat qilish jarayonida defektoskopni ochish va ta'mirlash man etiladi. Operator foydalanadigan jihozlar, maydonlar, artish materiallari, latta-puttalar metall qutilarda saqlanishi zarur. Nazorat joylari amaldagi sanoat korxonalarini loyihalashning sanitariya me'yorlari (CH 245-71) ga muvofiq tashkil etilmog'i darkor. Epoksidli smolalar qo'llaniladigan ishlar amaldagi «Epoksidli smolalar bilan ishlagandagi sanitariya qoidolari» ga muvofiq bajarilishi kerak.

Nazorat joyi payvandlash postidan yiroqda va nur energiyasi tushishidan himoyalangan bo'lmog'i lozim. Nazorat qilinayotgan konstruksiyada defektoskopiya amalga oshirilayotgan vaqtda tebranishga sabab bo'ladigan mexanik ishlar bajarilmasligi zarur. Kunduzi yoki kuchli sun'iy yorug'likda ochiq joyda nazorat qilishda defektoskop ekranini qorong'ilashtirish choralari ko'rilmog'i darkor. Ultratovush bilan nazorat qiladigan MTX va operatorlarning zarur ish sharoitini yaratishga doir talablari ma'muriyat tomonidan majburiy tartibda bajarilishi kerak.

10.4. RADIATION DEFLEKTSKOPIYADAGI XAVFSIZLIK TALABLARI

Radiatsion deflektoskopiyanı amalga oshırırsh paytıda ionlovchi nurlanırshdan himoyalanırsh chora-tadbırлары ko'rılmog'i lozim. Ionlovchi nurlanırsh tırık opganızmgա ta'sır qılar ekan to'qıma hujayralarıda maxsus kımıyovıy va bıologık jarayonları keltırırb chıqaradı va agar, tegırshlıcha hımoya yaratılmasa, opganızmg turlı darajada shıkastlanırshı mımkın. Radıatsıon deflektoskopiya dagı xavfsızlık talabları amaldagı «Radıoaklıv moddalar va ionlovchi

nurlanish manbalari bilan ishlashning asosiy sanitariya qoidalari» (ОСН-72) ga hamda «Radiatsion xavfsizlik me'yorlari» (HPБ-69) ga rioya qilish orqali bajariladi.

HPБ-69 ga muvofiq chekli joiz nurlanish dozalari va doza chegaralari belgilangan. Chekli joiz doza (ChJD) deb, xodimlar nurlanishining yillik miqdorini aytiladi. Bu doza 50 yil mobaynida bir tekis to'planib borganda ishchining o'zining va avlodlarining sog'lig'ida noxush o'zgarishlarni keltirib chiqarmaydi.

Aholi ichidan ayrim shaxslarning joiz yillik o'rtacha nurlanish darajasi dozaning chegarasi deb ataladi, u tashqi nurlanishning o'rtacha dozalari, radioaktiv chiqindilar va tashqi muhit obyektlari bilan radioaktiv ifloslangan darajasi bo'yicha nazorat qilinadi. Amaldagi me'yorlar va qoidalarga ko'ra, nurlanadigan shaxslarning quyidagi toifalari belgilangan: A toifa — xodimlar, B toifa — aholining ayrim shaxslari va D toifa — umuman aholi.

B toifaga A toifadagi xodimlar ishlaydigan xonalar bilan yonmayon joylashgan xonalarda ishlovchi shaxslar, shuningdek korxonaning sanitariya-himoya zonasida turgan yoki sanoat korxonalari atrofida joylashgan, kuzatib boriladigan hududda yashovchi shaxslar kiradi. Butun organizm uchun A toifadagi xodimlarning chekli joiz nurlanish dozasi 5 ber/yilga, D toifadagi shaxslar uchun doza chegarasi 0,5 ber/yil ga teng. Ber (rentgenning biologik ekvivalenti) deb 1 g to'qimaga singigan energiyaning shunday miqdorini aytiladiki, bunda singigan 1 rad rentgen va γ -nurlanish dozasida kuzatiladigan ekvivalent biologik effekt kuzatiladi. Rad — 1 g istalgan moddaga singigan 100 erg energiyaning tizimdan tashqari birligi.

