

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA
O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI**

**ISLOM KARIMOV NOMIDAGI TOSHKENT
DAVLAT TEXNIKA UNIVERSITETI**

B.M. SAYDUMAROV, N.M. RIZAEVA

PROKAT ISHLAB CHIQARISH NAZARIYASI

Amaliy mashg‘ulotlar

O‘QUV USLUBIY QO‘LLANMA

1-qism

TOSHKENT-2021

Saydumarov B.M., Rizaeva N.M. “Prokat ishlab chiqarish nazariyasi” fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv uslubiy qo‘llanma. 1 - qism.
-Toshkent: ToshDTU, 2021. 69 b.

“Prokat ishlab chiqarish nazariyasi” fani bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv uslubiy qo‘llanma “5320300 - Texnologik mashinalar va jihozlar (prokat mashinalari)”, “5313600 - Metallarga bosim bilan ishlov berish mashinalari”, “5322100 - Prokat ishlab chiqarish texnologiyasi” va “5322100 - Metallar texnologiyalari (prokatlash texnologiyasi)” ta’lim yo‘nalishlarida tahsil olayotgan talabalarga fan bo‘yicha amaliy mashg‘ulotlarni bajarishda foydalanish uchun mo‘ljallangan.

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universitetining
2021 yil 27 yanvardagi ilmiy - uslubiy kengashi 5 sonli qaroriga muvofiq
nashr etilmoqda*

Taqrizchilar:

Raximov B.A. - V.L.Galperin
nomidagi Toshkent Truba Zavodi
Po‘latni issiq holda prokatlash sexi
boshlig‘ining o‘rinbosari

Berdiyev D.M. - t.f.d. prof.
ToshDTU “Metallarga bosim bilan
ishlov berish” kafedrası mudiri

Kirish

Jamiyatning globallashuv jarayoni va tezkorlik bilan taraqqiy etib borishi hamda texnika va texnologiyalarning yangilanishi natijasida sanoatning barcha tarmoqlari, ayniqsa mashinasozlik, metallurgiya sanoati, shu jumladan metallarga bosim bilan ishlov berish va prokat ishlab chiqarish jarayonlari rivojlanib bormoqda.

Hozirgi kunda metallurgiya sanoati rivojlanishining asosiy yoʻnalishi metall mahsulotlarining ishlab chiqarish turlari sifatini oshirish va ishlab chiqarish hajmini kengaytirish dolzarb masalalardan biri boʻlib qolmoqda.

Yuqoridagi masalalarning yechimi sifatida ushbu sohada oʻquv mashgʻulotlarining sifatini va samaradorligini oshirish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Taʼkidlash joizki, “Prokat ishlab chiqarish nazariyasi” fani bosim bilan ishlov berish jarayonlarining fundamental asosi hisoblanadi, desak mubolagʻa boʻlmaydi. Ushbu oʻquv uslubiy qoʻllanma kurs talabalarining oʻquv jarayonlarda olgan nazariy bilimlarini amaliy mashgʻulotlarni bajarish orqali yanada mustahkamlab borishlari uchun moʻljallangandir.

Oʻquv uslubiy qoʻllanma oʻz tarkibida prokat ishlab chiqarishning barcha turlari haqida hamda prokatlash, metallarga ishlov berish jarayonlarida sodir boʻladigan oʻzgarishlarni qamrab oladi.

Odatda bosim bilan ishlov berish 2 ta asosiy maqsadni nazorat qiladi:

- tayyorlab qoʻyilgan oddiy shakllarda murakkab shakllarni olish;
- quyma metallning kristall panjaralari bilan mexanik xususiyati oshirilishini.

Yarim tayyor mahsulotlarni qayta ishlash bosim bilan amalga oshiriladi. Metall plastik deformatsiyasi boshlangʻich zagotovka yoki ishchi asbobning bosim bilan qirindi osti ajralishi va uni kesish yoʻli bilan ishlangan: pichoqlar, qoliplar va boshqalar.

Prokat ishlab chiqarish usuli iqtisodiy va taraqqiy etayotgan jarayon hisoblanadi. Respublikamizdagi barcha sanoat tarmoqlarining ildam qadamlar bilan bosqichma-bosqich rivojlanishi turli prokat metallari va ular qotishmalarini ishlab chiqarish hajmining yil sayin orta borishi bilan bevosita bogʻliqdir. Bu borada metall va qotishmalarni bosim bilan ishlash usullarining mashinasozlikda oʻrni katta. Chunki bu usullar boshqa texnologik usullarga qaraganda ish unumdorligining yuqoriligi, aniq shaklli va oʻlchamli buyumlar ishlab chiqarishi, chiqindining kamligi, tejamkorligi va boshqa koʻrsatkichlariga koʻra ajralib turadi.

Oxirgi yillarda “Prokat ishlab chiqarish nazariyasi” usullari yuqori samaradorligi, iqtisodiy tejamkorligi hamda metallarda mustahkamlikni oshirishning qulay usullaridan bo‘lganligi tufayli ishlab chiqarish korxonalarida ushbu usuldan juda keng miqyosda foydalanib kelinmoqda.

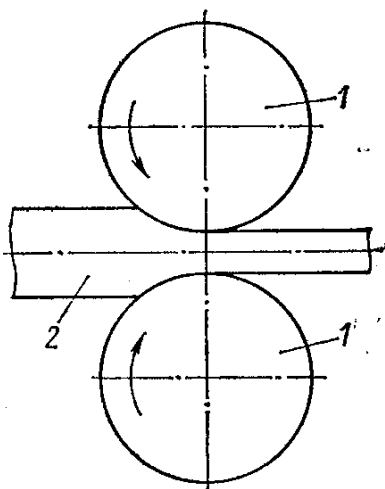
Shu jumladan, ishlab chiqarish korxonalarining, xususan prokat ishlab chiqarish sohasida kadrlarga bo‘lgan ehtiyojini qondirish va shu sohadagi malakali kadrlarni yetishtirib berishda ushbu fanning o‘rni beqiyosdir.

“Prokat ishlab chiqarish nazariyasi” fani ko‘plab zamonamiz olimlarining mehnati bilan yaratilgan. O‘zbekistonda fanning bu tarmog‘ining rivojlanishi va joriy qilinishiga B.M.Saydumarov va boshqalar o‘z hissalarini qo‘shganlar.

1-amaliy mashg'ulot

Prokatlash jarayonlarining tasnifini o'rganish

Prokatlash deb, aylanuvchi yuritgichli jo'valar orasidagi plastik deformatsiyalash jarayoniga aytiladi. bu iborada "yuritgichli jo'valar" degan so'zga e'tibor qaratish kerak. Deformatsiyani amalga oshiruvchi energiya prokatlash stanining dvigateli bilan ulangan jo'valar orqali uzatiladi. Deformatsiyalanayotgan jismni yuritmasiz jo'valar orqali ham cho'zish mumkin, lekin unda jarayon prokatlash emas, kiryalash jarayoni hisoblanadi.

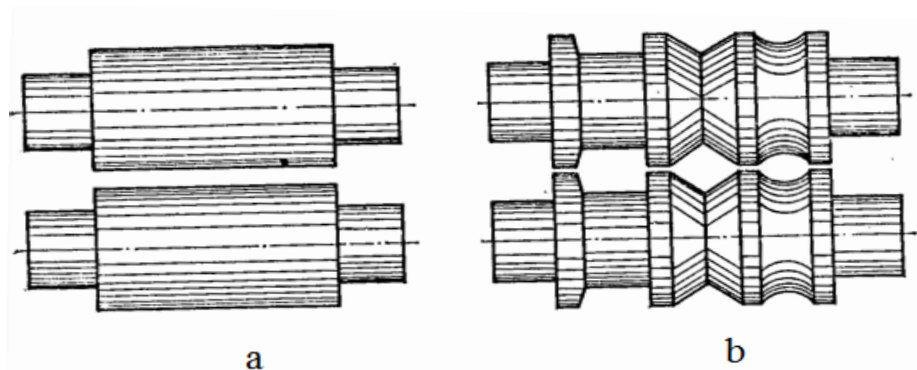


1.1 - rasm. Bo'ylama prokatlash sxemasi: 1 - jo'valar; 2 - polosa

Prokatlash jarayonining oddiy va asosiy sxemasi (1.1-rasm) da ko'rsatilgan. Ishlov berilayotgan jism, umumiy olganda polosa deb ataluvchi, qarama - qarshi tomonga aylanuvchi jo'valar orasidan o'tkaziladi. Polosa jo'valarga aloqa ishqalanish kuchi hisobiga tortiladi. Jo'valar orasidan o'tishda polosaning qalinligi kamayadi, uzunligi esa ko'payadi.

Prokatlash jarayoni metallarga bosim bilan ishlov berishning asosiy usullaridan biri hisoblanadi. Prokatlash usuli orqali har xil turda va ko'rinishda buyumlar olinadi: qalin va yupqa listlar, kvadrat va dumaloq kesimli profillar, shvellerlar, relslar, ikki tavrli balkalar, trubalar va h.k. List turdagi buyumlarni prokatlashda ishchi qismi (bochkasimon) dumaloq silindr shakliga ega va hech qanday chiziq va qabartmalarsiz (1.2-rasm, a). Bunday turdagi jo'valarda prokatlashni asosan "silliqlik bochkalarda" prokatlash deb atashadi. Murakkabroq profilli (sortli) mahsulotlar ishlab

chiqarishda kalibrlangan jo‘valardan foydalaniladi va polosa deformatsiyasi kalibrlarda amalga oshiriladi (1.2-rasm, b).



1.2 - rasm. a - silliq bochkali jo‘valar, b - kalibrlangan jo‘valar

Bosim bilan ishlov berish usullari kabi, prokatlash ham issiq va sovuq holda bo‘ladi. Sovuq holda prokatlashga qaraganda issiq holda prokatlash keng tarqalgan. Qizdirilgan metallning yuqori haroratda deformatsiyaga qarshiligi kam bo‘lib va plastikligi yuqori bo‘ladi. Sovuq holda prokatlash nisbatan yupqa va yuqori sifatli yuzali listlarni olishda qo‘llaniladi, masalan, yupqa listlar yoki yupqa trubalar. Ba’zi hollarda, iliq prokatlash deb ataluvchi - oraliq haroratda ishlov berish ham qo‘llaniladi. Shuni ta’kidlab o‘tish kerakki, prokatlash nafaqat ma’lum shaklga ega bo‘lgan mahsulot olishda, balki ma’lum darajada metallarning mexanik xossalarining ko‘tarilishiga ham yordam beradi.

Nazorat savollari

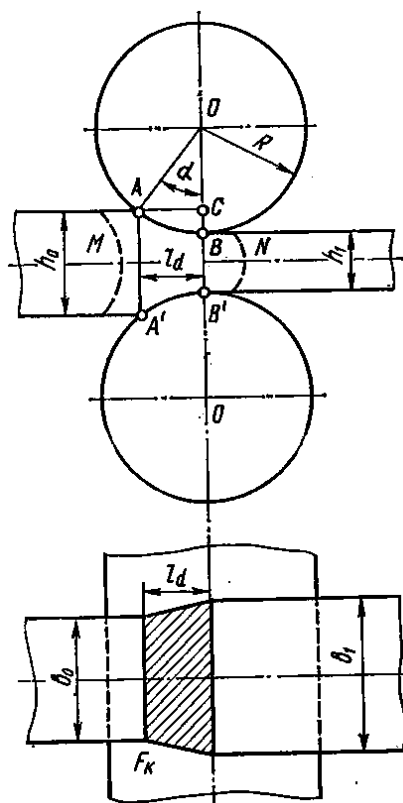
1. Prokatlash deb nimaga aytiladi?
2. Deformatsiya deganda nimalarni tushunasiz?
3. Prokatlash usuli orqali qanday ko‘rinishdagi buyumlar olinadi?

2-amaliy mashg‘ulot

Deformatsiya o‘chog‘i va uning geometrik tavsifnomalarini o‘rganish

Deformatsiya o‘chog‘i deb polosaning, shu onda deformatsiyaga ta’siri ostida bo‘lgan qismiga aytiladi (1-rasm). Prokat jarayonining soddalashtirilgan tavsifida deformatsiya joyi deb qabul qilingan qismning, kesimlar bilan cheklangan AA' , BB' va jo‘valarning boshqa aylanalari AB ,

$A'B'$ bilan bog'liq. Bu geometrik (idealizatsiyalangan) deformatsiya o'chog'i deyilgan,.



2.1 - rasm. Deformatsiya o'chog'i

Eksperimental izlanishlar shuni ko'rsatadiki, deformatsiya o'chog'ining haqiqiy chegarasi AA' va BB' kesishishi bilan mos kelmasligi mumkin. Masalan, plastik deformatsiya M chiziqdan boshlanib, N chiziqda tugashi mumkin. M va N chiziqlari orasidagi tuzilgan qism fizik deformatsiya o'chog'i haqiqiydir. Fizik deformatsiya o'chog'ining darajasi geometrik deformatsiyaga qaraganda ko'proq. Polosaning bir qismi deformatsiya o'chog'iga yuz tutadi lekin usha vaqtning o'zida deformatsiyaga uchramaydi, buni tashqi yoki qattiq joyi deb ataladi.

Geometrik deformatsiya o'chog'iga mansub asosiy tushunchalar bilan tanishib chiqamiz, AB yoyini kontakt yoyi yoki ushlab qolish yoyi deb ham atashadi, unga mos keladigan markaziy burchak α -kontakt burchagi yoki ushlab qolish burchagi deyiladi. Kontakt yoyining gorizontall proyeksiyasi (AB qism) deformatsiya o'chog'ining uzunligi deb qabul qilinadi l_d 2.1-rasmning pastki qismida polosaning jo'valar yuzasining gorizontall proyeksiyasiga teginishi shtrix bilan ko'rsatilgan-kontakt yuzasi F_k .

Deformatsiyaning geometrik shartlarining eng muhim xarakteristikasi bu deformatsiya o'chog'i uzunligining polosaning o'rtacha qalinligiga nisbatidir: l_d/h_{cp} . Bu ko'rsatkich ba'zida - koeffitsiyent omili (yoki faktor omili) prokatlash jarayonini analiz qilishda keng qo'llaniladi. Polosaning o'rtacha qalinligi deformatsiya o'chog'ida o'rta arifmetik sifatida aniqlanadi.

$$h_{cp} = (h_0 + h_1)/2, \quad (2.1)$$

(2.1) ifoda nisbatan soddaroq hisoblanadi, lekin yetarlicha aniq emas, chunki polosaning qalinligi deformatsiya o'chog'i davomida (AB va A'B' qism bo'ylab emas) aylana bo'yicha o'zgaradi. Deformatsiya o'chog'ida polosaning haqiqiy o'rta qalinligi (2.1) formuladan aniqlanganidan biroz kamroq. Agar kontakt yoyini parabola bilan almashtirsa, shunda formula olinadi.

$$h_{cp} = (h_0 + h_1)/3, \quad (2.2)$$

Shu bilan birga h_{cp} aniq qiymati ushbu formulani beradi:

$$h_{cp} = \sqrt{h_0 h_1}. \quad (2.3)$$

l_d/h_{cp} parametri ko'ndalang kesimda deformatsiya o'chog'ining geometrik shartlarini ifodalaydi. Deformatsiya o'chog'ini ifodalashda b_{cp}/l_d nisbati xizmat qiladi. Bu yerda b_{cp} – polosaning deformatsiya o'chog'ida o'rtacha qalinligi, ba'zida b_o/l_d nisbati ishlatiladi.

Kalibrlar bilan prokatlashda deformatsiyaning geometrik shartlari tabiiyki, kalibrning shakliga bog'liq.

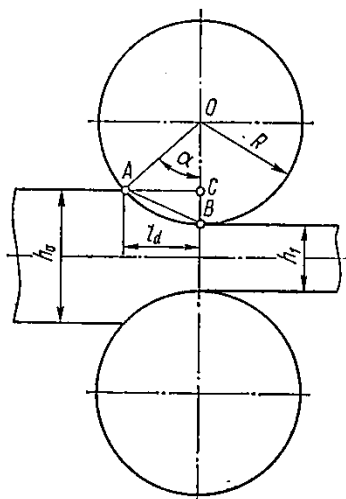
Nazorat savollari:

1. Deformatsiya o'chog'i deganda nimani tushunasiz?
2. Deformatsiya o'chog'i va uning geometrik tavsifnomalariga nimalar kiradi?
3. Kalibr deganda nimani tushunasiz?

