PAYVAD CHOKLARI VA CHOK ATROFI HUDUDLARINI MEXANIK XOSSALARINI ILMIY VA AMALIY TAHLILLAR ASOSIDA TATBIQ ETISH

Rustamova Mashhura Umarovna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o'qituvchisi
Rustamov Farrux Umarovich
Navoiy mashinasozlik zavodi muxandisi

Annotatsiya. Mazkur ilmiy ishda payvand choklari va ularning atrofidagi hududlarning mexanik xossalari ilmiy hamda amaliy tahlillar asosida o'rganilgan. Tadqiqotda payvand birikmalarining mikrostruktura o'zgarishlari, ichki kuchlanishlarning taqsimlanishi, hamda issiqlik ta'sir zonasidagi metallning mexanik mustahkamlik ko'rsatkichlari tahlil qilingan. Eksperimental tadqiqotlar natijasida payvand choklarining qattiqlik, cho'zilish mustahkamligi va plastiklik darajalari o'lchab chiqilgan, shuningdek, ularning metall tarkibi va payvandlash rejimlariga bog'liqligi aniqlangan.

Kalit so'zlar: payvand choklari, issiqlik ta'sir zonasi, mexanik xossalar, qattiqlik, ichki kuchlanish, mikrostruktura, cho'zilish mustahkamligi.

Аннотация. В данной научной работе на основе научно-практического анализа изучены механические свойства сварных швов и прилегающих к ним зон. Проведен анализ микроструктурных изменений сварных соединений, распределения внутренних напряжений и показателей механической прочности металла в зоне термического влияния. В результате экспериментальных исследований измерены твердость, предел прочности и пластичность сварных швов, а также установлена их зависимость от химического состава металла и режимов сварки.

Ключевые слова: сварные швы, зона термического влияния, механические свойства, твердость, внутренние напряжения, микроструктура, предел прочности.

Abstract. In this scientific work, the mechanical properties of welds and their surrounding areas were studied based on scientific and practical analyses. The study analyzed the microstructural changes of weld joints, the distribution of internal stresses, and the mechanical strength indicators of the metal in the heat-affected zone. As a result of experimental studies, the hardness, tensile strength, and plasticity levels of welds were measured, and their dependence on metal composition and welding modes was determined.

Keywords: welds, heat-affected zone, mechanical properties, hardness, internal stresses, microstructure, tensile strength.