A toifadagi kishilar ichidan ikki guruh shaxslar ajratib ko'rsatilgan: 1 — nurlanish dozalari yillik ChJD ning 0,3 qismidan ortib ketishi mumkin bo'lgan sharoitda ishlaydigan shaxslar; 2 — nurlanish dozalari ChJD ning 0,3 qismidan oshmaydigan sharoitda ishlovchi shaxslar. 2 — guruhga sanitariya-himoya zonasida ishlaydigan katta yoshdagi odamlar, shuningdek nazorat qilinadigan zonaga vaqt-vaqtida kelib turadigan kishilar kiradi. Bu shaxslar uchun, nazorat qilinadigan zonada ishlaydigan kishilardan farqli o'laroq, yakka tartibdagi dozimetrik nazorat va maxsus tibbiy kuzatuv talab qilinmaydi.

Falokat (nosozlik) yuz berganda tashqi nurlanishni va odam organizmiga radioaktiv moddalar kirishini kamaytirish uchun hamma amaliy chora-tadbirlar ko'rilmog'i zarur. Zararsizlantirishning yuksak samaradorligini ta'minlash radioaktiv manbalarni saqlashga gamma qurilmalarni zaryadlash hamda qayta zaryadlashga mo'ljallangan

xonalar devorlari moybo'yoq yoki boshqa moy yig'uvchi material bilan qoplanadi. Bu xonalarning poliga plastik yoki linoleum qoplanadi.

Radioaktiv moddalar ishlatiladigan korxonalar va qurilish maydonchalarida falokat natijasida xodimlarning nurlanishi hamda tashqi muhitning ifloslanishi bilan bog'liq falokat va yong'inlarni bartaraf etish yuzasidan yo'riqnoma ishlab chiqilib, mahalliy Sanepidxizmat (SES) va Davyong'innazorat organlari bilan kelishilmog'i lozim. Ushbu yo'riqnoma radioaktiv manbalar bilan ishlaydigan hamma shaxslar uchun majburiy hujjat bo'lishi kerak. Nitroselluloza asosdagi radiografik plyonkalar o'z-o'zidan yonib ketmasligini, ammo olovdan alanga olib, bo'g'uvchi va zaharli gazlar ajratib chiqarishini yodda tutish zarur. Nazorat olib boriladigan xonalarda eski havoni chiqarib, yangi havo kiritadigan shamollatish qurilmasi va kunduzgi yoritkichlar bo'lmog'i darkor.

Nazorat olib boriladigan joylarda ionlovchi nurlanishdan himoyalash uchun nurlanishdan himoyalash chora-tadbirlari nazarda tutilishi kerak. Ionlovchi nurlanishdan himoyalashning eng keng tarqalgan usuli ekranlash, yani nurlanishni og'ir material qatlami bilan susaytirishdir. Bu maqsadda xonalarning devorlari, pollar orayopmasi og'ir metallar bilan himoyalaniadi, shuningdek eshiklar, eshiklar o'rni, kuzatish darchasining himoyalaniishi ta'minlanadi. Nurlanish manbalari — izotoplar va rentgen trubkalarining o'zi maxsus g'iloflarga joylanadi, radioaktiv moddalar bilan zararlash va qayta zararlash ishlari esa maxsus omoborlarda bajariladi.

Himoya qurilmalari uchun material sifatida qo'rg'oshin, qo'rg'oshinli shisha, volfram, barit, beton, g'isht va boshqalar ishlatiladi. Biror-bir materialdan qilinadigan himoya qatalamining qalinligini hisoblashda avval berilgan ish sharoiti uchun qo'rg'oshinning kerakli qalinligi aniqlanadi, keyin esa ushbu materialdan qilinadigan himoya qatlaminig ekvivalent qalinligi topiladi. Himoya ish o'rinlarida dozaning 2,8 mber/soat gacha kamayishini ta'minlamog'i lozim. Qo'shni xonalarda nurlanish dozasi 0,28 mber/soat dan oshmasligi darkor.