3-amaliy mashg'ulot

Ushlab qolish burchaklarini hisoblash

Tog'ri burchakli uchburchakdan AOC ushlab qolish burchaklarini α , hisoblash uchun 3.1-rasm dagi sxemadan foydalanib formulani chiqarib olamiz.



3.1-rasm. Deformatsiya o'chog'ining geometrik parametrlari

$$\cos \alpha = OC/OA \text{ ni olamiz} \quad (3.1)$$

$$OC = OB - CB = R - \Delta h/2; \quad OA = R.$$

OC va OA belgilarini formulaga qo'yish bilan

$$1 - \cos \alpha = 1 - (R - \Delta h/2)/R = 1 - (\Delta h/2R) = 1 - (\Delta h/D). \quad (3.2)$$

Trigonometrik tenglik orqali bu formulaga (3.2) boshqacha yondashish ham mumkun.

$$1 - \cos \alpha = 2 \sin^2(\alpha/2), \quad (3.3)$$

shunda formula orqali $2 \sin^2(\alpha/2) = \Delta h/D$ olamiz,

$$\sin(\alpha/2) = \sqrt{\Delta h/(2D)}, \quad (3.4)$$

(3.2) va (3.3) formulalar negizi bir xil bo‘lib, o‘zaro almashuvchandir. Lekin bu formulalar orqali α burchak trigonometrik funksiya ko‘rinishida aniqlanadi.

Agar $\sin(\alpha/2) \approx \alpha/2$, yo‘l qoyilib qabul qilsak, u holda kontakti ushlab qolish burchagini hisoblash formulasining oddiy va qulay usulini olamiz.

Radianlarda

$$\alpha\sqrt{\Delta h/R}, \quad (3.5)$$

Burchak ostida

$$\alpha = (180/\pi)\sqrt{\Delta h/R} \approx 57,3\sqrt{\Delta h/R}, \quad (3.6)$$

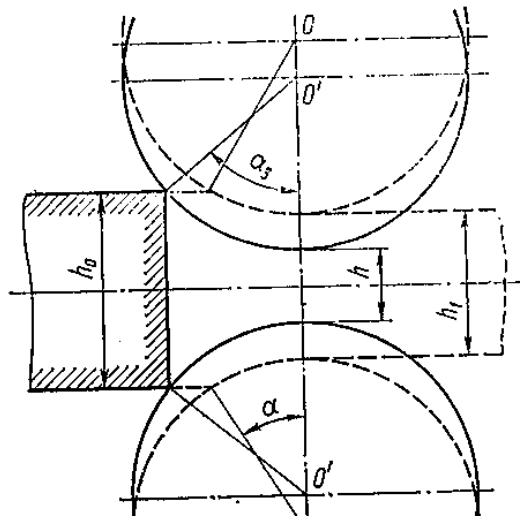
Formulaning (3.5) aniqligi yetarli darajada. Texnologik hisoblashda berilgan α va D orqali mutloq siqishni Δh aniqlash mumkun. Shunda (3.2) va (3.5) formulalarini o‘zgartirib qo‘ysa bo‘ladi.

$$\Delta h = D(1 - \cos \alpha); \quad (3.7)$$

$$\Delta h = R\alpha^2. \quad (3.8)$$

(3.2) va (3.5) formulalari prokatlash jarayonida burchak kontaktini hisoblashda qo‘llaniladi.

Shu bilan birga prokatlash jo‘valarini ushlab olish xususiyatini to‘g‘ri baholash uchun bilish kerak bo‘lgan ushlab qolish α^3 burchagi jo‘valar va polosaning boshlang‘ich teginish momentiga mos keladi (3.2-rasm). (3.2) va (3.6) formulalari orqali aniqlangan α^3 burchak o‘zining kattaligi bilan α burchak dan kattaroq. Stanning detallarida qattiq deformatsiya bo‘lgani uchun, jo‘valar ushlab olish vaqtida bir necha bor suriladi. Polosaning jo‘valarda kirish paytida bo‘shliqning kattalashishini prokat stanlarining ishchi kletlarining prujinasi deyiladi.



3.2-rasm. Stan prujinasini hisobga olgan holda, ushlab olish burchagini aniqlash

Prujinaning kattaligi $\delta = h_1 - h$ hosil qiladi. Ushlash burchagi α^3 boshlanishini aniqlash uchun (3.2) va (3.4) formulalardan foydalanish mumkun. Lekin bunda

$h_0 - h$, har xilligini hisobga olgan holda kirgizish lozim.

$$\begin{aligned} h_0 - h &= \Delta h + \delta, \\ \cos \alpha_3 &= 1 - (h_0 - h)/D = 1 - (\Delta h + \delta)/D, \end{aligned} \quad (3.9)$$

$$\sin(\alpha_3/2) = \sqrt{(h_0 - h)/(2D)} = \sqrt{(\Delta h + \delta)/(2D)}; \quad (3.10)$$

$$\alpha^3 = \sqrt{(h_0 - h)/R} = \sqrt{(\Delta h + \delta)/R}. \quad (3.11)$$

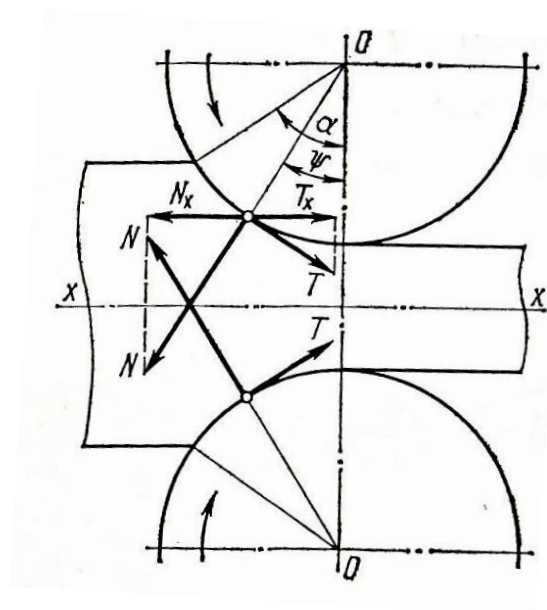
(3.9) va (3.11) formulalari bilan taqqoslagandan ko‘rinib turibdiki, α^3 va α burchaklar orasidagi farqlar bu Δh kattaliklari qo‘shilishiga bog‘liq. Agar prujina δ taqqoslaganda siqish Δh –dan kamroq bo‘lsa, unda α_3 va α burchaklarning o‘rni yaqin bo‘ladi.

Barqaror prokat jarayonida ushlab qolish shartlari

Aytaylik, polosaning dastlabki ushlab olish qobiliyati ketdi va barqaror prokat jarayoni paydo bo‘ldi. Endi biz jo‘valarni bir - biriga yaqinlashtiramiz, kontakt burchagining siqilishini asta - sekin oshiramiz. Jo‘valar metallga siljiy boshlaguncha aloqa burchagini qanday chegara

qiymatiga yetkazish mumkin. Barqaror holatga o'tish bosqichida polosaga qo'llaniladigan kuchlarni ko'rib chiqamiz. Kontakt joyining har bir nuqtasida polosaga elementar normal bosim kuchi ta'sir qiladi, ushbu kuchlar yig'indisi biron bir φ burchakka yo'naltirilgan N natijasini beradi (3.3 - rasm).

Elementar ishqalanish kuchlari ham kontakt yuzasi bo'ylab harakat qiladi, ularning natijaviy kuchi T kuchdir. Elementar ishqalanish kuchlari yig'indisiga nisbatan quyida elementlar zarur. Keyinchalik, kontakt yuzasida odatdagi siljish jarayonida ikkita siljish joyi borligi ko'rsatiladi, bundan tashqari bir joyda ishqalanish kuchlari prokat yo'nalishi bo'yicha, ikkinchisida esa yo'nalishiga qarshi harakatlanadi. Ammo ushlab qolish shartini chiqarayotganda bu cheklangan aylanma moment qachonki barcha ishqalanish kuchlari orqali tortish sifatida to'liq ishlatilganda hisobga olinadi. Bunday holda, aloqa yuzasida faqat bitta siljish joyi mavjud va barcha ishqalanish kuchlari hosil bo'ladigan T gacha kamayadi, N kuchiga perpendikulyar ravishda yo'naltirilgan.



3.3 - rasm. Barqaror prokat jarayonida oxirgi momentdagi kuchning sxemasi

Orqaga tortish kuchlari itarish kuchlarini yengib o'tish uchun yetarli bo'lgan taqdirda prokat jarayoni buzilmaydi. Ushlab qolish shartini $N_x \leq T_x$ ko'rinishida yozib olishimiz mumkin.

(3.3 - rasm) dan ko'rinib turibdiki:

$$N_x = N_{\sin \varphi}, \quad (3.12)$$

$$T_x = T_{\cos\varphi} = N f_y \cos\varphi. \quad (3.13)$$

Bu yerda f_y -barqaror prokat jarayonida ishqalanish koeffitsiyenti. N_x va T_x kuchlarining qiymatini ushlab qolishning boshlang'ich shartiga almashtirib $N_{\sin\varphi} = N f_y \cos\varphi$ olamiz, shundan kelib chiqadi.

$$tg\varphi \leq \beta_y. \quad (3.14)$$

Agar $f_y = tg\beta_y$, bu yerda β_y - barqaror siljish jarayoni bilan ishqalanish burchagi, ushlab olish shartlarini bunday shaklda ifodalash mumkin.

$$\varphi = \beta_y. \quad (3.15)$$

(3.14) va (3.15) formulalardan foydalanish tog'ridan to'g'ri qiyinchiliklar tug'diradi, chunki burchakni φ oldindan o'lchash kerak. Birinchi yondashuv tartibidan $\varphi = \alpha/2$ aloqa o'rtasida qo'llanilgan N va T kuchlarini qabul qiling. Shunda (3.14) va (3.15) formulalarini hisoblash qanday ko'rinishiga olib kelinadi.

Nazorat savollari:

1. Ushlab qolish burchaklarini hisoblash qanday bajariladi?
2. Elementar ishqalanish kuchlari qanday harakatlanadi?
3. Barqaror prokat jarayonida ushlab qolish sharti qanday aniqlanadi?

4-amaliy mashg'ulot **Deformatsiya o'chog'ini aniqlash**

Amaliy ishning vazifasi bo'lakning $AC=l_d$, 4.1- rasmdagi sxemaga yuzlanib, uzunligini aniqlashdir.

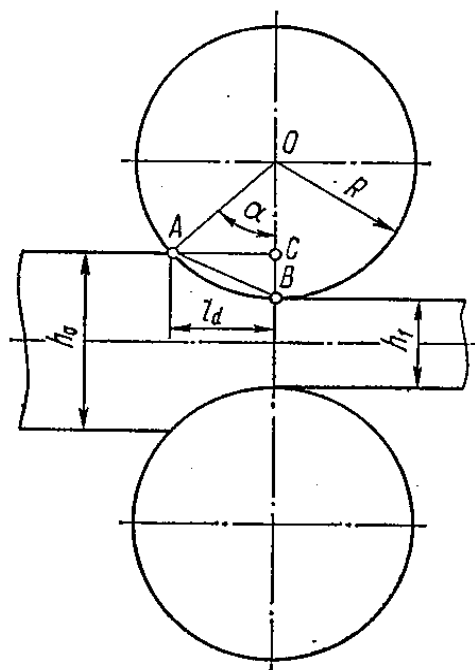
AOC uchburchagidan

$$l_d = R \sin\alpha. \quad (4.1)$$

topamiz.

$$l_d = R\alpha. \quad (4.2)$$

Ammo (4.1) va (4.2) formulalari hisoblash uchun qulay emas, l_d , ni aniqlash uchun α burchakni oldindan hisoblash kerak bo'ladi. Shuning uchun prokatlash nazariyasida asosan boshqa formula qo'llaniladi. Δh va R ni qo'llagan holda deformatsiya o'chog'ining uzunligini aniqlashda foydalaniladi.



4.1-rasm. Deformatsiya o'chog'ining geometrik parametrlari

4.1-rasmdagi AOC uchburchakka yuzlangan holda,

$$l_d = AC = \sqrt{(OA)^2 - (OC)^2} = \sqrt{R^2 - (R - \Delta h/2)^2}, \quad (4.3)$$

deb yozamiz.

Kvadrat qurgandan so'ng qavslar ichidagi ifoda va oddiy konversiyalardan

$$l_d = \sqrt{R\Delta h - \Delta h^2/4}. \quad (4.4)$$

(4.4) formulalardan foydalangan holda hisob - kitoblar shuni ko'rsatadiki, radikal ostidagi ikkinchi hadning qiymati birinchi hadga nisbatan kichik. Shu asosda deformatsiya $\Delta h^2/4$ joyining uzunligini

aniqlash uchun oldingi formulaning, oddiyroq shaklini e'tiborsiz qoldirish mumkin.

$$l_{d,} = \sqrt{R\Delta h}. \quad (4.5)$$

Qiyin bo'lmagan geometrik tahlil shuni ko'rsatadiki, (4.4) formuladan (4.5) formulaga o'tish AC va BC mohiyatining o'zgarishini anglatadi (4.1-rasm). Ushlash burchaklari odatda kichik bo'lgani uchun bunday almashinuv qabul qilinadi.

Nazorat savollari:

1. Deformatsiya o'chog'ini qanday aniqlash mumkin?
2. Deformatsiya o'chog'ining geometrik parametrlari qanday aniqlanadi?
3. Ushlash burchaklari odatda qanaqa bo'ladi?

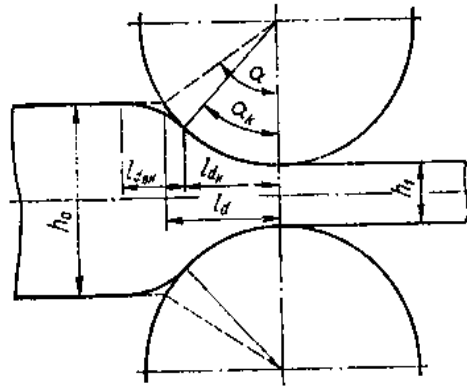
5-amaliy mashg'ulot

Kontaktida bo'lmagan deformatsiyani aniqlash

Oldingi bo'limlarda ko'rib chiqilgan geometrik bog'liqliklar unga idealizatsiya qilingan deformatsiya joyi nazarda tutiladi. Shu bilan, avval deformatsiya joyining chegaralari geometrik chegaradan tashqariga chiqish mumkinligi ta'kidlangan edi. Buning aniq namoyishi, rulonga kirmasdan oldin chiziqning orqa uchining kontaktsiz yuqori ko'tarilishidir.

Oxirigacha prokat bo'lmagan namunalarning ko'plab o'lchovlari shuni ko'rsatadiki, prokat jarayonida deformatsiya joyi bilan aloqa qiladigan deformatsiyaga kirmasdan oldin ham lenta balandligi pasayishi l kontakt balandligining qisqarishi chiziqlar kengligi bo'ylab yon qirralarning yonida notekis taqsimlanadi, o'rtadan qarama - qarshi naqsh kuzatilgan juda tor chiziqlar bundan mustasno, maksimal tortish namunaning uzun o'qida bo'ladi.