Kirish

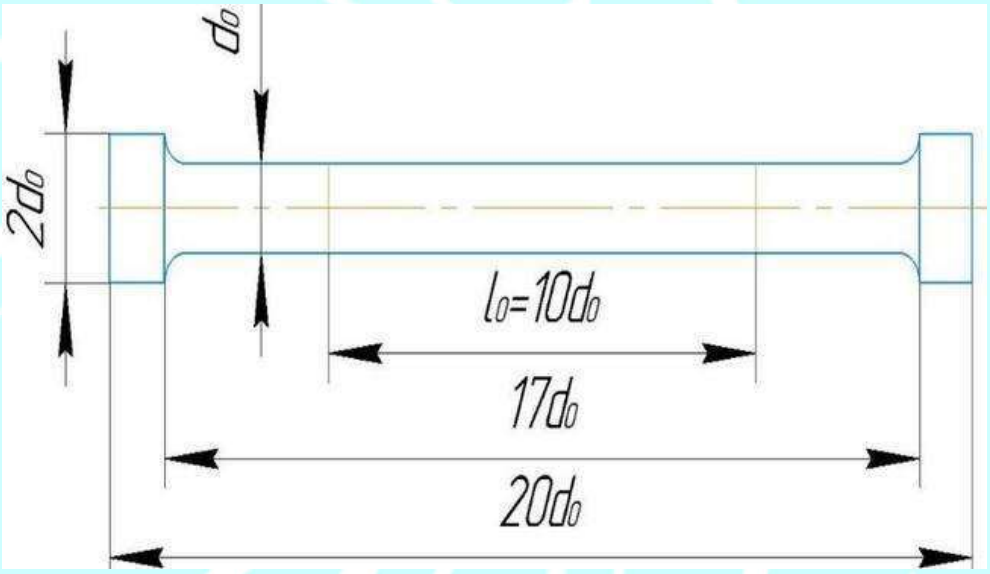
ISSN 3030-3907

Sanoat jihozlari texnologik jarayonlar borishi natijasida turli tebranishlar va tashqi kuchlar ta’sirida tebranishga uchraydi yoki deformatsiyalanadi ya’ni payvand choki yoki uning qismlariga texnologik jarayon borishi davrida ruxsat etilgan yuklamaga nisbataan ortiqcha kuch bilan ta’sir etganda, chok va chok atrofi hududlari cho‘zilishga uchraydi. Ayrim sanoat jihozlarining payvand choki va chok atrofi hududlari buralishga uchraydi, deformatsiyalanish natijasida cho‘zilin, egilish va buralish hodisalari yuz beradi. Shuning uchun ham payvand choki va chok atrofi hududlarining yuklama bardoshlilik chegarasi, sinov laboratoriyalarda na’munalarga mexanik sinov ishlarini olib borganda aniq nazariy hisoblashlar asosida nisbiy cho‘zilish chegarasining maksimal darajalari aniqlanishi shart.

Shuning uchun ham payvand choki va chok atrofi hududlari ya’ni issiqlik tasir etgan hududlarga nisbatan odatda kuchlarning ta’siri quvurlar, katta hajmdagi hajmbardosh idishlarni payvandlab tayyorlash davrida e’tiborga olinishi tavsiya etiladi. Aks holda texnologik jarayolarning borishi vaqtida payvand choki va chok atrofi hududlarining issiqlik ta’sir etgan hududlarida, jihozlar devoriga bosim yoki ta’sir etuvchi kuchning texnologik reglament miyoridan oshib ketishi kuzatilganda, payvan choki quymasida yoki chokning asosiy metall bilan bog‘langan hududlari atrofida turli shakldagi yoriqlar paydo bo‘lishiga olib keladi. Ayniqsa kimyo sanoati, nefte-gaz sanoatining turli yo‘nalishlarida ishlovchi korxonalarida endotermik yoki ekzotermik reaksiyalarni borishi natijasida sanoat jihozlari(magistral quvurlar, sisternyalar, katta hajmdagi hajmbardosh idishlar)ning payvand choklaridagi ichki zo‘riqishlar kuchlari vujudga kelishi natijasida chok qovushqoqligini pasayishi, payvand chokining aynan chok atrofi bo‘ylab butunlay yorilib ketishiga olib keladi.