γ -nurlanish manbalarini zaryadlash va qayta zaryadlash ishlari maxsus tashkilot tomonidan amalga oshirilishi zarur. Bu ishlarni bajarishga radiografik nazoratni amalga oshiruvchi tashkilotning xodimi SES organlarining roziligi bilan va qayta zaryadlash uchun maxsus jihozlangan xona mavjud bo'lgandagina qo'yiladi. Radioaktiv manbalarni tashish vaqtida «Radioaktiv moddalarni tashishdagi

xavfsizlik qoidalariga» (ПБТРБ—73 №1139-73) talablariga rioya qilinmog'i lozim. Defektoskopni ikki kishi tashishi kerak.

Ionlovchi nurlanish manbalari bo'lgan defektoskoplar maxsus jihozlangan xona — omborda saqlanmog'i zarur. Ish tugagandan keyin, zaryadlangan defektoskoplarni duch kelgan xonalarda qoldirish taqiqlanadi. Defektoskoplarni saqlash, berish tartibi va butligi zavod yo'riqnomalariga muvofiq belgilanadi.

Nurlanishdan himoyalalanishning yuqorida aytilgan chora-tadbirlaridan tashqari, chekli joiz dozalarni kamaytirishga ionlovchi nurlanishlarning ta'sir zonasida bo'lish vaqtini qisqartirish yoki operator bilan nurlanish manbayi o'rtasidagi oraliqni oshirish yo'li bilan ham erishish mumkin.

Radiatsion defektoskopiya ishlarining bexatar bajarilishi ularning turli tashkil etilishi va ish sharoiti o'z vaqtida nazorat qilib turilishiga ko'p darajada bog'liq. Bu masalada, ionlovchi nurlanish manbalari bilan ishlayotganda dozimetrik nazorat amalga oshiriladi. Bunday nazorat himoyaning ishonchliligini va defektoskopik laboratoriya xodimlari oladigan nurlanish dozasini aniqlash imkonini beradi. Nurlanish dozalarining qiymati va quvvati dozimetr, radiometr va hokazolar bilan o'lchanadi. Ayni asboblarning vazifasiga ko'ra ikki guruhga: yakka tartibda dozimetrik nazorat qilish asboblari va nurlanish dozalari quvvatini o'lchash asboblari bo'linadi.

Yakka tartibda nazorat qilish asboblari xodim ish kuni yoki ish haftasi mobaynida oladigan jami nurlanish dozasini o'lchash uchun foydalaniladi. Ish kuni yoki haftasi oxirida xodimning yakka tartibdagi dozimetri bilan to'plangan doza o'lchanib, maxsus daftarda qayd etiladi. Amaliyotda ko'pincha yakka tartibdagi КИД-2, ИФКУ-1, ДК-0,2 va boshqa dozimetrlar ishlatiladi. Xonalar КУПА-1 turidagi asboblarning dozimetrik nazorat qilinadi. Bokslar, kameralar va ish xonalari masofadan boshqariladigan УСИТ-2 signal o'lchash asboblari bilan jihozlanadi, ular nazorat qilinayotgan joyda, dozalarining chekli joiz quvvatlari oshib ketganligi haqida signal beradi.

10.5. KAPILLAR NAZORAT USULLARIDAGI XAVFSIZLIK TALABLARI

Kapillar defektoskopiyaning amalga oshirish paytida nazoratchilar zaharli moddalarga tegishadi, bu moddalar nafas olish organlari va teri orqali organizmga kirib salbiy oqibatlariga olib kelishi mumkin.

Bunga yo'l qo'ymaslik uchun buyumlarni rangli usulda nazorat qilish ishlari jomakor: xalat, bosh kiyimi va tibbiy rezinka qo'lqop kiyib bajarilmog'i lozim. Qo'llarni ochiltiruvchi lokdan himoyalash uchun ular havoda parda hosil qiluvchi pastalar bilan qoplanadi. Ish tugagandan so'ng bu «biologik» qo'lqop suv bilan yuvib ketkaziladi. Defektoskopik suyuqliklar, masalan, purkagich bilan sepish vaqtida operatorning yuzi va ko'zlariga tushmasligi kerak.