Balandlikning qisqarishi ko'rsatkichi bilan tavsiflanishi mumkin;

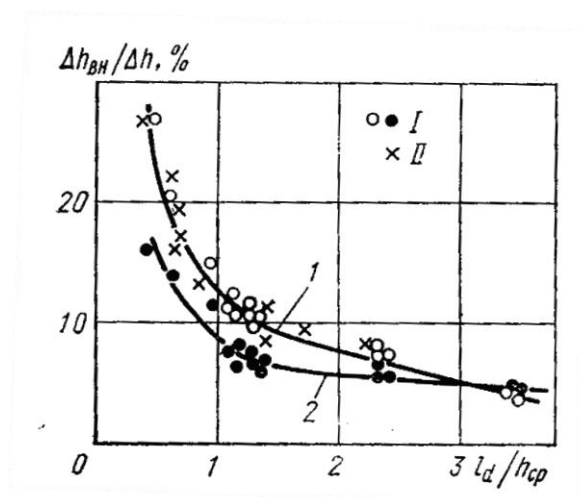


5.1 - rasm. Polosaning kontaktda bo'lmagan balandlik tortishuvi

$$\nu = \Delta h_{BH} / \Delta h. \quad (5.1)$$

Bu yerda Δh_{BH} -kontakt bo'lmagan joyda mutloq siqish. O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadi, tortish balandligi indikatorning, asosan deformatsiyaning geometrik sharoitlariga bog'liq. Forma faktori l_d/h_{cp} ayniqsa muhimdir uning kamayishi bilan kontaktsiz deformatsiya kuchayadi.

Misol tariqasida 5.2-rasmda, qo'rg'oshin va po'latni prokatlash paytida kontaktni maxkamlashdan tashqari o'lchov natijalari namunaviy qism $h_o \times b_o = 30 \times 50_{MM}$, jo'valarda diametri 194_{MM} . Jadvallardan ko'rinib turibdiki, $l_d/h_{cp} < 0,5$ oralig'ida undagi kontaktni kamaytirish qiymati umumiy pasayishning 15-12% dan kam emas.



5.2 - rasm. Kontaktda bo'lmagan nisbat parametri

Ko‘rinib turibdiki, kontaktsiz balandlikda qisqarish kontakt yoyi va α burchagi pasayishiga olib keladi (5.1-rasm).

Agar ν ko‘rsatkich ma’lum bo‘lsa, unda siz kontakt deformatsiyasi joyining haqiqiy parametrini aniqlashingiz mumkin. Aloqa siqishning haqiqiy kattaligi kontakt sohasida $\Delta h - \Delta h_{BH}$ bo‘ladi. Shuni hisobga olib,

$$l_d = \sqrt{R\Delta h(1 - \nu)} = l_d \sqrt{1 - \nu}, \quad (5.3)$$

xuddi shunday topamiz.

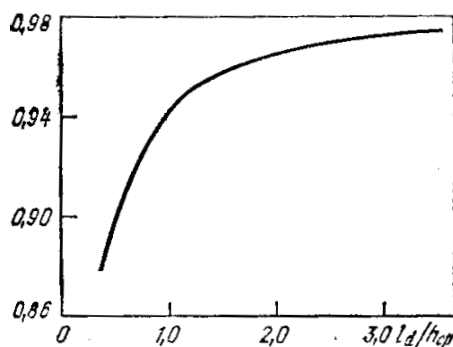
$$\alpha_R = \sqrt{(\Delta h - \Delta h_{BH})/R},$$

yoki

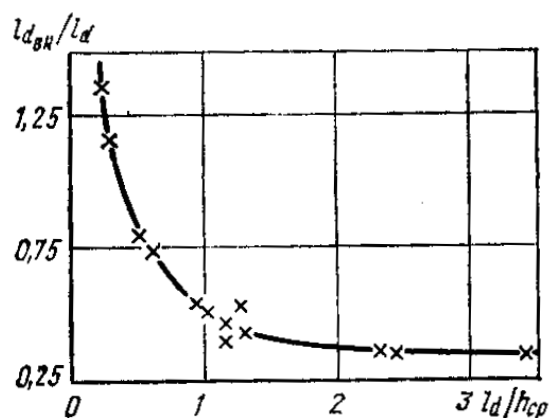
$$\alpha_R = \sqrt{(\Delta h/R)(1 - \nu)} = \alpha \sqrt{1 - \nu}. \quad (5.4)$$

Bu yerda α_R -kontakt burchagi balandlik tortishishini hisobga olgan holda. Kontakt deformatsiyasi joyi uzunligi va aloqa burchagi l_d/h_{cp} forma faktorining qiymatiga qarab kamayishini tavsiflovchi grafik 5.3-rasmda keltirilgan. Grafik (5.3) va (5.4) ifodalar yordamida 5.2-rasmdagi eksperimental ma’lumotlarga binoan tuzilgan, ν qiymati esa o‘tkazuvchanlik kengligi bo‘yicha o‘rtacha sifatida qabul qilingan, shu tariqa burchak kontaktning kamayishi va chiqish qisqarishi sababli burchak kontakt deformatsiyalari uzunligi $l_d/h_{cp} = 0,1$ taxminan 6% ni tashkil qiladi, va $l_d/h_{cp} < 0,5$ da 10% dan ko‘proq.

Ba’zi kontaktda bo‘lmagan deformatsiya polosaning jo‘valar orasida tekislikda chiqishi bilan ham kuzatiladi. Lekin kirishga qaraganda u juda kam darajada namoyon bo‘ladi.



5.3 - rasm. Balandlik tortishuvining kontaktdagi deformatsiya o‘chog‘ining geometrik parametrlariga ta’siri



5.4 - rasm. Kontaktda bo‘lmagan deformatsiya o‘chog‘ini uzunligining bir - biriga bog‘liqligi

Nazorat savollari:

1. Kontaktda bo‘lmagan deformatsiyani aniqlash qanday bajariladi?
2. Polosaning kontaktda bo‘lmagan balandlik tortishuvi qanday bo‘ladi?
3. Kontaktda bo‘lmagan nisbat parametri qanday aniqlanadi?

6-amaliy mashg‘ulot

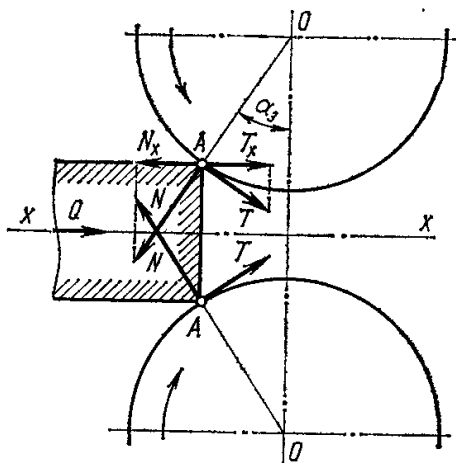
Erkin boshlang‘ich ushlagich shartini o‘rganish

Agar polosa aylanayotgan jo‘valarga qaratilgan bo‘lsa va qirralari bilan tegib turgan bo‘lsa, bunda polosaning jo‘valar bilan ushlab olish jarayoni sodir bo‘ladimi? Bu savolga javob berish uchun ushlab olish shartlarini shakillantirib olish kerak.

Agar itarish kuchi α yordamida polosa jo‘valarga olib borilsa, qirralarining pachoqlanishiga olib kelmaydi, shunda ushlab olish erkin yoki tabiiy deb ataladi. Bunday ushlab qolish amaliyotda tez - tez uchraydi.

Teginish nuqtasida A normal bosim N va ishqalanish kuchi T ga ta’sir qiladi (6.1-rasm). Ishqalanish kuchlari polosani jo‘valar tomon tortishga harakat qiladi, normal bosimning kuchlari bunga to‘sqinlik qiladi. Ko‘rinib turibdiki, ushlab qolish imkoniyati tortib olish va qaytarish kuchlari nisbatiga bog‘liq.

Ushlab qolishni amalga oshirish uchun ishqalanish kuchining T_x gorizontalk tarkibiy qismlari N_x normal bosim kuchining gorizontalk tarkibiy qismlaridan kattaroq yoki ularga teng bo‘lishi kerak. Matematik jihatdan quyidagi ko‘rinishda tasavvur qilish mumkin.



6.1 - rasm. Polosa kuchining jo‘valarga teginish momenti sxemasi

$$N_x \leq T_x, \quad (6.1)$$

6.1-rasmdagi sxemadan kuchni topamiz.

$$N_x = N_{\sin \alpha_3}, \quad (6.2)$$

$$T_x = T \cos \alpha_3, \quad (6.3)$$

Amanton ishqalanish qonunini qo‘llaymiz

$$T_x = f_3 N. \quad (6.4)$$

Bu yerda f_3 jo‘valarda polosa qirralari sirpanishining ishqalanish koefitsiyenti keyinchalik ushlab qolishda ishqalanish koefitsiyenti deb ataladi.

Shunda olamiz

$$T_x = f_3 N \cos \alpha_3. \quad (6.5)$$

Toliqqan gorizonta N_x va T_x kuchlarning qiymatini dastlabki (1) holatiga qo‘yamiz.

$$N_{\sin \alpha_3} \leq f_3 N \cos \alpha_3.$$

Bu ifodani chap va o‘ng qismga bo‘lsak, $N \cos \alpha_3$,

$$t_g \alpha_3 \leq f_3. \quad (6.6)$$

deb qabul qilamiz.

Bu formula (6.6) boshlang'ich erkin ushlab qolish shartlarini aks ettiradi.

Ushbu shartni og'zaki shakllantirish quyidagicha: jo'valar polosani ushlab qolish sodir bo'lishi uchun, ushlab qolishda ishqalanish koeffitsiyenti ushlab qolish burchagining tangensidan kichikroq yoki hech bo'lmaganda, unga teng bo'lishi kerak.

Ko'pincha ushlab qolish shartlari boshqacha yanayam ko'proq, bundan osonroq ko'rinishda ifodalanadi.

Nazorat savollari:

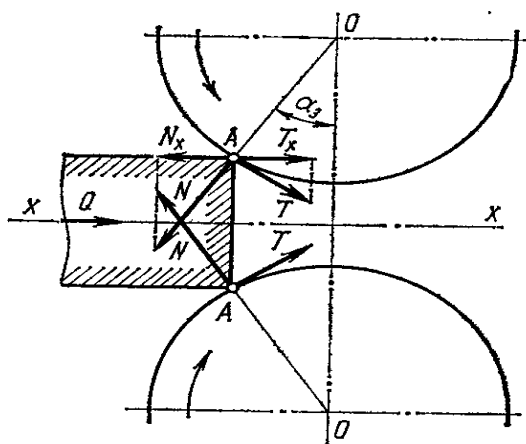
1. Erkin boshlang'ich ushlagich sharti qanday bo'ladi?
2. Polosa kuchining jo'valarga teginish momenti qanday aniqlanadi?
3. Ishqalanish kuchining gorizontalk tarkibiy qismlari qanaqa bo'ladi?

7-amaliy mashg'ulot Majburiy ushlab qolish

Q itarish kuchi (7.1-rasm) metallni katta va sezilarli darajada jo'valarga bosib kirgizishga qodir. Bunday ushlab qolish majburiy yoki sun'iy deb ataladi. Yetarli darajada itarish kuchi bo'lgan holda ushlab qolish $\alpha_3 < \beta_3$ sharti bo'lgan holda sodir bo'lishi mumkin. Q kuch, T ishqalanish kuchi kabi prokat bo'ylab yo'naltirilgan (7.1-rasm). Biroq ushlab qolish sodir bo'lishida bu kuchlarning roli juda ham har xil. Shu mavzuga to'xtalib o'tamiz.

Polosaga ta'sir etuvchi ko'ndalang kuch muvozanat tengligini tuzamiz, Q kuchni hisobga olib

$$2N_x = 2T_x + Q,$$



7.1 - rasm. Polosa kuchining jo'valarga teginish momenti sxemasi

N_x va T_x kuchlar belgisini shu tenglikka qo'ygan holda (7.1) va (7.2) formulalariga muvofiq,

$$Q = 2N \cos \alpha_3 (\operatorname{tg} \alpha_3 - f_3), \quad (7.1)$$

va

$$N = Q / [2 \cos \alpha_3 (\operatorname{tg} \alpha_3 - f_3)], \quad (7.2)$$

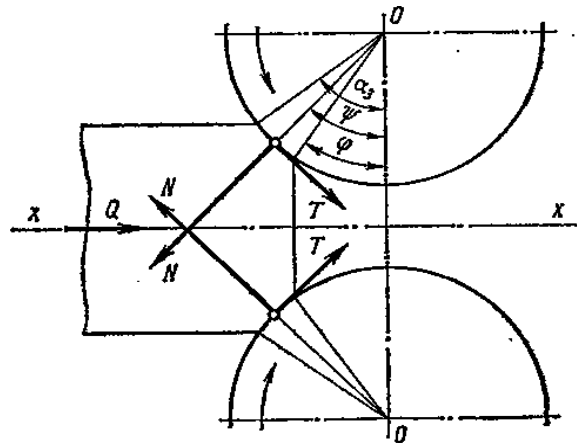
Q itarish kuchi (7.2) ifodaga javoban qarama - qarshi N itarish kuchi ortishiga olib keladi. Shu tariqa Q kuch o'z holicha tortib olish kuchi ustidan qarama - qarshi itarish kuchlari ortiqcha vazn hosil qila olmaydi.

Q kuch ushlab qolish sodir bo'lishi uchun bilvosita hissa qo'shadi. Uning ta'sirida polosaning old qirralari buriladi, buning natijasida N va T kuchlar qo'llash nuqtasi jo'valar og'zining tubiga siljiydi (7.2-rasm). Ushlab qolish nisbatan qulay bo'lgan, kuchlarning burilishi sodir bo'ladi. Agar φ burchak N va T kuchning egilishini belgilovchi bo'lsa, ishqalanish burchakning kattaligicha kichrayadi. Bundan tashqari, harakat natijasida itarish kuchlari stanning ishchi kletlarining prujinasiga chiqib ketadi, natijada jo'valar suriladi, shu tariqa ushlab qolish amalga oshirilishiga hissa qo'shadi.

E'tibor bering, kuchlarning statik muvozanati shartiga ko'ra itarish kuchi faqat umumiy holda mavjud bo'lishi mumkin, tortish burchagi ishqalanish burchagidan kattaroq bo'lganda: $\alpha_3 > \beta_3$.

Majburiy ushlab qolish nazariyasining asosiy savolini quyidagicha shakllantirish mumkin; har xil berilgan α_3 va β_3 burchaklarda, ushlab qolish sodir bo'lishi uchun itarish kuchi qanday kattalikga ega bo'lishi kerak? Quyidagi formulaga mos xulosa keltirilgan. Q kuch ta'sirida, polosa jo'valar og'ziga siqila boshlaydi deb qabul qilamiz. Ba'zi bir oraliq

vaqtda polosaning oldingi tarafi φ burchak ostida, N va T kuchning qo'yilish nuqtasi esa φ burchak ostida (7.2-rasm) bo'ladi.



7.2 - rasm. Majburiy ilashtirish Q kuchi ta'sirida polosa qirralarining pachoqlanishi

Bu moment uchun formulaga muvofiq yozish mumkin;

$$Q\varphi = 2N\cos\varphi(\operatorname{tg}\varphi - f). \quad (7.3)$$

Bu yerda f -ishqalanish koeffitsiyenti burchak maydonlarining pachoqlanishi.

(7.3) formulani o'zgartiramiz:

$$Q\varphi = 2N\cos\varphi \frac{\sin\beta}{\cos\beta} = \frac{2}{\cos\beta}(\sin\varphi\cos\beta - \cos\varphi\sin\beta) = \frac{2N}{\cos\beta}\sin(\varphi - \beta), \quad (7.4)$$

β -burchak ishqalanishi, f ishqalanish koeffitsiyentiga mos ravishda.

Formulalar bo'yicha hisoblash uchun, o'rta bosim p_{cp} kontaktining, pachoqlanish maydonlaridagi ishqalanish f koeffitsiyentini bilish kerak. f ishqalanish koeffitsiyenti oralig'ida, ishqalanish koeffitsiyentini o'rtacha ushlab qolishning boshlang'ich momenti deb qabul qilsa bo'ladi va prokat vaqtida shakllanadi;

$$f = 0,5(f_3 + f_y).$$

f_{3v} f_y , ishqalanish koeffitsiyentining metodikasini aniqlash keyingi boblarda keltirilgan.

Nazorat savollari:

1. Polosaga ta'sir etuvchi kuchni qanday aniqlaymiz?
2. Majburiy ushlab nazariyasining asosiy savolini qanday shakllantirish mumkin?
3. Majburiy ilashtirish Q kuchi ta'sirida polosa qirralarining pachoqlanishini tushuntirib berolasizmi?
4. Polosa deganda nimani tushunasiz?