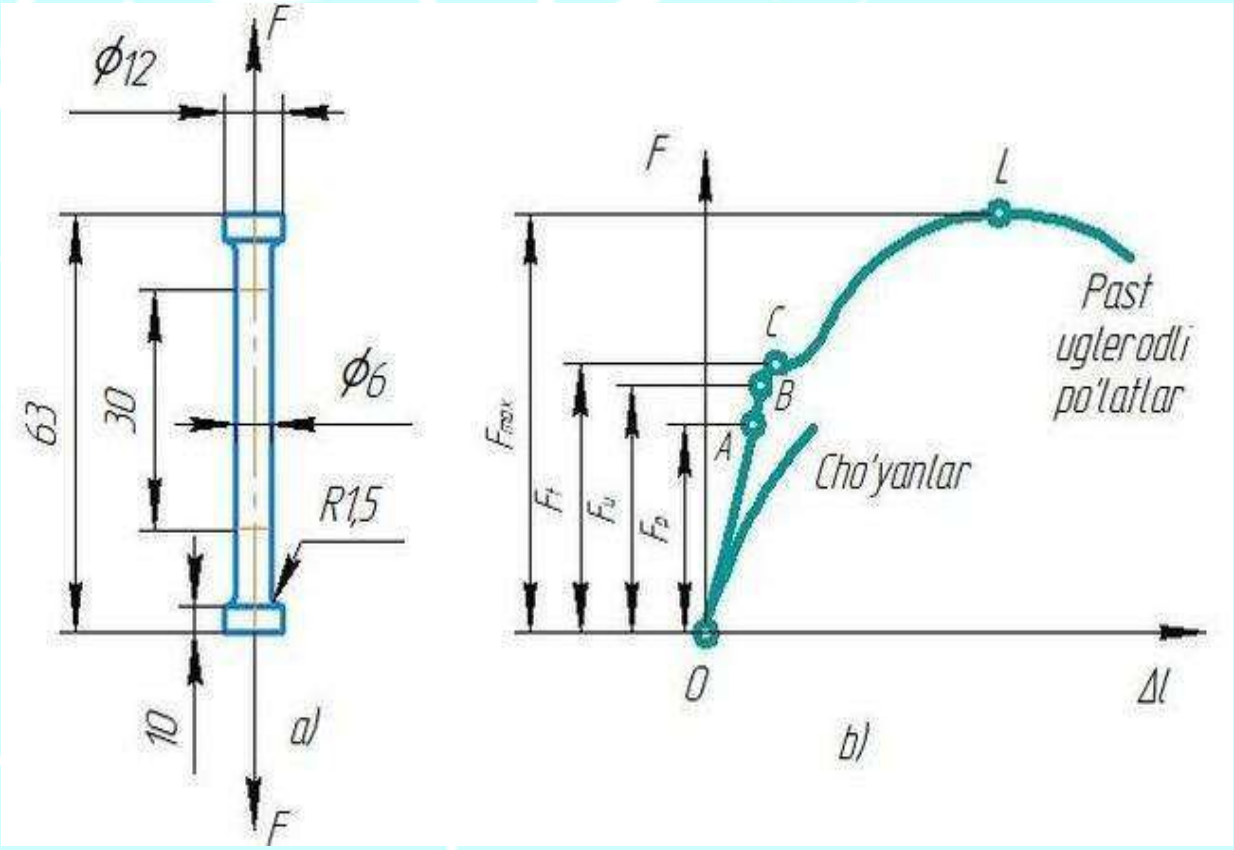
Sanoat jihozlari metallaridan, Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy laboratoriyasida mexanik xossalarini aniqlash uchun namunalar tayyorlanib, parametrlari GOST 1497-84 asosida tayyorlandi. Mashina mexanizmlarning ishlash muhitiga qarab metallar loyihalovchilar tomonidan tanlab olinadi va mexanik xossalari nazariy va amaliy tajribalar asosida tahlil qilinadi. Tanlab olingan materiallar nazariy tahlillar asosida laboratoriyada sinab ko‘rish orqali mexanik xossalari aniqlanadi, bu jarayon bir necha bosqichdan iborat bo‘lib, ushbu bosqichlar nimalarni o‘z ichiga olishini quyida ko‘rsatib o‘tamiz: 1) zarbiy qovushqoqlikni aniqlash, 2) nisbiy cho‘zilishni aniqlash, 3) nisbiy egilishni aniqlash bo‘lib, biz ham ushbu sinovlar asosida teshik ochish qurilmasi detallarining materiallarini o‘rganilgan tahlillar asosida sinovdan o‘tkazib mexanik xossalarini aniqladik. Nisbiy cho‘zilishning tajriba natijalari, boshqa o‘tkazilishi kerak bo‘lgan tajribalar uchun asosiy manba hisoblanadi va shu asosda o‘rganilib xulosalar olib boriladi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Nisbiy cho‘zilishga mustahkamlikni aniqlash uchun namuna etaloni

Sinov na’munalari Respublikamizning barcha mexanik laboratoriyalari mavjud korxonalarda GOST1497-84ning normativ hujjatlarida keltirilgan parametrlarning №3 – tipi bo‘yicha tayyorlanadi. GOST1497-84ning normativ hujjatlarida keltirilgan parametrlarning №3 – tipi bo‘yicha tayyorlangan na’munalarda asosiy e’tibor d_0 ga qaratiladi. Na’munaning d_0 o‘lchami (2-rasm)da ko‘rsatilgan ruxsat etilgan o‘lcham bo‘yicha $\emptyset 6\ h7^{-(0,02)}$ aniqlikda tayyorlanadi.