Kapillar usullar bilan nazorat qilishga mo'ljallangan ish o'rinlari havoni kamida 3 marta almashtiradigan umumiy va mahalliy shamollatish qurilmalari bilan jihozlanmog'i darkor. Ish o'rnida sovuq va issiq suv hamda siqilgan havo bo'lishi kerak. Yopiq konstruksiyalarning ichki yuzalarini nazorat qilish chog'ida erituvchilar bug'lari ko'p miqdorda to'planib qolmasligi uchun, nazorat qilinayotgan obyektning ichiga toza havo uzluksiz yuborib turilmog'i lozim.

Luminessent defektoskopiyasida ultrabinafsha rang nurlanish zararli ta'sirning qo'shimcha manbayi hisoblanadi, u odam terisiga yutilganda unda biokimyoviy va biofizik o'zgarishlarni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari, ultrabinafsha rang nurlanish ko'z muhiti fluoressensiyalanishiga sabab bo'ladi, bu esa operatorning salomatligiga yomon ta'sir ko'rsatadi. Ko'zlarni foydalanilmayotgan ultrabinafsha rang nurlanishdan himoyalash uchun ЖС-3 va ЖС-18 turidagi sariq yorug'lik filtrlaridan foydalanish zarur. Elektr xavfsizligini ta'minlash uchun ultrabinafsha rang yoritkichlar korpuslari yerga ulanmog'i darkor.

Kapillar defektoskopiyani o'tkazishda yong'in xavfsizligi chora-tadbirlari ko'rib qo'yilishi kerak. Bunga sabab shuki, ko'pgina defektoskopik materiallar yonuvchan bo'ladi, shu bois ularning uchqunlardan, tasodifiy olovdan yonib ketishiga yo'l qo'ymaslik lozim. Bu maqsadda barcha yonuvchan materiallar maxsus metall javonlar yoki qutilarda saqlanmog'i, ish o'rinlarida esa o't o'chirish vositalari, shu jumladan karbonat kislotali o't o'chirgichlar bo'lmog'i zarur. Kapillar defektoskopiya uchun mo'ljallangan, freon bilan to'ldirilgan aerosol ballonlari yong'in va juda zaharlilik jihatidan muayyan darajada xavfli hisoblanadi. Garchi bu gazning o'zi zaharli bo'lmasa ham, havodagi miqdori ko'p bo'lganda operatorlarda bo'g'ilish alomatlari kuzatiladi, freon ayrim qizigan metallar bilan kontaktga kirishganda esa zaharli gazlar yuzaga keladi. Bunday hollarda nafas olish yo'llari respiratorlar yoki protivogazlar bilan himoyalaniishi darkor. Zararli

moddalarning chekli joiz miqdori «Sanaot korxonalarini loyihalashning sanitariya me'yorlari» (CH 245-7I) da keltirilgan.

Nazorat olib borilayotgan joy yaqinida ovqatlanish man etiladi. Ovqatlanishdan oldin va ish tugagandan keyin qo'llar iliq suv bilan sovunlab yuvilmog'i lozim. Qo'lni yuvish uchun kerosin, benzin va boshqa organik erituvchilardan foydalanish taqiqlanadi. Kapillar defektosopiya olib boriladigan xonalarga elektr bilan qizdirish asboblari o'rnatish mumkin emas.