8-amaliy mashg'ulot Dinamik ushlagichni o'rganish

Ushlab olish protsessining negizi dinamik protsess hisoblanadi, inersiya kuchlari doim ishtirok etadi. Mexanikadan ma'lumki, harakatlanayotgan jismning tezligi o'zgarishi inersiyasi kuchning tarkibiy qismidir.

$$Q_{in} = ma = m(dv/d_\tau), \quad (8.1)$$

Bu yerda m -jism massasi; $a = dv/d_\tau$ -tezlanish, dv -jism tezligining vaqtga d_τ ga nisbatan o'zgarishi.

Ko'ndalang kuchlarning muvozanati tenglamasini yozamiz, polosaga tushgan inersiya kuchini hisobga olgan holda (Q statistik itarish kuchi yo'qligini hisobga olgan holda)

$$2N_x \pm m(dv/d_\tau) = \pm 2T_x, \quad (8.2)$$

(Inersiya a'zosi (dv/d_τ)) polosa jo'valarga kirish paytida tezlanish yoki sekinlashishga qarab, inersiya a'zosi $m(dv/d_\tau)$ manfiy yoki musbat bo'lishi mumkin. Haqiqiy xossalari belgi a'zodan oldin dv/d_τ ni aniqlagandan so'ng ko'rinadi. Belgining ko'rinishi T_x kuch oldida bo'ladi. Ushlab qolish protsessiga inersiya kuchlarning ta'sirini analiz qilgan holda, prokatning bir necha turlarini ko'rib chiqamiz.

Birinchi variant: $\alpha_3 < \beta_3$; $v_0 < v_\beta$, bu yerda- v_0 polosaning jo'valarga yaqinlashish tezligi, v_β ,-jo'valarning aylana tezligi.

Ushbu holatda T_x kuch ijobiy va $N_x < T_x$. Shuning uchun birinchi aloqa paytidan boshlab polosa statik ravishda muvozanatsiz tortish kuchi $2(T_x - N_x)$ harakat qiladi. Ushbu kuch ta'sirida polosa jo'valarga tezlashgan holda kiradi.

Ikkinchi polosaning oldingi chetining tezligi jo'valarning periferik tezligiga teng keladigan paytgacha ko'payadi; shundan keyin tezlanish pasayishini boshlaydi va prokat jarayoni barqarorlashadi.

Yuqoridagi fikrlardan kelib chiqadiki, bu $\alpha_3 < \beta_3$ da inersiya kuchi tenglamada ijobiy belgiga ega (8.2), ushlab qolish protsessiga muhim ta'sir o'tkazmaydi. Haqiqatan agar ushlab qolish burchagi α_3 ishqalanish burchagi β_3 dan sezilarli kam bo'lsa, unda ushlab qolish juda aniq va tez amalga oshiriladi. Agar α_3 burchak β_3 ga yaqin va shu bilan birga inersiya kuchi katta bo'lsa, unda ushlab qolish mohiyati barqaror bo'lib qoladi. Bu holda, nisbatan kichik tortishish kuchi $2(T_x - N_x)$ inersiya kuchini yengib chiqadi. Amalda bu polosa jo'valarga dastlabki tebranish sakrab kirib berishi bilan namoyon bo'ladi. Shuning uchun katta tutash burchaklar bilan aylanayotganda tezlik $v_B - v_0$ har xilligiga erishish maqsadga muvofiqdir.

Ikkinchi variant: $\alpha_3 < \beta_3$; $v_0 > v_\beta$. Bu holda polosa jo'valarga tegsa, zarba sodir bo'ladi. Dastlabki lahzada inersiya kuchi prokat yo'nalishi bo'yicha yo'naltirilgan, T_x ishqalanish kuchi salbiy bo'ladi. Bu bosqichda polosa sekinlik bilan harakatlanadi. Tormozlanish davri metall kesmaning kirish qismidagi tezlik rulonlarining periferik tezligidan past bo'lguncha davom etadi; shundan so'ng, aloqa yuzasining tegishli qismida ishqalanish kuchlari polosani tortib olishni boshlaydi. Barqaror prokat bosqichi boshlanadi. Shunday qilib, ushlab qolish mustahkam amalga oshadi.

Uchinchi variant: $\alpha_3 > \beta_3$; $v_0 < v_\beta$. Berilgan sharoitlarda T_x ishqalanish kuchiga tegishning dastlabki momentida ijobiy, lekin $T_x < N_x$, shuning uchun $T_x - N_x$ har xilligi salbiydir. Bu shuni anglatadiki, jo'valar polosani ushlab qololmaydi. Jo'valar bilan tegingan polosa to'xtab qolishi kerak edi, lekin uning kinetik energiyasi hisobiga burchaklarning ba'zi pachoqlanishi yuz beradi. Unga φ burchak N va T kuchlarning egilishini harakterlovchi a burchakdan kichik bo'ladi.

To'rtinchi variant: $\alpha_3 > \beta_3$; $v_0 > v_\beta$. Bu ushlab qolishning qiyinroq holati. Polosa jo'valarga urilish bilan kirsa ($v_0 > v_\beta$), T_x ishqalanish kuchining dastlabki aloqa momenti salbiydir. Polosa tormozlangani uchun inersiya kuchlari prokat yo'li bilan yo'naltirilgan. Tabiiyki qirralar pachoqlanishi sodir bo'ladi.

Ba'zi momentlarda polosaning tezligigacha yiqiladi, shundan so'ng ishqalanish T_x kuchi o'zining yo'nalishini qarama - qarshi tarafga o'zgartiradi, orqaga tortuvchi bo'ladi. Ushlab qolish jarayonida polosaning tormozlanish paytida beradigan kinetik energiyasi, bu

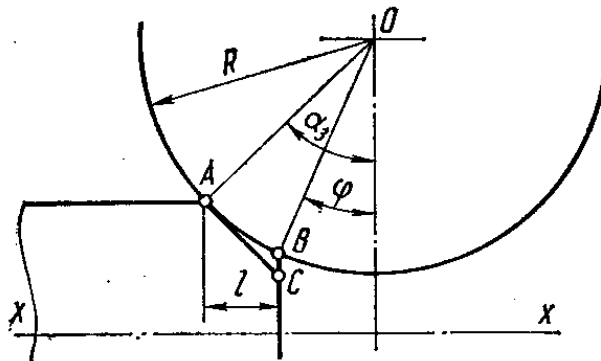
$$\Delta E = m(v_2^0 - v^2)/2, \quad (8.3)$$

bu yerda m -polosaning massasi, v -polosaning hozirgi holatidagi tezligi.

$$\Delta E = A_N + A_T, \quad (8.4)$$

Bu yerda A_N -normal bosimning ish kuchi, A_T -ishqalanish kuchining ishi. Polosani ikkinchi bor ushlab qolish bosqichida polosa qirralarining qo'shimcha o'lchash jarayoni sodir bo'ladi.

Chiziqning old tomoni polosa jo'valar orqali ma'lum masofaga o'tganda A_N va A_T atamalarining kattaligini aniqlaymiz (8.1-rasm).



8.1 - rasm. Dinamik ushlab qolish paytida qirralarni maydalash sxemasi

N chekkalarining ezilishini hisobga olgan holda l yo'lga bosim o'tkazuvchi normal kuchning ishlashi qirralarining pachoqlanishini hisobga olib,

$$A_N = 2 \int_0^1 N dl \cos(N, x), \quad (8.5)$$

Bu yerda $\cos(N, x)$ -burchak kosinusi radial qaratilgan N kuch va bo'ylama x o'qi oralig'ida. Hosil qilishni soddalashtirish uchun AB kontakt yoyini teginuvchi AB segmenti bilan almashtiring.

U holda $\cos(N, x)$ doimiy bo'ladi;

$$\cos(N, x) = \cos(90^\circ - \alpha_3) = \sin \alpha_3,$$

N kuchni bunday holatda tasavvur qilish mumkin;

$$N = P_{cp} 6(AB) \approx P_{cp} b(AC) \approx P_{cp} bl / \cos \alpha_3,$$

N kuchning qiymatini (8.3) ifodaga almashtirib integrallashtirilgandan keyin topamiz;

$$A_N = 2P_{cp} b \operatorname{tg} \alpha_3 \int_0^1 l dl = P_{cp} b \operatorname{tg} \alpha_3 l_0^2, \quad (8.6)$$

Bu yerda $\cos(T, x)$ - tangensial T va bo'ylama x o'qi orasidagi burchak kosinusi.

$T = fN = fP_{cp} bl / \cos \alpha_3$ hisobga olgan holda;
Ishqalanish kuchining ishini aniqlaymiz.

$$A_T = \mp 2fP_{cp} b \int_0^1 l dl = \pm fP_{cp} bl^2. \quad (8.7)$$

Ishqalanish kuchi qanday yo'naltirilganligiga qarab A_T qiymati minus yoki ortiqcha belgisi bilan olinadi. Agar T kuchi prokat yo'nalishi bo'yicha yo'naltirilsa, qirralarning ezilishiga hissa qo'shsa, u holda α komponenti minus belgisi bilan (2) tenglikga, aks holda musbat belgisi bilan kiradi.

$$m(v_0^2 - v^2)/2 = P_{cp} bl^2 (\operatorname{tg} \alpha_3 \mp f), \quad (8.8)$$

(8.8) tenglama prokatning ba'zi bir xillarida polosaning inersiya kuchi ta'siri hisobiga ushlab qolish burchagining ehtimoliy kattalashishi vazifasini yechishning asosiy tenglamasi hisoblanadi.

Polosaning jo'valar bilan to'qnashish hodisasini osonroq yechishni topamiz; $\alpha_3 > \beta_3$; $v_0 < v_\beta$. Ko'rinib turibdiki, polosaning kinetik energiyasi uning tezligi nolga tushib ketishi bilan tugab qoladi. (8.8) tenglamasini yechish uchun $v = 0$ ni qabul qilish kerak.

Tenglamadagi berilganlarni hisobga olib topamiz.

$$l = \sqrt{mv_0^2/[2P_{cp}b(tga_3 - f)]}. \quad (8.9)$$

Inersiya kuchi hisobiga jo'valarning kiradigan qismining uzunligi shunday (8.1-rasm). Mos keladigan φ burchak ni aniqlaymiz. $R(\alpha_3 - \varphi) \approx l/\cos\alpha_3$ ni hisobga olib topamiz.

$$\varphi = \alpha_3 - l(R\cos\alpha_3), \quad (8.10)$$

(8.10) formulaga (8.9) formuladan l ni qo'yamiz:

$$\varphi = \alpha_3 - \sqrt{\frac{mv_0^2}{2P_{cp}bR^2(tga_3 - f)\cos^2\alpha_3}}, \quad (8.11)$$

Trigonometrik o'zgarishlar yo'li bilan tenglikning haqqoniyligini isbotlasa bo'ladi.

$$(tga_3 - f)\cos^2\alpha_3 = \sin(\alpha_3 - \beta)\cos\alpha_3/\cos\beta,$$

$\sin(\alpha_3 - \beta) = \alpha_3 - \beta$; $\cos\alpha_3/\cos\beta = 1$ ni kiritamiz, shunda (8.11) formulani o'rniga olamiz.

$$\varphi = \alpha_3 - \sqrt{mv_0^2/[2P_{cp}bR(\alpha_3 - \beta)]}. \quad (8.12)$$

Eslab o'tamiz polosani kirish oraliq bosqichida ushlab qolishni amalga oshirish sharti uchun

$$\varphi = (\alpha_3 + \varphi)/2 \leq \beta,$$

yoki

$$\varphi \leq 2\beta - \alpha_3, \quad (8.13)$$

(8.12) formulani qo'llaymiz.

$$\alpha_3 - \sqrt{\frac{mv_0^2}{2P_{cp}bR^2(\alpha_3 - \beta)}} \leq 2\beta - \alpha_3,$$

Oddiy o'zgartirishlardan so'ng ushlab qolish shartlariga ega bo'lamiz.

$$\alpha_3 \leq \beta + \sqrt[3]{mv_0^2/(8P_{cp}bR^2)}, \quad (8.14)$$

(8.14) formuladan polosaning jo'valarga minimal kirish tezligini aniqlash qiyin emas, $\alpha_3 - \beta$ burchaklar har xilligida ushlab qolishni amalga oshirish muhim bo'lgan operatsiya.

$$v_0 = \sqrt{8P_{cp}bR^2(\alpha_3 - \beta)^3/m}, \quad (8.15)$$

Quyida ushlab qolishning qiyinroq bo'lgan holatini ko'rib chiqamiz:

$\alpha_3 > \beta_3$; $v_0 > v_\beta$. Belgilab o'tganimizdek, polosaning jo'valarga kirishining bir necha bosqichlarga bo'linishi mumkin. Birinchi bosqichda polosaning tezligi v_0 dan v_β gacha tushadi; shu paytda ishqalanish kuchi prokat harakatiga qarshi qaratilgan, (8.8) tenglamasida f ishqalanish koefitsiyentidan oldin plyus belgisini olishi kerak. (8.8) tenglamani ishga solib l_1 ning oraliq masofasini aniqlab olamiz.

$$m(v_0^2 - v_\beta^2)/2 = P_{cp}bl_1^2(tg\alpha_3 + f),$$

$$l_1 = \sqrt{m(v_0^2 - v_\beta^2)/[2P_{cp}b(tg\alpha_3 + f)]}, \quad (8.16)$$

Ushlab qolishning ikkinchi bosqichi $v_0 = v_\beta$ momentida boshlanadi va $v_0 < v_\beta$ munosabati bilan davom etadi. Oxirgi nuqtasida polosaning tezligi nolgacha tushib ketadi.

Bu bosqichda ishqalanish kuchlari prokat yo'li bo'ylab qaratilgan bo'lsa, (8.8) tenglamada f belgisidan oldin minus belgisi turishi kerak.

Shunda (8.8) tenglamadan

$$mv_B^2 = 2P_{cp}b(l_1^2 - l_2^2)(tg\alpha_3 - f),$$

l_2 uzunligini aniqlaymiz;

$$l_2 = \sqrt{l_1^2 + mv_B^2/[2P_{cp}b(tg\alpha_3 - f)]}, \quad (8.17)$$

(8.17) formulaga (8.16) formuladan l_1 ni qo'yamiz.

$$l_2 = \sqrt{\frac{m(v_0^2 - v_\beta^2)}{2P_{cp}btga_3 + f}} + \frac{mv_B^2}{2P_{cp}b(tga_3 - f)} = \sqrt{\frac{m}{2P_{cp}b} \left[\frac{v_0^2 - v_B^2}{tga_3 + f} + \frac{v^2}{tga_3 - f} \right]}. \quad (8.18)$$

Polosani ikkinchi bor ushlab qolish bosqichida polosaning qirralarini qo‘shimcha o‘lchash jarayoni sodir bo‘ladi.

Nazorat savollari:

1. Ushlab olish protsessining negizi qanday protsess hisoblanadi?
2. Dinamik ushlab olish paytida qirralarni maydalash sxemasini tushuntirib berolasizmi?
3. Polosaning jo‘valar bilan to‘qnashish hodisasining osonroq yechimini topish mumkinmi?

9-amaliy mashg‘ulot

Jo‘valarning ushlab qolish qobiliyatini oshirish usullari bilan tanishish

Ko‘plab prokat stanlarida siqilish kattaligi prokat o‘tkazish, ushlab qolish shartlari bilan cheklanadi. Prokat nazariyasidan foydalangan holda jo‘valarning yig‘ish qobiliyatini oshirish usullarini ko‘rsatish mumkin.

Ushlab qolishning boshlang‘ich shartlarini tahlil qilamiz, o‘tish davrida siqishning kattalashishini hisobga olamiz. Oldinga qo‘yilgan maqsadga ikki yo‘l bilan erishish mumkin; ishqalanish koefitsiyentining oshishi yoki α_3 burchak kattaligini saqlagan holda siqishning kattalashishi.