2-rasm. Past uglerodli po‘latlar va cho‘yanlarni cho‘zilishga sinash diagrammasi

ISSN 3030-3907

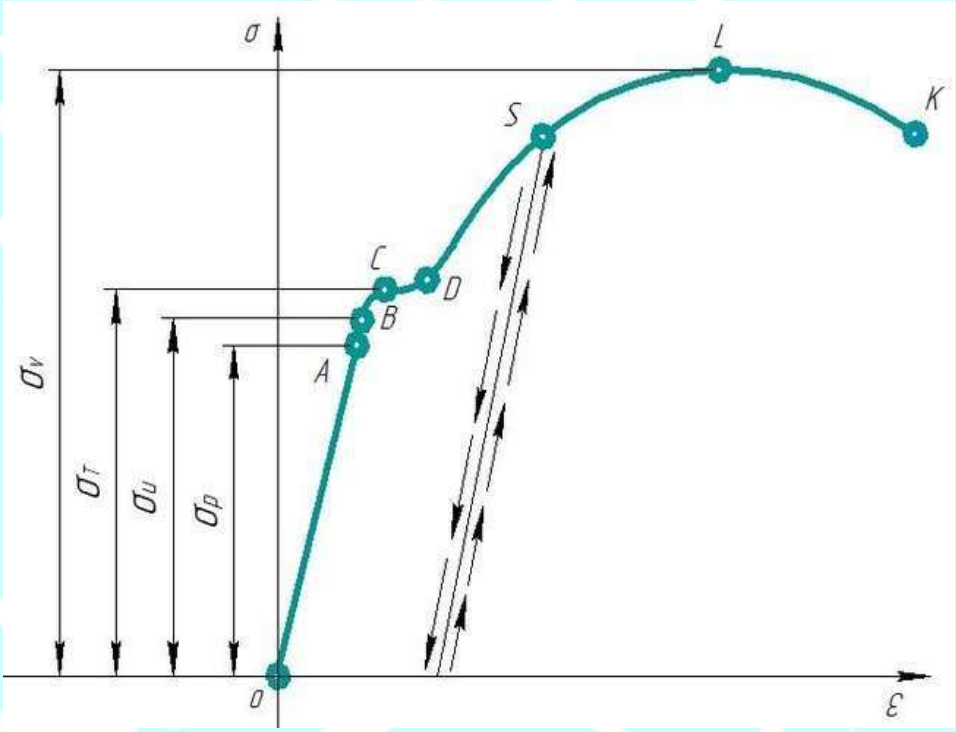
1-jadval

GOST 1497-84. Tip №3. Proportsional slindrsimon namunalar o‘lchamlari

Na’muna raqami №	d_0	$l_0 = 5d_0$	$l_0 = 10d_0$	l	D	h_1	r
1	25	125	250	l_0+(0,5-2)d_0	4	30	5
2	20	100	200	l_0+(0,5-2)d_0	3	25	5
3	15	75	150	l_0+(0,5-2)d_0	2	20	3
4	10	50	100	l_0+(0,5-2)d_0	1	10	3
5	8	40	80	l_0+(0,5-2)d_0	1	10	2
6	6	30	60	l_0+(0,5-2)d_0	1	10	1,5
7	5	25	50	l_0+(0,5-2)d_0	1	10	1,5
8	4	20	40	l_0+(0,5-2)d_0	9	8	1,5
9	3	10	30	l_0+(0,5-2)d_0	7	7	1,5

Nisbiy cho‘zilishga mexanik sinovlarni o‘tkazish uchun (2-rasm)da keltirilgan cho‘zilish diagrammasi asosida, past uglerodli va cho‘yanlarni (plastiklik va mo‘rtlik) mexanik xossalarini ko‘rsatuvchi diagramma diagramma orqali ko‘rib o‘tamiz. Nisbiy cho‘zilish va nisbiy oquvchanlik chegarasini aniqlash uchun tajriba sinovlarini (3.2.1- jadval)da keltirilgan qiymatlardan foydalanib namuna tayyorladik va shu asosda mexanik sinov ishlarini olib bordik. Diagrammaning (3-rasm)da keltirilgan ko‘rsatkichlar, sinov olib borish uchun tayyorlangan namunaning d_0 o‘lchami va tanlab olingan matallning mexanik xossalariga uzviy bog‘liq.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Materiallarning mexanik xossalarini aniqlashda materialning xarakterli nuqtalari ko‘rsatilgan

Na’munalarning natijalarini o‘lchamlarga bog‘liqligini bartaraf etish uchun cho‘zilish diagrammasi koordinata o‘qlariga quriladi va ichki kuchlanishni (σ) harfi bilan belgilaymiz, deformatsiyalanish (cho‘zilish) holatini (ε) harfi bilan belgilaymiz. Ichki kuchlanish (ichki zo‘riqishkuchi) va deformatsiyalanish darajasini quyidagi (1) va (2) formulalar orqali tahlil qilib chiqamiz. Biz tavsiya etayotgan ultra to‘lqinli tebranishning zarblari orqali ishlov beriladigan payvand choklari GOST380-2015, GOST1050-2013 va GOST 5520-79 ning normativ talablari bo‘yicha oddiy sifatli (St3, St10, St15, St20 va St25) po‘latlaridan tayyorlanganligi sababli (σ_v) nisbiy cho‘zilish va nisbiy uzayishning qiymatlari quyidagi formulalar orqali aniqlab o‘tamiz.

$$\sigma = \frac{P_N}{F_0} = \frac{12740}{30{,}19} = 421{,}99 \text{ MPa} \qquad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{l_k - l_0}{l_0} \cdot 100\% = \frac{37{,}85 \cdot 30}{30} = 26{,}18\% \qquad (2)$$

P_N- na’munaga tushuvchi kuch *(N)*;
F_0- na’munaning ko‘ndalang kesim yuzasi;
l_0- sinovgacha bo‘lgan na’munaning uzunligi;
l_k- sinovdan so‘ngi na’munaning uzunligi

Nomlari yuqorida keltirilgan diagramma, barcha past uglerodli po‘latlarni mustahkamligini aniqlashda eng samarali diagramma hisoblaymiz, (3-rasm)da

ISSN 3030-3907

keltirilgan diagrammadagi matallarning nisbiy cho‘zilish (mustahkamlik) chegarasi asosan to‘rtda hududga bo‘lib o‘rganiladi.