10.6. SIZISHNI IZLASH SINOVLARIDAGI XAVFSIZLIK TALABLARI

Germetiklikka (zichlikka) sinashda, nazorat qilinayotgan buyum ichida ortiqcha bosim hosil qilinishi bilan bog'liq usullar juda muhim hisoblanadi. Bunday usullar jumlasiga pnevmatik va gidravlik sinovlar kiradi. Sinovlarni o'tkazish jarayonida amaldagi «Bosim ostida ishlovchi idishlarni o'rnatish va ishlatish qoidalari»ga amal qilinmog'i kerak. Ushbu qoidalarga muvofiq sinovlarning quyidagi majburiy tartibi nazarda tutilgan: payvand va boshqa birikmalarni defektoskopik nazorat qilish; gidravlik yoki pnevmatik sinov; shundan so'ng buyumning boshqa turdagi sinovlari o'tkazilishi, shu jumladan zichligi nazorat qilinishi mumkin. Agar defektoskopiya qilish jarayonida nuqsonlar aniqlansa, ular bartaraf qilinmog'i lozim. Shundan keyin gidravlik yoki pnevmatik sinov (siqilgan havo yuborish) amalga oshiriladi. Gidravlik yoki pnevmatik sinov o'tkazilgandan va bosim kerakli darajagacha pasaygandan so'ng buyumning zichligi nazorat qilinishi mumkin. Bunda ham yuqorida keltirilgan qoidalar talablariga rioya etilishi zarur. Siqilgan havo bilan zichlikni nazorat qilish jarayonida ham gidravlik va pnevmatik sinovlar chog'ida bo'lgani kabi, buyumni taqillatib ko'rish taqiqlanadi. Buyumning zichligi buzilgan joylarini tuzatish va boshqa maromiga yetkazish ishlari undagi bosim pasaytirilgandan hamda undan nazorat qilinayotgan yoki ish moddasi olib qo'yilgandan keyingina amalga oshirilmog'i darkor.

Geliy yoki galoid yordamida sizishni izlagichlar bilan ishlaganda birinchi navbatda ular yerga ulanishi va biriktiruvchi elektr kabellari izolatsiyasining sifati tekshirilishi kerak. Sinalayotgan qismlardagi zaglushkalar (so'ndirgichlar) puxta mahkamlangan va tashqi nuqson-

larsiz bo'lishi zarur. Galoid yordamida sizishni izlagichlar bilan nazorat qilish joyida qizigan yuzalar va ochiq alanga bo'lmasligi lozim, chunki ular mavjudligida freon parchalanib xlorli va fluorli vodorod hamda fosgen hosil qiladi. Sizishni izlagichlar bilan nazorat qilish paytida nazorat joyidan 5 m dan kam masofada payvandlash ishlari bajarilmasligi darkor. Sinov tugallangan zahoti gazli ballonlar yopib qo'yilmog'i lozim.

TEKSHIRISH UCHUN SAVOLLAR

1. Magnitografik va ultratovushli nazorat usullarini amalga oshirishda qaysi qoidalarga amal qilinmog'i lozim?
2. Radiatsion nazorat usullarida himoyalashning asosiy usullarini aytib bering.
3. Kapillar defekteskopiya amalga oshiriladigan ish o'rinlariga qanday talablar qo'yiladi?
4. Gidravlik va pnevmatik sinovlarni o'tkazish tartibini bayon qiling.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. *Акулов А. И., Бельчук Г. А., Демьянцевич В. П.* Технология и оборудование сварки плавлением. М., 1977.
2. *Гурвич А. К., Ермолов И. Н.* Ультразвуковой контроль сварных швов. Киев, 1982.
3. *Румянцев С. В., Штань А. С., Гольце В. А.* Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля. М., 1982.
4. *Химченко Н. В., Бобров В. А.* Неразрушающий контроль в химическом и нефтяном машиностроении. М., 1978.