Ishqalanish koefitsiyentiga kelsak, uning qiymatiga juda ko‘p omillar ta‘sir qiladi. Ishqalanish koefitsiyentining yo‘nalishiga muvofiq, bu omillarni boshqarish mumkin.

Ma‘lumki po‘latli jo‘valardagi ishqalanish koefitsiyenti cho‘yanli jo‘valarga qaraganda ko‘p, shuning uchun ba‘zi hollarda siqishni ushlab qolish shartlari bilan cheklangan bo‘lsa, po‘lat jo‘valardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ishqalanish koefitsiyentining qiymati jo‘valar sirtining dag‘alligiga bog‘liq. Ishqalanish koefitsiyentini oshirish uchun, jo‘va yuzasini sun‘iy ravishda qo‘pollashishdan foydalanish zarur bo‘lganda; tishli valik bilan aylantirish, tishlashish va boshqalar. Ko‘plab tadqiqotlar ishqalanish koefitsiyentining prokat tezligiga bog‘liqligini aniqladi. Tezlik oshishi bilan ishqalanish koefitsiyenti pasayadi. Shuning

uchun o'sha prokat stanlarida, o'zgaruvchan tezlikli dvigatellar o'rnatilgan joyda past tezlikda qatnashib, keyin uni oshirish tavsiya etiladi.

Quyida, biz α_3 tortish burchagining, berilgan chegara qiymatida siqishni oshirishga imkon beradigan usullarni ko'rib chiqamiz. Formuladan $\alpha_3 = \sqrt{(\Delta h + g)/R}$ ko'rinib turibdiki, Δh siqilish kattalashishi mumkin, agar mos jo'valarning R radiusi oshirilsa. Shunday qilib, kattalashgan radiusli jo'valardan foydalanish ularning tutashuv kuchidan foydalanish jixatidan foydalidir. Yuqoridagi formuladan Δh siqilish stanlarning prujinasini kamaytirish orqali ko'paytirish mumkin. Shu sababli qattiq prokat kletlaridan foydalanish boshqa afzalliklar qatori ushlab qolish shartlarini yaxshilashga yordam beradi. Dastlabki ushlab qolishni yengillashtiradigan keng tarqalgan usulga e'tibor beradigan bo'lsak, bu katta qisqarishlar bilan siljishning oldingi uchiga xanjar shaklida ishlov beriladi.

Bunday jo'valarda polosaning vazifasi kam, berilgan shart bajariladi, ushlab qolish burchagi ortib boradi, ammo, ushlab qolish shartlari barqaror holati buzilmasa bu mumkindir. Jo'valarni ushlab qolish quvvatidan to'liqroq foydalanishga majburan ushlash orqali ham erishish mumkin. Biroq shuni hisobga olish kerakki, majburiy ushlab qolishni amalga oshirish uchun yetarlicha itarib surish moslamalarini yaratish talab etiladi, polosaning jo'valarga urilib borishi prokat kletlariga qo'shimcha dinamik kuchlarni keltirib chiqaradi. Yuqoridagi tavsiyalarining barchasi taxminlarga asoslangan, mumkin bo'lgan siqilish qiymati dastlabki ushlash sharti bilan cheklangan, prokatning ko'p hollarida bu tog'ri. Ba'zi hollarda avvalgi xat boshida aytilgandek, siljishda barqaror prokat jarayoni yuzaga keladi, bu dastlabki ushlashdan keyin ishqalanish koeffitsiyentining keskin pasayishiga bog'liq, bunday holatlar istalmagan. Issiq holda prokatlash paytida barqaror jarayon davomida ishqalanish koeffitsiyentining sababi metall yuzasida kuyindining nisbatan qalin qatlami bo'lganligidan bo'lishi mumkin. Yumshoq prokat jarayonini ta'minlash uchun, jo'valarga joylashtirishdan oldin slyablarning ustidagi kuyindisini tozalash kerak. Shu bilan birga okalinadan tozalash jo'valarni yemirilishdan saqlaydi va mahsulotning sifatini yaxshilash nuqtayi nazaridan ham yaxshi.

Nazorat savollari:

1. Jo'valarning ushlab qolish qobiliyatini oshirish usullarini bilasizmi?
2. Jo'valarni ushlab qolish quvvatidan to'liqroq foydalanishga qanday erishish mumkin?

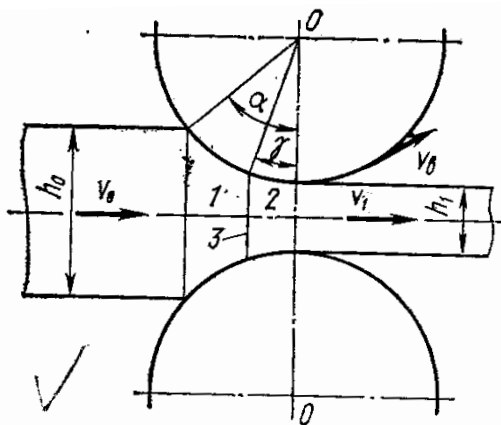
3. Yumshoq prokat jarayonini ta'minlashda nimalarga e'tibor berish kerak?

4. Mahsulot sifati qanday yaxshilanadi?

10-amaliy mashg'ulot

Deformatsiya o'chog'ida metall va jo'valar tezliklarining nisbatini aniqlashni o'rganish

Prokatlash nazariyasining asosiy kinetik vazifasi deformatsiyalanayotgan metallni jo'valarning yuzasiga nisbatan ko'chish tezligini aniqlashdir. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, barqaror prokat jarayonida polosaning oldingi uchi chiqish tezligi jo'valarning aylana tezligidan kattaroqdir, orqa tomonining kirish tezligi esa periferik tezlikdan kamroq. Nega bunday bo'lganini ko'rib chiqamiz. Polosaning balandligi bo'yicha siqilish vaqtida metall qismlari bo'ylama yo'nalishi bo'ylab joyining o'zgarishiga majbur bo'ladi. Bunda metallning ba'zi bir miqdori oldinga siqib chiqariladi, prokat yo'li bo'ylab bu qismlarning tezligi deformatsiya natijasida olingan jo'valarning aylanma tezligi bilan qiymati qo'shiladi. Siljigan metallning boshqa qismi prokat yo'lga qarshi orqaga tortiladi, bu qismlarning tezligi jo'valarning aylanma tezligidan o'chirib tashlanadi. Shu tariqa deformatsiya o'chog'ida ikkita qism hosil bo'ladi; oldinlab ketish joyi, polosaning tezligi jo'valar aylanma tezligidan ko'proq va orqada qolish joyi, orqa tezlikning nisbati (10.1-rasm).



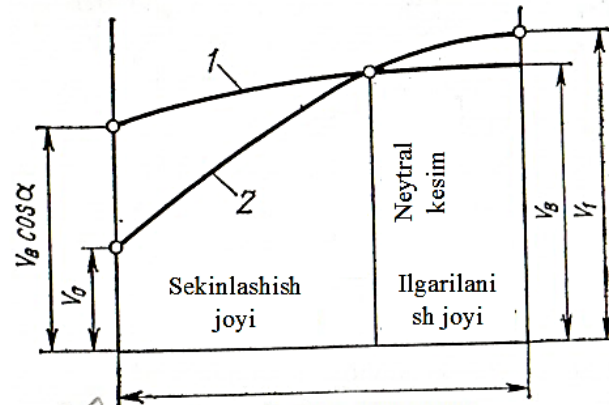
10.1 - rasm. Deformatsiya o'chog'ida qolish va ilgarilanish sohalari:

1 - qolish sohasi; 2 - ilgarilanish sohasi; 3 - neytral soha

Ko'rinib turibdiki, kechikish va ilgarilanish joylari o'rtasida kesma bo'lishi kerak, bu yerda jo'valar va polosaning tezligi bir xil, bu neytral

yoki kritik kesim deb ataladi. Uning deformatsiya o'chog'idagi holati neytral yoki γ kritik burchak kattaliklari bilan ta'riflanadi.

Deformatsiya joyi bo'ylab jo'valar va metall tezligining nisbatini aks ettiruvchi diagramma tuzamiz (10.2-rasm).



10.2 - rasm. Deformatsiya o'chog'ida jo'valar va metall tezliklarining nisbati: 1 - jo'valar aylana tezligining gorizontaal tuzilishi; 2 - metall tezligi

Yoyning istalgan nuqtasida jo'valarning v_{BX} periferik tezligining gorizontaal proyeksiyasi bu yerda φ – joriy markaziy burchak.

$$v_{BX} = v_B \cos \varphi, \quad (10.1)$$

Shunday qilib, aloqa yoyi paytida jo'valar tezligining gorizontaal proyeksiyasi $v_B \cos \alpha$ dan v_B ga o'zgaradi. Bu o'zgarish (10.2-rasm) da ko'rsatilgan.

Deformatsiya joyi bo'ylab polosa tezligining o'zgarish qonuni ikkinchi hajmlarning barqarorligi shartidan kelib chiqishi mumkin. To'rtburchak ko'rinishdagi polosaga quyidagi tengliklarga to'g'ri keladi.

$$h_o b_o v_o = h_\varphi b_\varphi v_\varphi = h_1 b_1 v_1, \quad (10.2)$$

kengayish yoq deb olsak shunda $b_o = b_\varphi = b_1$, shunda olamiz

$$h_o v_o = h_\varphi v_\varphi = h_1 v_1, \quad (10.3)$$

(10.3) tenglamasidan topamiz.

$$v_\varphi = v_o h_o / h_\varphi = v_1 h_1 / h_\varphi, \quad (10.4)$$

Kontakt yoyi istalgan nuqtasida polosaning joriy h_φ balandligini $\Delta h = D(1 - \cos\alpha)$ formulasidan foydalanib aniqlash mumkin, uni bu ko‘rinishda yozamiz.

$$h_\varphi = h_1 + \Delta h_\varphi = h_1 + D(1 - \cos\varphi). \quad (10.5)$$

Deformatsiya joyiga kiraverishda $\varphi = \alpha, h_\varphi = h_0, \Delta h_\varphi = \Delta h$, bizda mavjud va natijada $v_\varphi = v_0$. Metall kirish tekisligidan chiqish tekisligiga o‘tyotganda uning tezligi oshadi, chunki h_φ kamayadi. Chiqish qismida bizda $\varphi = 0, h_\varphi = h_1, v_\varphi = v_1$ mavjud, bundan tashqari $v_1 > v_B$.

(10.2-rasm) da deformatsiya joyi bo‘ylab metall tezligining o‘zgarishi 3 chiziq bilan ko‘rsatilgan 1 va 2 chiziqlarning kesishish nuqtasi neytral qismga to‘g‘ri keladi.

Prokat jarayonining kinematik shartlarini tahlil qilishda yassi kesimlar gipotezasi ko‘pincha qabul qilinadi, unga ko‘ra polosa balandligi bo‘ylab har qanday kesmada uzunlamasiga tezliklar teng ravishda taqsimlanadi. Bunday tezlik maydoni bilan 10.2-rasmdagi 2 - egri chiziq nafaqat deformatsiya joyi bo‘ylab o‘rtacha chiziq tezligining o‘zgarishini tavsiflaydi, shuningdek, kontakt metall qatlamlarini ham. U holda xulosa qilish mumkinki, 1 va 2 egri chiziqlar orasidagi ordinatalar siljish tezligining kontakt yoyi bo‘ylab taqsimlanishini ko‘rsatadi. Ammo, yassi kesimlar gipotezasi barcha prokat holatlarida qabul qilinishi mumkin emas. Yupqa polosalarni prokatlashda eng haqqoniy hisoblanadi. Jismning balandligi bo‘yicha deformatsiyaning tarqalishida sezilarli tengsizlik mavjud bo‘lganda qalin polosalarni siljitganda, tekis kesimlarning gipotezasi metallning asl kechish suratiga mos kelmaydi.

Deformatsiya joyining vertikal joylarida bo‘ylama bo‘ylab tezliklarning notekis taqsimlanish ehtimoli va hatto muqarrarliligi fakt bilan isbotlangan, prokatning ma’lum sharoitida kontakt yoyida butun bir bo‘lim paydo bo‘ladi, bu yerda metall va jo‘valarning tezligi mos keladi. Bu joy yopishish joyi deb nomolgan. Shuni ta’kidlash kerakki, “yopishish joyi” atamasi faqat kinematik ma’noda ishlatiladi, bu faqat sirpanish yo‘qligini bildiradi bu polosa va jo‘valar sirtlarining jismoniy tutilishi emas. 10.3-rasmni ko‘rib chiqayotganda, yopishqoqlik joyi ab qismini egallagan deb taxmin qilaylik. Ushbu qisim kontakt qisim davomida metall qatlamidagi tezlik jo‘valarning periferik tezligiga tog‘ri keladi. Yopishqoq joyidagi 3 ta ko‘ndalang kesimni olamiz; I, II va III. II kesimdagi metallning butun balandligi bo‘ylab tezligi jo‘valarning gorizontal tezligiga teng bo‘lsin

(neytral qism). U holda I va III kesimlarda tezlik balandligi bo'yicha taqsimlanishi mutlaqo notekis bo'lishini isbotlash mumkin.

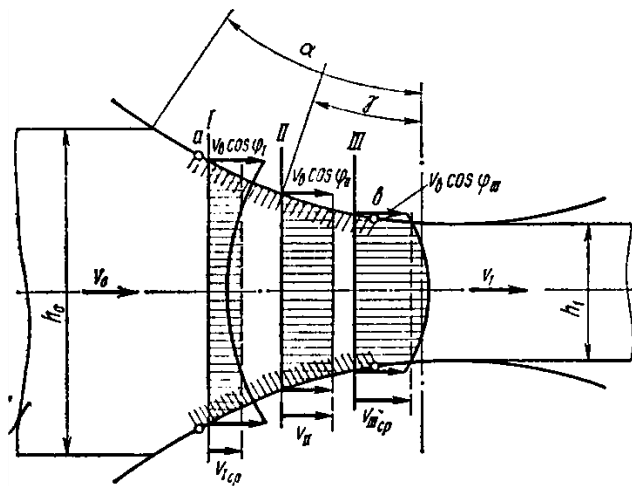
Chindan ham 1, 2 va 3 bo'limlarda kontakt, metall zarralari bilan gorizontall tezliklar deyarli bir xil. Chunki $\cos\varphi_I \approx \cos\varphi_{II} \approx \cos\varphi_{III}$. Shu bilan birga, ushbu bo'limlarda metallning o'rtacha bo'ylama tezligi sezilarli darajada farq qilishi mumkin, barqarorlik shartiga ko'ra lahzalik hajm (kengayishni e'tiborsiz qoldiramiz).

$$v_{Icp}h_I = v_{II}h_{II} = v_{III}h_{III}.$$

Xususan, I-kesishish uchun topamiz.

$$v_{Icp} = v_{II}h_{II}/h_I.$$

Shunday qilib, bizda $v_{Icp} < v_{II}$ bor. Biroq, 1 va 2 kesmalarda kontaktli metall qatlamdagi tezlik bir xil bo'lsa, bu munosabatni qanday bajarish mumkin? Faqat 1- kesishmada metallning o'rta qatlamlari harakatlanish tezligining pasayishi tufayli. Shuning uchun, 1 kesishmadagi uzunlama tezlikning diagrammasi qavariq ko'rinishga ega bo'lishi kerak (10.3-rasm).

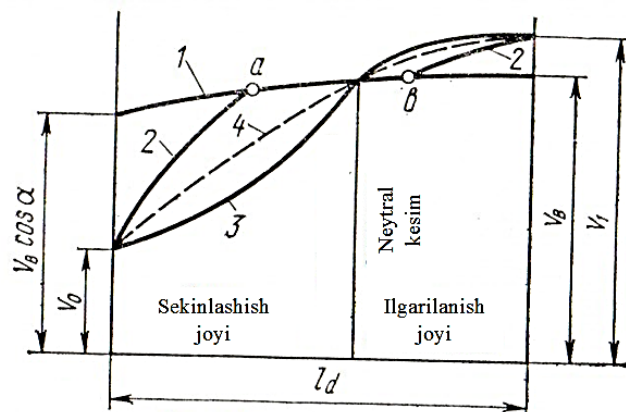


10.3 - rasm. Yopishqoq sohalar borligida deformatsiya o'chog'idagi polosaning balandligi bo'yicha tezliklar taqsimoti tahlili

Shunga o'xshash tahlil 3 kesishish uchun ham o'tkazilishi mumkin. Bu holda xulosa qilish oson. $v_{IIIcp} > v_{II}$ shartini bajarish uchun ushbu qismdagi metall o'rta qatlamlarining tezligi qatlamlar sathining tezligidan

katta bo'lishi zarur, ya'ni uzunlama tezlik epyura diagrammasi qavariq shaklga ega bo'lishi kerak.