Birinchi hudud (OB) - **e***lastik deformatsiyalanuvchi hudud*, tayyorlangan na’munadan yuk olinganda, ushbu hududda deformatsiya natijasida namuna boshlang‘ich holatiga qaytadi, A nuqta σ o‘qiga nisbatan proporsionallik chegarasida yotadi va uni quyidagicha yozamiz:

$$\sigma_p \cdot \sigma_p = \frac{F_p}{A_m}; \qquad (3)$$

bu holatda namuna materialida ko‘proq ichki zo‘riqishlar vujudga kelib, Guk qonuniga asosan o‘rganiladi, bunda asosan materialda deformatsiyalanish holati kuzatiladi ($\sigma = E \cdot \varepsilon$).

Bunday holatda B nuqta nisbiy elastiklikning chegara maydonida yotadi.

$$\sigma_u \cdot \sigma_u = \frac{P_u}{A_0}; \qquad (4)$$

Bu holatda namuna materiali yuqori kuchlanish (zo‘riqish) holatida bo‘lib, materialda qoldiq deformatsiya shakillanmaydi.

Ikkinchi hudud (BD) – umumiy qovushqoq **(**plastik) hudud hisoblanadi, bu hududning xarakterli holati shundaki, sezilarsiz ichki kuchlanish (ichki zo‘riqish) oshadi ya’ni namuna materialining hajmi bo‘ylab metall kristal panjarasining siljishi kuzatiladi, diagrammadagi S nuqta oquvchanlik chegarasini bildiradi va quyidagicha yoziladi.

$$\sigma_T = \frac{P_T}{F_0} = \frac{7940}{30{,}19} = 263 \text{ MPa}; \qquad (5)$$

Bunda, tajribada sinalayotgan namuna materialida sezilarsiz ichki zo‘riqish paydo bo‘ladi, ammo material sirtida sezilarli deformasiyani keltirib chiqaradi. Diagrammada ko‘rsatilgan B, D nuqtalar orasidagi hudud oquvchanlik chegarasi bo‘lib ichki kuchlanish (ichki zo‘riqish) deb aytiladi, standart talablardagi ko‘rsatkichni beradi $\varepsilon = 0{,}02 - 0{,}2\%$. Oquvchanlik chegarasi metallar uchun asosiy xarakterga ega bo‘lib, metallarni mustahkamligini xarakterlaydi ya’ni plastik materiallarning chegaraviy ichki zo‘riqishini bildiradi.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_T}{n_T}; \qquad (6)$$

n_T – zahira koeffitsenti bo‘lib, bunda maksimal ruxsat etilgan kuchlanish konstruksiya uchun qanchalik yuqori bo‘lishidan qat’iy nazar, oquvchanlik chegarasining qiymatidan kichik bo‘lishi talab etiladi.

Uchinchi hudud (DL) – mustahkamlanish hududi bo‘lib, mustahkamlanish hududi deganda ichki kuchlanish miqdorining oshishi tushiniladi ya’ni material qayishqoq deformasyalangan holatda bo‘ladi. Agar namuna holatini o‘z holatidan S nuqtagacha tushirsak, kelasi yuklanishda qayishqoqlik nuqtasi (S) nuqtagacha deformatsiyalanadi, ichki kuchlanish qayishqoqlik chegarasidan yuqori bo‘ladi. Bunday holat material qayishqoqligining yuqori chegarasi bo‘lib, bunda plastik

ISSN 3030-3907

deformatsiya “Naklep” nomi bilan yuritiladi va mashinasozlik sohalarida detallar tayyorlashda keng miqiyosda qo‘llaniladi. Naklep materialga termik ishlov berishning “kuydirish” (otjig) texnologik jarayoni orqali bartaraf etiladi.