MUNDARIJA

KIRISH	3
I bob. PAYVANDLASH MATERIALLARI VA PAYVANDLASHDA YUZ BERADIGAN JARAYONLAR	5
1.1. Payvandlash materiallari	5
1.2. Payvandlash vannasida metallurgiya jarayonlari	10
1.3. Po'latlarning payvandlanuvchanligi	15
1.4. Payvandlash kuchlanishi va deformatsiyalari	18
II bob. PAYVAND BIRIKMALARDAGI NUQSONLAR	27
2.1. Nuqsonlarning turlari va ko'rinishlari	27
2.2. Payvandlashdagi nuqsonlarning konstruksiyalar ish unumiga ta'siri	35
2.3. Nuqsonlarni tuzatish usullari	38
III bob. DASTLABKI VA JORIY NAZORAT	40
3.1. Dastlabki materiallarni nazorat qilish	40
3.2. Qurilma va jihozlarni nazorat qilish	41
3.3. Texnologiyani nazorat qilish	42
3.4. Payvandchilarning malakasini nazorat qilish	43
3.5. Tashqi ko'zdan kechirish	44
IV bob. RADIATION DEFLEKTSKOPIYA	47
4.1. Ionlovchi nurlanish	47
4.2. Radiation deflektoskopiyaning fizik asoslari	53
4.3. Apparatura va materiallar	59
4.4. Nazorat qilish texnologiyasi	70
4.5. Radiation deflektoskopiyaning zamonaviy usullari	81
V bob. ULTRATOVUSHLI DEFLEKTSKOPIYA	88
5.1. Fizik asoslari	88
5.2. Apparatlar	95
5.3. Nazorat texnologiyasi	98
5.4. Ultratovush bilan nazorat qilishni mexanizatsiyalash va avtomatlashtirish	115

VI bob. MAGNIT VA UYURMA TOK DEFEKTOSKOPIYASI	121
6.1. Magnit defektoskopiya­ning fizik asoslari	121
6.2. Magnit kukunli usuli	123
6.3. Magnitografik usul	130
6.4. Uyurma tokli defektoskopiya	134
VII bob. KAPILLAR DEFEKTOSKOPIYA.....	141
7.1. Tasnifi	141
7.2. Kapillar nazorat uslubi	143
VIII bob. SIZISHNI IZLASH BILAN NAZORAT QILISH	151
8.1. Tasnifi	151
8.2. Kapillar usullar	152
8.3. Kompression usullar	153
8.4. Vakuum bo'yicha izlash usullari	159
IX bob. PAYVANDLASHNI NAZORAT QILISHNING TASHKIL ETILISHI	162
9.1. Texnik nazorat turlarining tavsifi	162
9.2. Nazorat xizmatlarining vazifalari va tuzilmasi	164
9.3. Nazoratni tashkil qilishning yangi shakllari	167
9.4. Montaj sharoitida nazorat qilish xizmati	168
9.5. Nazoratga oid texnik hujjatlar	169
X bob. PAYVANDLASH SIFATINI NAZORAT QILISHDAGI MEHNAT XAVFSIZLIGI	171
10.1. Umumiy talablar	171
10.2. Elektr xavfsizligi qoidalari	171
10.3. Ultratovushli defektoskopiya­dagi xavfsizlik talablari	172
10.4. Radiatsion defektoskopiya­dagi xavfsizlik talablari	173
10.5. Kapillar nazorat usullari­dagi xavfsizlik talablari	176
10.6. Sizishni izlash bilan sinashdagi xavfsizlik talablari	178
Adabiyotlar ro'yxati	180

**Mahmud Abralovich Abralov,
Muzaffar Mahmudovich Abralov**

PAYVAND BIRIKMALARNING DEFEKTOSKOPIYASI

Kasb-hunar kollejlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent — «Talqin» — 2007

Muharrir *L. A'zamov*
Rassom *J. Gurova*
Tex. muharrir *A. Salihov*
Musahhih *R. A'zamova*
Kompyuterda tayyorlovchi *K. Goldobina*

Bosishga 17.08.2007 ruxsat etildi . Bichimi 60×90¹/₁₆. «Tayms» garniturasida ofset usulida bosildi. Shartli b. t. 11,5. Nashr t. 11,5. Adadi 1000. Shartnoma № 6/07. 216-buyurtma.

«Talqin» nashriyoti, 100129, Toshkent, sh. Navoiy ko'chasi — 30.

«Arnaprint» MChJ da sahifalanib, chop etildi. 100182, Toshkent, H. Boyqaro ko'chasi, 41.