Butun deformatsiya joyi bo'ylab jo'valar va metallning uzunlama tezligining o'zgarishi, kontakt joyida yopishqoq joy mavjud bo'lganda, 10.4-rasm grafik jihatdan ko'rsatilgan. 2 va 3 kesishmalar orasidagi nomuvofiqlik uzunlik bo'ylab tezliklarning har bir qismidagi chiziqli balandligi bo'ylab taqsimlanishining bir xil emasligini tavsiflaydi. 10.4-rasmdagi grafik deformatsiyani hisobga olgan holda tuzilgan. Chiqish qismida allaqachon kontaktsiz balandlikni kuchaytirganda, 2 va 3 kesimlar o'rtasida bir - biridan farqni ko'rsatish kerak bo'ladi. Agar kontakt yuzasida yopishish joyi bo'lsa, unda neytral burchak tushunchasi yanada murakkablashadi.



10.4 - rasm. Yopishqoq sohalar borligida jo'valar va metall tezliklarining nisbati: 1 - jo'valar aylana tezligining gorizontalk tarkibi; 2 - metall kontakt oldi qatlamining tezligi (AB-yopishqoq soha); 3 - metall o'rta qismining tezligi; 4- polosaning o'rta qismi tezligi

Nazorat savollari:

1. Deformatsiya o'chog'ida metall va jo'valar tezliklarning nisbatini aniqlashni bilasizmi?
2. Deformatsiya o'chog'ida qolish va ilgarilanish sohalarini tushuntirib bering?
3. Yopishqoq sohalarni qanday aniqlash mumkin?

11-amaliy mashg'ulot

Tasmalarning oxirgi tarangligining neytral kesimlar holatiga ta'sirini o'rganish

Agar prokatlanayotgan polosaning uchlariga tortish kuchi yoki tirgak qo'llanilsa, ular uzunlama kuchlar muvozanatining tarkibiy qismlariga kiritiladi, binobarin, ular neytral kesmaning deformatsiya joyidagi holatiga ta'sir qiladi. Prokat jarayonida Q_0 orqa kuchlar va Q_1 oldingi kuchlanish harakat qilsin u holda muvozanat tenglamasi quyidagi shaklga ega bo'lishi kerak.

$$\int_{\gamma}^a tbR \cos \varphi d\varphi - \int_0^{\gamma} tbR \cos \varphi d\varphi - \int_0^a pbR \sin \varphi d\varphi - \frac{Q_0}{2} + \frac{Q_1}{2} = 0. \quad (11.1)$$

Kuch Q_0 va $Q_1/2$ ko'effitsiyenti bilan olingan, chunki (11.1) tenglama bir dona jo'va uchun tuzilgan. Bu tenglamaning qismlarini pbR tarkibiga bo'lamiz.

$$\int_{\gamma}^a f_y \cos \varphi d\varphi - \int_0^{\gamma} f_y \cos \varphi d\varphi - \int_0^a \sin \varphi d\varphi + \frac{Q_1 - Q_0}{2pbR} = 0. \quad (11.2)$$

Integratsiyadan so'ng olamiz

$$f_y(\sin \alpha - \sin \gamma) - f_y \sin \gamma + \cos \alpha - 1 + \frac{Q_1 - Q_0}{2pbR} = 0.$$

Bu yerdan topamiz

$$\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{2} - \frac{1 - \cos \alpha}{2f_y} + \frac{Q_1 - Q_0}{4f_y pbR}. \quad (11.3)$$

(11.3) formulani burchaklarining trigonometrik funksiyasi orqali soddalashtirish mumkin.

Natijada olamiz:

$$\gamma = \frac{a}{2} \left(1 - \frac{a}{2\beta_y} \right) + \frac{Q_1 - Q_0}{4\beta_y pbR}. \quad (11.4)$$

Q_0 va Q_1 to'liq kuchi o'rniga (11.4) formulaga q_0 orqa va q_1 old, tomonining o'ziga xos keskinliklari kiritilishi mumkin.

Buni hisobga olgan holda

$$Q_0 = q_0 F_0 = q_0 h_0 b_0,$$

Mos keladigan almashtirishlardan so'ng

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} \left(1 - \frac{a}{2\beta_y} \right) + \frac{q_1 h_1 - q_0 h_0}{4\beta_y p R}. \quad (11.5)$$

(11.4) va (11.5) formulalari Y.M. Faynbergn tomonidan taklif qilingan. Ushbu formulalardagi p qiymati orqa kontaktdir. (11.4) va (11.5) formulalardan ko'rinib turibdiku, oldingi taranglik y burchakni oshiradi, orqa taranglik uni kamaytiradi.

Ma'lum bir qiymatda y burchagi nolga tenglashishi mumkin, bu jarayon juda muhim bosqichga yetganligini anglatadi, shundan so'ng polosa jo'valarda siljishni boshlaydi. Formulalar nafaqat taranglik bilan prokat uchun ham amal qilinadi. Yagona farq shundaki, Q_0 va Q_1 kuchlari oldidagi belgi teskari tomonga o'zgaradi.

Nazorat savollari:

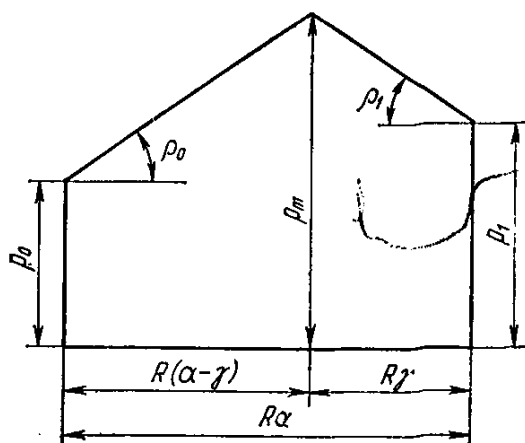
1. Tasmalarning oxirgi tarangligini qanday aniqlash mumkin?
2. Tasmalarning neytral kesimlar holatiga ta'sirini bilasizmi?
3. Tasmalarning oxirgi tarangligini aniqlash usullarini bilasizmi?
4. Prokatlashda tasma qalinligini qanday aniqlash mumkin?

12-amaliy mashg'ulot

Kontakt yoyi bo'yicha bosimning bir tekisda taqsimlanmasligini hisobga olgan holda neytral kesimni aniqlashni o'rganish

Ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, aslida bosim aloqa yoyi bo'ylab notekis taqsimlanadi. Shuning uchun neytral burchak formulasini chiqarishda ushbu omilni hisobga olish olingan natijani soddalashtirilgan (12.1) formula bilan yonma - yon qo'yishdir.

Aksariyat hollarda prokat kontakt bosimining taqsimlanishi 12.1-rasmda ko'rsatilgan bo'lishi mumkin. Agar p_0 kirishdagi p_1 chiqishdagi o'rtacha kontakt bosim p_0 bo'lsa, u holda keyingi chiqish uchun zarur bo'lgan bunday diagrammaning barcha elementlari aniqlanishi mumkin.



12.1 - rasm. Aloqa yoyi bo‘ylab bosim taqsimotining sxematik diagrammasi

Kuchlanish bilan siljish paytida, plastiklik nazariyasiga binoan kirish bosimi bu

$$p_0 = \sigma_{T0}^* - q_0, \quad (12.1)$$

chiqishda esa

$$p_1 = \sigma_{T1}^* - q_1. \quad (12.2)$$

Bu yerda σ_{T0}^* va σ_{T1}^* - deformatsiyaning joyiga kirish va chiqish paytida metallning majburiy oqim kuchi.

Neytral qismdagi p_m bosim ni aniqlaymiz. Vertikal tekislikdagi kuchlar muvozanati shartidan tuzamiz.

$$p_{cp} R\alpha = \frac{p_0 + p_m}{2} R(\alpha - \gamma) + \frac{p_1 + p_m}{2} R\gamma.$$

Oddiy o‘zgartirishlardan olamiz:

$$p_m = 2p_{cp} - [(\alpha - \gamma)p_0 + \gamma p_1]/\alpha. \quad (12.3)$$

Shu tarzda p bosim o‘zgarish qonunini orqada qolish va oldinlab ketish joylarida aniqlash qiyin emas. Orqada qolish joyi bizda mavjud (12.1-rasm).

$$p = p_0 + (\alpha - \varphi) R t g p_0 = p_0 + \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \gamma} (p_m - p_0). \quad (12.4)$$

oldinlab ketish joyi

$$p = p_1 + \varphi R \operatorname{tg} p_1 = p_1 + (\varphi/\gamma)(p_m - p_1), \quad (12.5)$$

bu yerda φ -barqaror markaziy burchak.

$$\int_{\gamma}^{\alpha} p f_y b R \cos \varphi d\varphi - \int_{\gamma}^{\alpha} p b R \sin \varphi d\varphi - \int_0^{\gamma} p f_y b R \cos \varphi d\varphi - \int_0^{\gamma} p b R \sin \varphi d\varphi - \frac{Q_0}{2} + \frac{Q_1}{2} = 0. \quad (12.6)$$

Biz ushbu tenglamaning barcha shartlarini bR bilan bekor qilamiz va soddalik uchun $\sin \varphi \approx \varphi$ va $\cos \varphi \approx 1^*$ ni olamiz.

$$\int_{\gamma}^{\alpha} p f_y d\varphi - \int_{\gamma}^{\alpha} p \varphi d\varphi - \int_0^{\gamma} p f_y d\varphi - \int_0^{\gamma} p \varphi d\varphi - \frac{Q_0 - Q_1}{2bR} = 0. \quad (12.7)$$

(12.4) va (12.5) formulalar bo'yicha integralning ostiga p ning funksional qiymatlarini kiritamiz

$$\begin{aligned} & \int_{\gamma}^{\alpha} \left[p_0 + \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \gamma} (p_m - p_0) \right] f_y d\varphi - \int_{\gamma}^{\alpha} \left[p_0 + \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \gamma} (p_m - p_0) \right] \varphi d\varphi \\ & - \int_0^{\gamma} \left[p_1 + \frac{\varphi}{\gamma} (p_m - p_1) \right] f_y d\varphi - \int_0^{\gamma} \left[p_1 + \frac{\varphi}{\gamma} (p_m - p_1) \right] \varphi d\varphi \\ & - \frac{Q_0 - Q_1}{2bR} = 0. \end{aligned}$$

Muddat bo'yicha integratsiya va bir qator o'zgarishlardan so'ng biz topamiz.

$$\begin{aligned} & \int_{\gamma}^{\alpha} \left[p_0 + \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \gamma} (p_m - p_0) \right] f_y d\varphi = f_y (\alpha - \gamma) \frac{p_0 + p_m}{2}; \\ & \int_{\gamma}^{\alpha} \left[p_0 + \frac{\alpha - \varphi}{\alpha - \gamma} (p_m - p_0) \right] \varphi d\varphi = \frac{1}{6} [(2\alpha^2 - \alpha\gamma - \gamma^2)p_0 + (\alpha^2 + \alpha\gamma - 2\gamma^2)p_m]; \\ & \int_0^{\gamma} \left[p_1 + \frac{\varphi}{\gamma} (p_m - p_1) \right] f_y d\varphi = 0,5 [f_y \gamma (p_m + p_1)]; \end{aligned}$$

$$\int_0^{\gamma} \left[p_1 + \frac{\varphi}{\gamma} (p_m - p_1) \right] \varphi d\varphi = \frac{1}{6} [\gamma^2 (2p_m + p_1)].$$

Muvozanat tenglamasining barcha shartlarini jamlaymiz

$$f_y(\alpha - \gamma) \frac{p_0 + p_m}{2} - \frac{(2\alpha^2 - \alpha\gamma - \gamma^2)p_0 + (\alpha^2 + \alpha\gamma - 2\gamma^2)p_m}{6} - f_y\gamma \frac{p_m + p_1}{2} - \frac{\gamma^2(2p_m + p_1)}{6} - \frac{q_0 h_0 - q_1 h_1}{2R} = 0.$$

Biz ushbu tenglamada (12.3) formuladan p_m qiymatini almashtiramiz, shundan so'ng biz burchak qiymatini aniqlay olamiz va algebraik konvertatsiya natijasida olamiz.

$$\frac{6f_y(p_1 - p_0)}{\alpha} \gamma^2 - 2[3f_y(2p_{cp} + p_1 - p_0)] + \alpha \left(p_{cp} - \frac{p_0 + p_1}{2} \right) \gamma + \alpha(6f_y p_{cp} - \alpha p_0 - 2\alpha p_{cp}) + \frac{3}{R}(q_1 h_1 - q_0 h_0) = 0. \quad (12.8)$$

Nazorat savollari:

1. Kontakt yoyi bo'yicha bosimning bir tekisda taqsimlanmasligini qanday aniqlash mumkin?
2. Bosim aloqa yoyi bo'ylab qanday taqsimlanadi?
3. Neytral kesimni aniqlash qanday amalga oshiriladi?

13-amaliy mashg'ulot

Tasmaning oxirini tezlab ketishi va qolib ketishini o'rganish

Ilgarilab ketish - bu jo'valarda polosaning chiqish tezligi jo'valarning periferik tezligidan qanchalik katta ekanligini ko'rsatadigan qiymat.

Ilgarilab ketish S ni ushbu formula orqali hisoblab chiqamiz

$$S = \frac{v_1 - v_B}{v_B}, \quad (13.1)$$

Odatda ilgarilab ketish foizlarda aniqlanadi:

$$S = \frac{v_1 - v_B}{v_B} = 100\%, \quad (13.2)$$

Ba'zi hollarda S ilgarilab ketish berilgan qiymatga ega, jo'valardan polosaning chiqib ketish tezligini aniqlash talab qilinadi. Shunda (13.1) formula konvertatsiyasi uni v_1 nisbatdan hal qiladi:

$$v_1 = v_B(1 + S), \quad (13.3)$$

agar ilgarilab ketish foizlarda berilgan bo'lsa, unda

$$v_1 = v_B(1 + S/100\%), \quad (13.4)$$

Orqada qolish deb nomlangan qiymat deformatsiya joyiga kiraverishda polosa va jo'valar tezligining nisbatini tavsiflaydi. Bu atama polosaning orqasida turgan uchining tezligi jo'valarning periferik tezligidan kamligini ta'kidlaydi, (aniqrog'i bo'limdagi jo'valar tezligining gorizontal proyeksiyasidan kamroq).

S_{OT} orqada qolish ushbu formula orqali hisoblanadi:

$$S_{OT} = (v_B \cos \alpha - v_0) / (v_B \cos \alpha). \quad (13.5)$$

Ilgarilab ketish va orqada qolish tengliklari o'zaro bog'liq bo'lib, ularning birini bilgan holda ikkinchisini aniqlash mumkin.

$$S_{OT} = \frac{v_B \cos \alpha - v_1 / \lambda}{v_B \cos \alpha},$$

v_1 qiymatini oddiy o'zgartirishlarga almashtirgandan so'ng

$$S_{OT} = 1 - (1 + S) / (\lambda \cos \alpha). \quad (13.6)$$

Prokatlash nazariyasida asosiy e'tibor ilgarilab ketishni tadqiqot qilishga qaratiladi. Bu ilgarilab ketish eksperimental va analitik jihatdan kechikishdan ko'ra osonroq aniqlashi bilan izohlanadi. Boshqa tomondan, bu bir qator amaliy muammolarni hal qilish uchun zarur bo'lgan ilgarilab ketish miqdori, jo'valardan polosa chiqish tezligini aniqlash zarur bo'lganda. Agarda ilgarilab ketish ma'lum bo'lsa, qolib ketishni formuladan aniqlab olish qiyin emas (13.6).

Ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, prokatlashning ko'p hollarida ilgarilab ketish 1-10% ichida bo'ladi, ya'ni uning son qiymati katta emas. Qolib ketishga kelsak, u juda ko'p bo'lishi mumkin, masalan, 20-30% yoki

undan ortiq bo'lishi mumkin. Bu son ko'rinishida ko'ramiz. Vaholanki, $S = 0,05$ (5%); $\cos \alpha = 0,92$ ($\alpha = 23^\circ$); $\lambda = 1,5$; shunda formula bo'yicha (13.6) $S_{ot} = 1 - 1,05/(1,5 \cdot 0,92) = 0,24$, ya'ni 24%.

(13.6) formuladan ko'rinishida, qolib ketish qiymati asosan λ cho'zilish koeffitsiyenti ga bog'liq (omillar $1+S$ va $\cos \alpha$ birlikka yaqin va ozgina o'zgaradi): tortishish koeffitsiyenti baland bo'lsa, qolib ketish shuncha ko'p bo'ladi.

Nazorat savollari:

1. Tasma oxirining qolib ketishini qanday aniqlash mumkin?
2. Prokatlash nazariyasida asosiy e'tibor nimaga qaratiladi?
3. Odatda ilgari ketish qanday aniqlanadi?
4. Tasma oxirining tezlab ketishini qanday aniqlash mumkin?

14-amaliy mashg'ulot **Deformatsiyaning o'rtacha tezligini aniqlash**

Bosim paytida ishlov berishning boshqa usullari singari, metallning deformatsiyaga qarshiligini (oquvchanlik chegarasi) to'g'ri aniqlash uchun prokat paytida deformatsiyaning tezligini hisoblash kerak. Plastiklik deformatsiyasidan ma'lumki, deformatsiyaning tezligini tashkil qiladi.

$$u = d\varepsilon/d\tau, \quad (14.1)$$

Bu yerda $d\varepsilon$ -cheksiz kichik vaqt oralig'ida $d\tau$ elementar siqilish.

$$u = (dh/d\tau)(1/h), \quad (14.2)$$

$dh/d\tau = v_h$, bu yerda v_h - siqilish tezligi (ezilayotgan asbobning ko'chish tezligi).

Buni hisobga olib prokat jarayonida v_h va h kattaliklari deformatsiya o'chog'i mobaynida o'zgaradi.

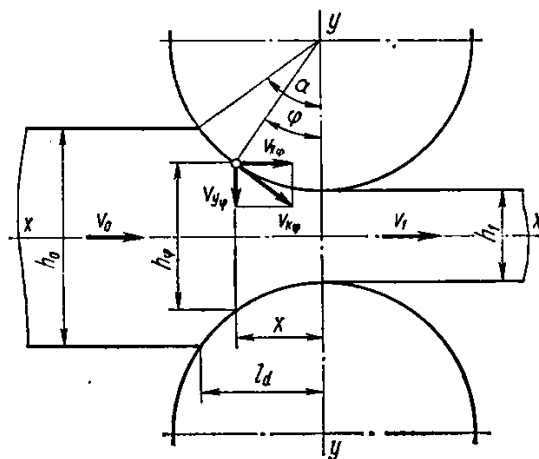
$$u = v_h/h. \quad (14.3)$$

Shuning uchun kuchlanish darajasi ham o'zgaruvchandir. Kontakt yoyi bo'ylab deformatsiya tezligining o'zgartirish qonunini topamiz.

Deformatsiya joyining φ burchak (14.1-rasm) ostida joylashgan har qanday kesimda deformatsiya tezligi:

$$u_{\varphi} = 2v_{y\varphi}/h_{\varphi}, \quad (14.4)$$

bu yerda $v_{y\varphi}$ - tanlangan kesimda siqishning tezligi (bitta jo‘va tomonidan).



14.1 - rasm. K Deformatsiyaning o‘rta tezligini aniqlash ($v_{k\varphi}$ - metallning teginish tezligi kontakt yoyining kesimida φ)

14.1-rasmdan ko‘rinib turibdiki,

$$v_{y\varphi} = v_{x\varphi} \operatorname{tg} \varphi,$$

Bu yerda $v_{x\varphi}$ - ma’lum bir qismdagi gorizonta1 tezlik (oldingi paragraflarda ushbu qiymat soddalashtirilgan tarzda ko‘rsatilgan v_{φ}).

Tezlik $v_{x\varphi}$ soniyaviylik hajmining shartidan aniqlanadi $v_{x\varphi} = v_1 h_1 / h_{\varphi}$.

Shu tariqa, siqilish tezligi xohlagan ko‘ndalang kesimda tashkil qilinadi:

$$v_{y\varphi} = v_1 (h_1 / h_{\varphi}) \operatorname{tg} \varphi. \quad (14.5)$$

(14.4) formulaga $v_{y\varphi}$ ni qo‘ygan holda olamiz,

$$u_{\varphi} = 2v_1 h_1 \operatorname{tg} \varphi h_{\varphi}^2, \quad (14.6)$$

(14.6) formula kontakt yoyi bo‘ylab deformatsiya tezligining o‘zgarish qonunini ko‘rsatadi.

Deformatsiyaning o‘rtacha tezligini aniqlash uchun ko‘rishini qo‘llaymiz.

$$u_{cp} = \frac{1}{l_d} \int_0^{l_d} u_{\varphi} dx, \quad (14.7)$$

Bu yerga (14.6) formula u_{φ} belgisini kiritamiz.

$$u_{cp} = \frac{2v_1 h_1}{l_d} \int_0^{l_d} \frac{tg\varphi}{h_{\varphi}^2} dx. \quad (14.8)$$

Biz polosaning h_{φ} qalinligini asosiy o‘zgaruvchi sifatida tanlaymiz va shunga muvofiq h_1 dan h_0 gacha bo‘lgan oraliqda integratsiyani amalga oshiramiz. Kontakt yuzasiga tutash tomonlari $dh_{\varphi}/2$ va d_{φ} elementlari bo‘lgan to‘g‘ri burchakli uchburchakni topamiz: $d_x tg\varphi = dh_{\varphi}/2$.

Buni hisobga olib (14.8) integralni bunday ko‘rinishda qayta yozamiz.

$$u_{cp} = \frac{v_1 h_1}{l_d} \int_{h_1}^{l_d} \frac{dh_{\varphi}}{h_{\varphi}^2},$$

Qiyin bo‘lmagan o‘zgarishlardan keyin olamiz:

$$u_{cp} = (v_1/l_d)(\Delta h/h_0), \quad (14.9)$$

(14.9) formulaga boshqacha ko‘rinish berish kerak, masalan:

$$u_{cp} = v_1 \varepsilon / l_d, \quad (14.10)$$

yoki;

$$u_{cp} = v_1 \alpha / h_0. \quad (14.11)$$

Ko‘rib chiqilgan deformatsiyaning o‘rta tezligini aniqlash formulalarining xulosasi A.I. Selikovga tegishli. Adabiyotlarda deformatsiyaning o‘rta tezligini aniqlashning boshqa usuli ham uchrab turadi, masalan, keng tanilgan Elekund formulasi:

$$u_{cp} = \frac{2v_B \sqrt{\Delta h/R}}{h_0 + h_1} = \frac{v_B \alpha}{h_{cp}}. \quad (14.12)$$

Nazorat savollari:

1. Deformatsiyaning o'rtacha tezligini aniqlashni bilasizmi?
2. Deformatsiyaning o'rtacha tezligini aniqlashda nimalarga e'tibor berish kerak?
3. Deformatsiya joyini qanday aniqlash mumkin?

15-amaliy mashg'ulot

Tasmaning balandligi bo'yicha deformatsiyaning taqsimlanishini o'rganish

Prokat paytida metallning deformatsiyalanayotgan holatini batafsil tahlil qilish uchun balandlik deformatsiyasini (pasayishini) tasma balandligi bo'ylab taqsimlanishi qiziq. Ushbu masalani ko'rib chiqayotganda hisobga olish kerakki, polosaning har qanday nuqtasida balandlik deformatsiyaning barqarorligi sharti bilan bog'liq. Agar biz polosaning barcha qatlamlarining cho'zilishi bir xil deb hisoblasak, balandlik deformatsiyasi ko'ndalang deformatsiyaning tarqalishiga (kengayish) tog'ri kelishi kerak degan xulosaga kelamiz. Shunday qilib, chiziqning balandligi bo'ylab siqishning taqsimlanishi uning yon qirralarining shakli bilan baholanishi mumkin. Masalan, agar prokatlangan polosa bo'rtib chiqqan yon tomonlarga ega bo'lsa, demak, bu o'rta qatlamlarda siqilish yaqin kontakt qatlamlariga qaraganda kattaroq ekanligini ko'rsatadi.

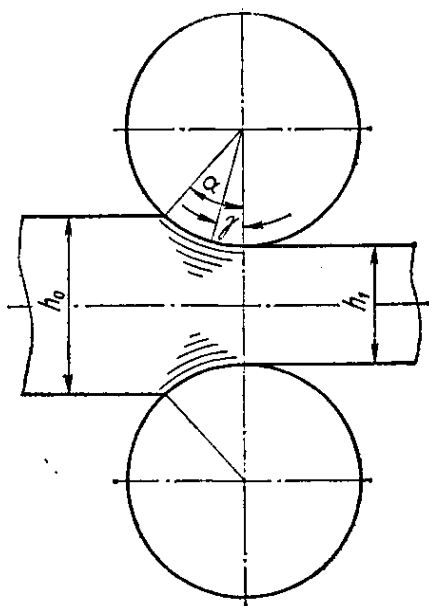
Polosaning uzunligi bo'ylab siqilishning notekis taqsimlanishining bir necha sabablari bor. Muhim sabablaridan biri ishqalanish kuchining ta'siridir. Ta'kidlab o'tilganidek, bu kuchlar deformatsiyalangan metallni jo'valar yuzasiga nisbatan bo'ylama va ko'ndalang yo'nalishda harakat qilishini qiyinlashtiradi. Ishqalanish kuchlarining ta'siri aloqa yuzasidan uzoqlashganda zaiflashadi. Deformatsiya joyisida ishqalanish kuchlarining qo'llab-quvvatlovchi harakati tufayli qiyin deformatsiyaning joylari hosil bo'ladi (15.1-rasm).

Polosaning hajm nuqtalaridan ko'ra siqish kattaligi bu joylarda kamroq. Eng chuqur neytral kesim mintaqasidagi to'sqinlik qiladigan deformatsiya joyida, tirgak ishqalanish kuchlarining umumiy harakati keskin aniqlanadi.

Deformatsiyaning polosa balandligi bo'ylab taqsimlanishi geometrik omillarga juda bog'liq-tomonlar nisbati bo'yicha l_d/h_{cp} va polosa kengligining, uning qalinligiga nisbati b_o/h_o . Prokatlanayotgan polosa

qancha qalin (kontakt yoyi uzunligiga nisbatan), bo'lsa notekis deformatsiya shunchalik aniq bo'ladi.

b_o/h_o parametrlarining deformatsiya taqsimlanishiga ta'siri, metall kesimining intensivligi uning qiymatiga bog'liqligini anglatadi. b_o/h_o - nisbat qanchalik kichik bo'lsa (ya'ni prokatlanayotgan polosa shuncha tor bo'ladi), metallning ko'ndalang yo'nalishda harakatlanishi shunchalik oson bo'ladi (kengayish uchun). Shu munosabat bilan deformatsiyaning notekis taqsimlanishini ma'qullaydigan shartlar paydo bo'ladi. Shuning uchun tor polosalarni prokatlashda deformatsiyaning notekisligi kengroq prokatlashga qaraganda ko'proq darajada namoyon bo'ladi.



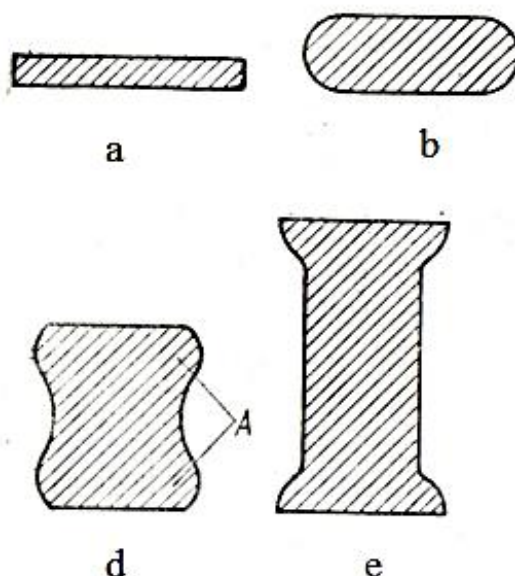
15.1 - rasm. To'sqinlik qiladigan deformatsiya zonasi

Geometrik deformatsiya joyidan tashqarida bo'lgan chiziqning tashqi qismlari deformatsiya tarqalishiga sezilarli ta'sir qiladi. Tashqi qismlarning ta'siri tufayli polosaning barcha qatlamlari tortilishida majburiy tekislash sodir bo'ladi. Agar uzunligi kontakt yoyi uzunligiga teng bo'lgan juda qisqa namuna prokatga uchragan bo'lsa, unda deformatsiyaning uning hajmida taqsimlanishi prokatlashga nisbatan notekis bo'lar edi.

Deformatsiya balandligi bo'ylab tarqalishiga l_d/h_{cp} shakl omilining katta ta'sirini hisobga olgan holda bir qator olimlar (A.P. Chekmaryov, I.Y. Tarnovskiy va h.k.) prokatlash jarayonini quyida keltirilgan parametrlar orqali tasniflashni taklif qilishgan. Quyidagi tasnif juda o'rinli:

Ingichka polosalarni prokatlash - $l_d/h_{cp} > 3 \div 4$.

Bu holda yoy va aloqa uzunligi deformatsiya joyidagi oʻrtacha chiziq qalinligidan bir necha baravar koʻpdir. Ishqalanish kuchlarining qoʻllab-quvvatlash harakati butun qalinlikga toʻgʻri keladi. Shunga koʻra deformatsiya tana balandligi boʻylab taxminan teng ravishda taqsimlanadi. Polosaning yon qirralari prokatlashdan soʻng juda kam boʻlgan qavariq paydo boʻladi (15.2 a-rasm).



15.2 - rasm. Turli xil parametr qiymatlarida siljishdan keyin polosaning kesma shakli

Oʻrta qalinlikdagi polosani prokatlash

$$-3 \div 4 > l_d/h_{cp} > 0,6 \div 0,8.$$

h_{cp} kattaligining nisbatan oʻsishi tufayli ishqalanish kuchlarining oʻrtacha (balandlikdan yuqori) metall qatlamiga taʼsiri; bu qatlamlar intensiv ravishda deformatsiyalanadi. Shu bilan birga aloqa qatlamlarida toʻsqinlik qiladigan deformatsiyalar hosil boʻladi. Polosaning yon qirralari aniq qavariq shaklni oladi (15.2 b-rasm). Polosaning koʻndalang kesimining bu turi baʼzan “birlamchi bochka” deb ham ataladi.

Qalin polosalarni prokatlash

$$-0,6 \div 0,8 > l_d/h_{cp} > 0,1 \div 0,2$$

Katta qalinlikdagi polosalarda siqish deformatsiyasi metallning oʻrta qatlamlariga kam kirib boradi. Natijada prokatlashdan soʻng polosaning koʻndalang kesimi “ikkilamchi bochka” koʻrinishini hosil qiladi (15.2 d-rasm).

Qoʻshimcha qalinlikga ega polosalarni prokatlash

$$-l_d/h_{cp} < 0,1 \div 0,2.$$

Amalda $-l_d/h_{cp}$ shaklli omilining kichik qiymati masalan yassi tekis qovurgʻali quymalar yoki keng polosalarda paydo boʻladi. Ushbu turdagi prokat mahsulotlarining oʻziga xos xususiyati-polosaning tortishishi yoʻqligi.