To‘rtinchi hudud (LK) – mahalliy oquvchanlik hududi deb ataladi, bu hududda barcha past kuchlanishlar namunaning keyingi deformasiyalanish jarayoni uchun talab etiladi. Bu holat shunday tushiniladiki, sinalayotgan namunaning eng kuchsiz kesimida (bo‘ynida) mahalliy qisqarish yuz beradi yani vujudga keladi va keyingi deformasiyalanish, shu hududdagi ko‘ndalang bo‘yin kesimining qisqarishi bilan izohlanadi. Ayrim hollarda shunday materiallar borki, kerakli materiallardan tayyorlangan namunalar, bo‘yin qismi (ko‘ndalang kesim yuzasi)ning tashqi ko‘rinishi o‘zgarmasdan turib uzilish holati yuz beradi.

Namuna belgilangan maksimal yuklanishga bardosh bersa (*L)* nuqtada (3-rasm) materialining mustahkamlik darajasi deb aytiladi va quyidagi formula orqali ifodalanadi.

$$[\sigma_v] = \frac{P_{max}}{F_0} = \frac{12740}{30{,}19} = 421{,}99\ MPa; \qquad (7)$$

Mo‘rt materiallar uchun ruxsat etiladigan mustahkamlik chegarasini quyidagi ko‘rinishda yozamiz.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_v}{n_v}; \qquad (8)$$

n_v – zaxira koeffitsenti.

Siljish – buni shunday yuklama deb qaraymiz, bunda sterjenning ko‘ndalang kesimida kesuvchi kuch (Q_y) va (Q_z) oqi bo‘ylab tasir etadi, qolgan tasir etuvchi kuch faktorlarining qiymati esa nolga teng bo‘ladi.

Ichki kuchlarni aniqlash maqsadida *(x)* uzunlikdagi namunani fikran kesib, so‘ng hosil bo‘ladigan kesik sterjenning kesim yuzasida hosil bo‘ladigan kuchlar aniqlanadi, shuning uchun ichki kuch (Q_y) teng *(F)* ga va kesim yuzasiga yotuvchi teng tasir etuvchi urinma kuchlanish (τ_y) parallel holda *(F)* ga yo‘naltirilgan.

Siljishda kuchlanish kesim yuzasi bo‘yicha teng taqsimlanishini quyidagi formula orqali hisoblaymiz.

$$\tau_y = \frac{Q_y}{A}; \qquad (9)$$

A – sterjenning ko‘ndalang kesim yuzasi;

Q_y – ichki kuch.

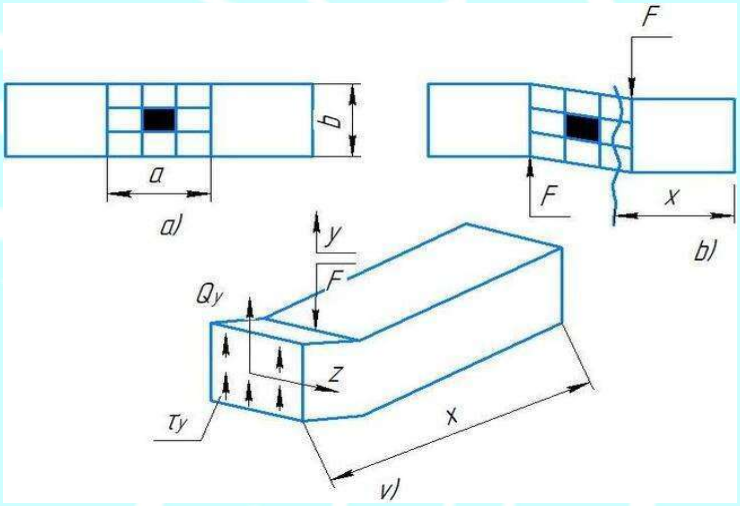
Mustahkamlik darajasini siljishi uchun quyidagi ko‘rinishdagi formula orqali hisoblab topamiz.

$$\tau_{max} = \frac{Q_{rast}}{A} \leq [\tau]; \qquad (10)$$

Q_{rast} – sterjen qalinligiga tasir e’tuvchi ichki kesish kuchi;

$[\tau]$ – sterjenni kesish uchun ruxsat etiluvchi kuchlanish.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Namunani uzilishga sinash sxemasi

Mustahkamlik sharti – Aniq berilgan materiallarga yuklama tasir etganda valning τ_{max} ko‘ndalang kesimi yuzasiga tushuvchi maksimal kuchlanishni $[\tau]$ quyidagi formula bilan ifodalaymiz.

$$\tau_{max} = \frac{M_{rast}}{W_p} \leq [\tau]; \qquad (11)$$

M_{rast} – hisoblangan ichki moment;

W_p – qarshilikning qutub momenti.

$$[\sigma] = \frac{\tau_{pridel}}{n}; \qquad (12)$$

τ_{pridel} – aniq berilgan material uchun chegaraviy kuchlanish bo‘lib, plastik materiallar uchun oquvchanlik chegarasi, mo‘rt materiallar uchun mustahkamlik chegarasi hisoblanadi. Bu natijalar o‘tkazilgan eksprimental tajribalar natijasida o‘z tasdig‘ini topdi.

n – mustahkamlikning zahira koeffitsenti.

Zarbiy qovushqoqlik - zarbiy qovushqoqlik GOST 9454-78 davlat standarti asosida korxonalarda sinov ishlari olib boriladi. Zarbiy qovushqoqlikka namunani sinash uchun, namuna uchun ajratilgan zagatovkadan termik ishlov berilgandan so‘ng namuna tayyorlanib zarbiy qovushqoqlikka sinash jarayonlari olib boriladi. GOST9454-78 qora va rangli metallar qotishmalarini zarbiy qovushqoqlikka sinash uchun qo‘llaniladi, tajribalar qo‘yilgan talabga asosan -100 ^{0}C sovuqlikdan +1200 ^{0}C issiqlikkacha bo‘lgan intervalda olib boriladi. Tajribani o‘tkazish uchun GOST 9454-78 bo‘yicha loyihada ko‘rsatilgan materiallardan “V” ko‘rinishdagi namunalarni tayyorlab sinov jarayonlari olib borildi.

ISSN 3030-3907

2-jadval

GOST 9454-78. Zarbiy qovushqoqlik uchun namuna tayorlash jadvali

Konsentrator shakli	Konsentrator radiusi R	Tip	Namuna uzunligi L (±0,6)	Namuna kengligi B	Namuna balandligi H (±0,1)	Namunadagi kesim chuqurligi h_1 (±0,1)	Konsentrator chuqurligi h (±0,6)	Kesimdan so‘ngi balandlik H_1
V	0,25±0,025	11	55	10±0,1	10	-	-	8±0,1
		12		7,5±0,1				
		13		5±0,05	8			
		14		2±0,05				6±0,1

Zarbiy qovushqoqlikni hisoblab topish uchun namunalarda o‘tkaziluvchi quyidagi hisoblash ishlarini olib boramiz, dastgohda o‘rnatilgan koperning massasini aniqlab olamiz. Tajriba amaliyoti Navoiy mashinasozlik zavodining markaziy labaratoriyasida olib borildi. Labaratoriyada o‘rnatilgan koper mayatnik dastgohining koper massasi $Q_{massa} = 30kg$. Tajribani o‘tkazish uchun oldindan tayyorlangan namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini *S* ni topamiz, buning uchun konsentrator chuqurligi H_1 ni namunaning umumiy balandligi *H* dan ayirish orqali (12) formuladagi qiymatni keltirib chiqaramiz va undan foydalangan holda *B=0,97*, *H=0,74* deb qabul qildik (o‘lchamlar, namunani o‘lchash orqali aniqlandi) va namunaning ko‘ndalang kesim yuzasini topdik.

$$S_0 = H - H_1 \cdot B = 10 - 2{,}6 \cdot B = 0{,}72\ mm^2 \qquad (13)$$

H- namunaning umumiy balandligi, mm;

H_1-konsentrator chuqurligi, mm;

B – berilgan namunaning eni, mm.

$$KC = \frac{K}{S_0} = \frac{12{,}80}{0{,}7178} = 17{,}83\,\frac{kgf}{mm^2}; \qquad (14)$$

K-koper massasi, (kgf).

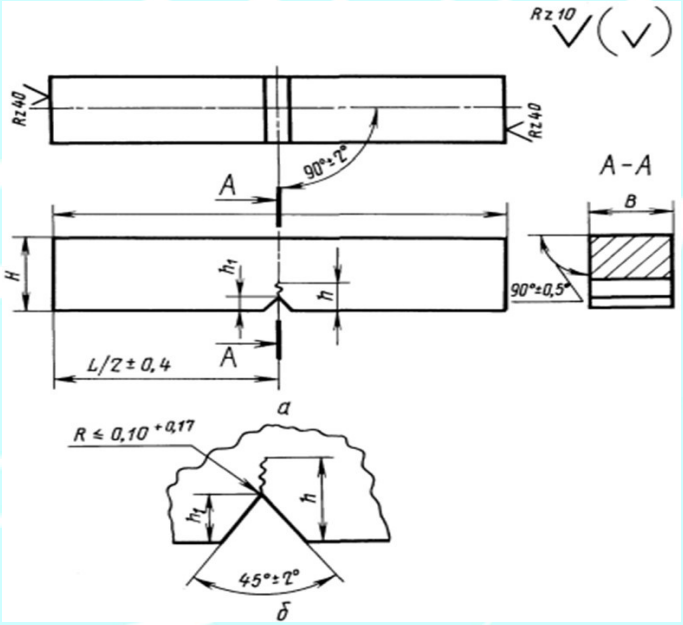
S_0-namuna ko‘ndalang kesimining boshlang‘ich yuzasi.

Namunani zarb bilan uriluvchi koperning massasi 30kg, sinalayotgan namunaga koper bilan zarb berilgandan so‘ng, koper mayatnik dastgohining ko‘rsatgichi Ct3 materiali uchun 17,20 kgf qiymatni ko‘rsatdi, demak bundan xulosamiz shuki, 17,20 kgf. ko‘rsatgich qiymatni koper massasi 30 kilogramdan

ISSN 3030-3907

ayirganimizda 12,80 kg qiymat qoldiq son qoldi. Demak, (13) formula bo‘yicha olingan natija oddiy sifatli po‘lat St3 ning zarbiy qovushqoqlik qiymati deb xulosa chiqaramiz. St3 po‘lat oddiy sifatli po‘latlar turkumiga kiradi va sanoatda keng qo‘llaniladi, ushbu po‘latlar fosforning miqdori 0,040%, oltingugurtning miqdori 0,050% bo‘lishi bilan, GOST 1050-88ga kiruvchi po‘latlardan ajralib turadi.

Sifatli po‘latlarni nazorat qilishni GOST 1050-88 o‘z ichiga oladi, metall tarkibiga nometall brikmalar sifatida kiruvchi fosfor 0,030% va oltingugurtning 0,035% bo‘lishi, yuqori bosim va yuqori haroratlarda ishlovchi quvurlar va boshqa metalokonstruksiya mahsulotlarini ishlab chiqarishda foydalanilmaydi.



5-rasm. Zarbiy qovushqoqlikni aniqlan uchun na’munaning umumiy ko‘rinishi

Xulosa. Tadqiqotda payvand birikmalarining mikrostruktura o‘zgarishlari, ichki kuchlanishlarning taqsimlanishi, hamda issiqlik ta’sir zonasidagi metallning mexanik mustahkamlik ko‘rsatkichlari ko’rsatildi. Metallarning elastiklik xossalari asosida deformatsiyalanish xususiyayatlari tebranishlar chastotasini keltirib chiqaradi, ushbu holatlarni nazariy va ilmiy tahlil qilish asosida, maxsus laboratoriyalarda past legirlangan metallarning nisbiy cho‘zilish chegarasi va nisbiy egilish darajasi tahlil qulindi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. Трушников Д.Н. Модель формирования вторично-эмиссионного сигнала при электронно-лучевой сварке с осцилляцией электронного пучка / Д.Н. Трушников, В.Я. Беленький, В.Е. Щавлев, А.Л. Пискунов, А.Н. Лялин // Сварка и диагностика. – 2013. – № 1. – С. 39-42.

2. Глазов, С.И. Основы технологии электронно-лучевой и диффузионной сварки / С.И. Глазов, А.В. Люшинский. – ОАО«Рыбинский дом печати», 2001. - 123-233 с.

ISSN 3030-3907

3. Литвинов, В.В. Многопараметрическое адаптивное управление технологическим процессом электронно-лучевой сварки / В.В. Литвинов, А.В. Ярмилко. – Киев, Математичні машини і системи. – 2013. – № 2 – С. 130-138.
4. Masny H. Multi-Beam Technology in Electron Beam Welding / H. Masny // ISFF—Welding and Joining Institute. – 2006. – Vol. 34. – pp. 1-4.
5. Peng-Fei Fua Temperature field modeling and microstructure analysis of EBW with multi-beam for near a titanium alloy/ Peng-Fei Fua, Zhi-Yong Mao//Huazhong University of Science and Technology. – 2013. – Vol.102. – pp.54-62.
6. Zenker R. Characteristics and Prospects of Process Integrated Thermal Field Heat Treatment for Electron Beam Welding of Cast Iron/ R. Zenker// La metallurgia italiana

ISSN 3030-3907