Shunday qilib, yuqoridagi tasnifga koʻra, barcha prokat holatlari l_d/h_{cp} shaklli koefitsiyent qiymatiga qarab toʻrt turga boʻlinadi. Shuni yodda tutish kerakki, bu tasnif maʼlum darajada shartli, chunki yuqorida taʼkidlanganidek, tasmadagi oʻzgarish shakli nafaqat l_d/h_{cp} parametriga bogʻliq, balki boshqa faktorlarga ham, xususan b_o/h_o faktoriga ham bogʻliq.

Nazorat savollari:

1. Tasmaning balandligi boʻyicha deformatsiyaning taqsimlanishini qanday aniqlash mumkin?
2. Oʻrta qalinlikdagi polosani prokatlash qanday amalga oshiriladi?
3. Qoʻshimcha qalinlikka ega boʻlgan polosalarni prokatlash qanday amalga oshiriladi?

16-amaliy mashgʻulot

Sirpanish chizigʻini koʻrish boʻyicha tasmada kuchlanganlik holatini aniqlash

Deformatsiya joyining butun hajmidagi stresslarni miqdoriy jihatdan aniqlash eng qiyin nazariy masalalar qatoriga kiradi. Deformatsiya tekislikka (yoki ekssimmetrik) yaqin boʻlganida bu muammoni sirpanish chiziqlarini qurish yoʻli bilan hal qilish mumkin. Maʼlumki, sirpanish chiziqlari asosiy kesishish stresslarining trayektoriyalaridir. Deformatsiyalanayotgan tanada siljish chiziqlari ikkita oiladan iborat maydon hosil qiladi. Agar sirpanish chiziqlarining yurishi maʼlum boʻlsa,

unda deformatsiya joyining istalgan nuqtasida stress holatini aniqlash mumkin.

Sirpanishning sog‘ nazariy konstruksiyasi xarakteristikalar tenglamalarini yechishni talab qiladi. Biroq, bu yo‘lda katta matematik qiyinchiliklarga duch kelinmoqda. Shu sababli metallarga bosim bilan ishlov berish nazariyasida va xususan prokatlash nazariyasida sirpanish chizig‘i odatda soddalashtirilgan usulda quriladi, doimiylik mexanikasining geometrik xususiyatlaridan yoki buzilishlaridan va asoslaridan foydalangan holda amalga oshiriladi.

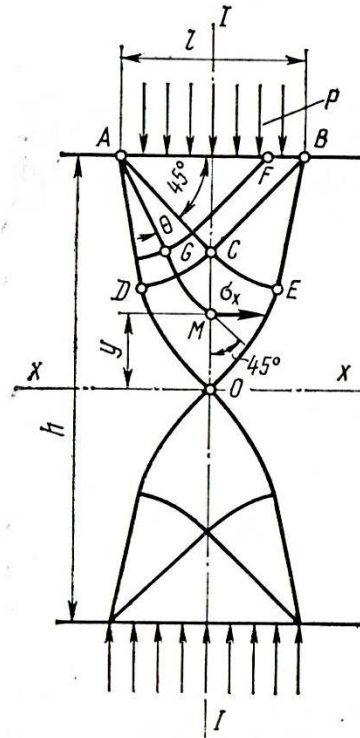
Barcha holatlarda ham chegara shartlari (kontaktdagi kesishish kuchi) ko‘rsatilishi kerak.

l_d/h_{cp} parametrining har xil qiymatlari uchun sirpanish chiziqlari maydonlari bir xil emas. $l_d/h_{cp} > 1$ da ham maydonni tekis zarbalar bilan baland chiziqni siqib chiqarishda bo‘lgani kabi olish mumkin (16.1 - rasm). U quyidagi tengsonli tog‘riburchakli uchburchak ABC^1 , ikkita sodiq joyi ACD va BCE egri chiziqli to‘rtburchaklardan iborat. Ushbu sirpanish chiziqlari maydonini o‘rganib, nafaqat kontaktga bosimni aniqlash mumkin, shuningdek bosimning tana balandligi bo‘ylab taqsimlanishini ham aniqlash mumkin. Tadqiqotning asosiy bosqichlarini ko‘rib chiqamiz (A.D. Tomlenov va V.M. Lugovskiy bo‘yicha). Vertikalda I – I nuqtani tanlang va shu nuqtadan harakat qiladigan σ_x uzunlama kuchlanishini aniqlang. Buning uchun biz FG va GM ortogonal ikki sirpanuvchi ishqalanishni quramiz. Genkining birinchi teoremasidan foydalanib, yozamiz:

$$\sigma_F - \sigma_G = -2\tau_S \alpha_{FG};$$

$$\sigma_G - \sigma_M = 2\tau_S \alpha_{GM}, \quad (16.1)$$

Bu yerda σ_F , σ_G , σ_M - F nuqtalardagi o‘rtacha kuchlanish, G va M ; α_{FG} , α_{GM} , F va G nuqtalar orasida mos ravishda sirpanish chiziqlarining burilish burchaklari. τ_S -plastik kesishishga qarshilik.



16.1 - rasm. Silliq chiziqdan keyin baland polosaning tekis bo'yoqlar tomonidan siqilishi

GM -chiziq AC kabi $I - I$ 45° burchak ostidagi vertikaliga mos keladi. Bunga qo'shimcha ravishda, AG nurning to'g'ri chiziq ekanligiga e'tibor bering, shuning uchun GM chiziqning burilish burchagi θ burchakga teng. FG chizig'i xuddi shunday burilish burchagiga ega, ammo teskari belgi bilan:

$$\sigma_{GM} = -\sigma_{FG} = \theta,$$

buni hisobga olib, (16.1) tenglamasidan topamiz.

$$\sigma_F - \sigma_M = 2\tau_S(\alpha_{GM} - \sigma_{FG}) = 4\tau_S\theta, \quad (16.2)$$

σ_F va σ_M ning o'rta kuchlanishini plastiklik sharti orqali aniqlash mumkin. ABC uchburchak ichida bizda mavjud

$$p - \sigma_x = 2\tau_S; \quad \sigma_F = (p + \sigma_x)/2,$$

Qayerdan?

$$\sigma_F = p - \tau_2, \quad (16.3)$$

Xuddi shunday to'rtburchak $GEOD$ ichidan topamiz

$$\sigma_M = \sigma_X + \tau_2, \quad (16.4)$$

(16.2) tenglamasiga σ_F va σ_M belgilarini qo'yib olamiz.

$$\sigma_x = p - 2\tau_s(1 + 2\theta). \quad (16.5)$$

Polosaning balandligi bo'ylab OC qismidagi bo'ylama kuchlar shunday taqsimlanadi, ya'ni $y = 0 \div (h - l)/2$ ichida. C nuqtasi qismidan yuqorida bo'ylama kuchlanish doimiy va tengdir:

$$\sigma_x = p - 2\tau_s, \quad (16.6)$$

Polosa muvozanatda bo'lgani uchun shart kuzatilishi kerak

$$\int_0^{h/2} \sigma_x dy = 0.$$

(16.5) va (16.6) iboralarini hisobga olgan holda deb yozamiz

$$\frac{(p-2\tau_s)l}{2} + \int_0^{(h-l)/2} [p - 2\tau_s(1 + 2\theta)] dy = 0, \quad (16.7)$$

bu tenglamani aloqa bosimining p nisbatiga yechamiz;

$$p = 2\tau_s \left[1 + \frac{4}{h} \int_0^{(h-l)/2} \theta dy \right]. \quad (16.8)$$

Kvadrat qavs ichidagi integrallarni hisoblash uchun $\theta = \varphi(y)$ funksiyasini bilish kerak. V.M. Lugovskiy izlanishlariga ko'ra, bu funksiyada taxminiy bog'liqlik bo'lishi mumkin.

$$(h - 2y)/l = e^{1,6\theta}. \quad (16.9)$$

Logarifmlardan so'ng topamiz

$$\theta = 0,625 \ln \frac{h-2}{l}. \quad (16.10)$$

Endi (16.8) tenglamasini integrallashtirish mumkin, shundan so'ng kontakt maydonidagi bosimni olamiz

$$p = 2,5\tau_s \left(\ln \frac{h}{l} + \frac{l}{h} - 0,2 \right). \quad (16.11)$$

Adabiyotlarda (16.11) formula $1,0 \geq l/h \geq 0,12$ chegaraga mos keladi.

Nazorat savollari:

1. Sirpanish chizig'ini ko'rish bo'yicha tasmada kuchlanganlik holatini qanday aniqlash mumkin?
2. Deformatsiyanayotgan tanada siljish chiziqlari qanday maydon hosil qiladi?
3. Silliq chiziqdan keyin baland polosa tekis bo'yoqlar tomonidan siqilishi qanday sodir bo'ladi?

17-amaliy mashg'ulot

Ko'ndalang deformatsiya (kengayish) ni o'rganish

Polosa jo'valarda siqilish vaqtida metall nafaqat uzunlamasiga, balki ko'ndalang yo'nalishda ham oqadi. Deformatsiya joyida siqilish kuchaygan sari kengayish ham o'sib boradi. Kengayishning deformatsiya joyi bo'ylab taqsimlanish masalasini ko'rib chiqsak, ko'plab mualliflar haqiqiy nisbiy kengayish haqiqiy nisbiy siqishga mutanosibdir, deb hisoblashadi:

$$\ln(b_\varphi/b_0) = k \ln(h_0/h_\varphi), \quad (17.1)$$

Bu yerda b_φ va h_φ -polosaning kengligi va qalinligining deformatsiya joyidagi joriy qiymati, k -haqiqiy kengayish ko'rsatkichi.

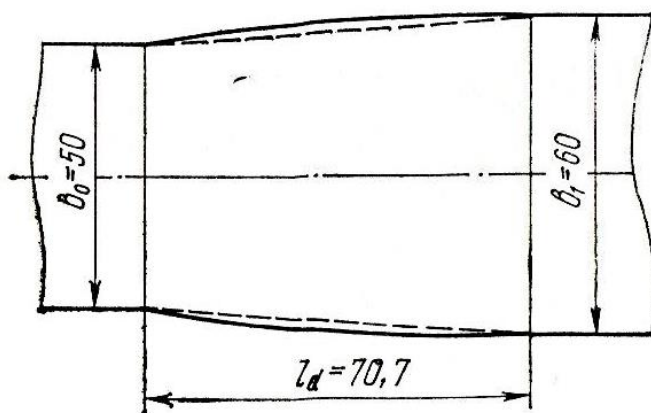
Butun deformatsiya qiymat k qiymati doimiy bo'lib qabul qilinadi; shuning uchun uni b_1 va h_1 polosalarning yakuniy o'lchamlari bilan aniqlash mumkin.

$$k = \frac{\ln(b_1/b_0)}{\ln(h_0/h_1)} = \frac{\ln \varepsilon}{\ln(l/n)}. \quad (17.2)$$

(17.2) formuladan polosaning kengligini deformatsiya joyining har qanday ko'ndalang kesimidan aniqlash mumkin.

$$b_{\varphi} = b_0(h_0/h_{\varphi})^k, \quad (17.3)$$

(17.3) formula eksperimental ma'lumotlar bilan yetarli darajada mos keladi. Shu bilan birga, shuni ta'kidlash kerakki, ko'pgina prokat holatlarida polosaning yon qirralarining egriligi juda kichik. Buni 17.1-rasmda deformatsiya joyining gorizontaal proyeksiyasini (17.3) formuladan foydalanib, prokatlashning aniq holatlaridan biri uchun bajarilgan misoldan ko'rish mumkin. Polosaning yon konturlarining chiziqlari bilan ko'rsatilgan to'g'ri chiziqlarga deyarli mos keladi. Buni hisobga olib nazariy xulosalarda deformatsiya o'chog'ining shaklini odatda trapetsiya deb qabul qilinadi. Jo'valar orasidan o'tish jarayonida polosadan olingan Δb to'liq kengayishni amaliyot uchun bilish kerak. Ayniqsa bu kattalikni kalibrlarda prokatlashda bilishimiz muhim, u holda kengayishni noto'g'ri xisoblash natijasida kalibrlar toshib ketish yoki to'lmay qolishiga olib kelishi mumkin.



17.1 - rasm. Qabul qilingan reja bo'yicha deformatsiya o'chog'ining ko'rinishi: $h_0 \times v_0 = 50 \times 50$ mm; $h_1 \times b_1 = 30 \times 60$ mm; $D = 500$ mm

Agar deformatsiya o'chog'idagi metallning ko'ndalang oqimiga kontakt yuzasidagi ishqalanish kuchlari to'sqinlik qilsa, unda **erkin** kengayish deb ataladi. Bunday kengayish silindrik va kalibrlanmagan jo'valar bilan prokatlash jarayonida o'z o'rniga ega. Kalibr bilan prokatlashda metallning ko'ndalang harakatlanishiga oz bo'lsada to'sqinlik qiladigan kalibrning yon devorlaridir; bu holda kengayish **cheklangan** deb

ataladi. Majburiy kengayish tushunchasi ham mavjud bo'lib, u qisqarish chiziq kengligi bo'ylab notekis taqsimlanganda, prokat holatlarida kuzatiladi.

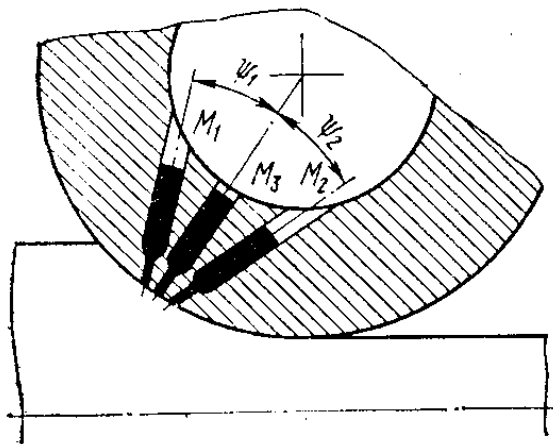
Nazorat savollari:

1. Ko'ndalang deformatsiya deganda nimalarni tushunasiz ?
2. Deformatsiya joyida siqilish kuchaygan sari kengayish qanday holatda bo'ladi?
3. Deformatsiya o'chog'ining ko'rinishi qanday bo'ladi?

18-amaliy mashg'ulot

Kontakt yoyi bo'yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini o'rganish

Polosaning ilgarilanishi va kengayishining ishqalanish koeffitsiyentiga bog'liqligi ilgari tushuntirilgan edi. Keyinchalik aylanuvchi kuchning energiya va quvvat parametrlari va ish sarfi ishqalanish kuchlarining kattaligiga ham bog'liqligi ko'rsatiladi. Bularning barchasi prokat paytida tashqi ishqalanishni chuqur o'rganishni talab qiladi.



18.1 - rasm. Prokat jo'valarida radial va nuqtali mesdozni o'rnatish sxemasi

Hozirgi vaqtda ishqalanish kuchlarining aloqa yuzasi bo'yicha taqsimlanishini o'rganish uchun bir necha usullar ishlab chiqilgan. Eng ko'p tarqalgan metodlar qatoriga qiya nuqtali mesdoz, universal shtiftli va kesilgan jo'valar kiradi.

Qiya nuqtali mesdoz usuli shuni anglatadiki, joʻvaning tanasiga uchta kuch oʻlchaydigan shtift - mesdoz qoʻyiladi, bitta shtift yuzaga nisbatan normal joylashadi (radius boʻyicha), boshqa ikkitasi esa qiyalik bilan joylashadi (18.1-rasm).

Nuqtali mesdoz termini kontakt yuzasiga chiqayotgan shtift diametri yetarli darajada kam (1,0-1,5 mm). Agar roʻyxatga olingan M_1, M_2, M_3 harakatlar deformatsiya joyidan oʻtayotgan shtiftlar oʻqi boʻylab harakat qilganda, aloqa yuzasining istalgan nuqtasida uzunlamasiga ishqalanish kuchini aniqlash mumkin. Hisoblangan formulaning xulosasini chiqarish uchun 18.2-rasmdagi sxemani koʻrib chiqamiz. N va T kuchlarini shtift oʻqiga proyeksiyalaymiz va muvozanat tenglamasini tuzamiz.

$$M = N \cos \psi + T \sin \psi. \quad (18.1)$$

Alohida kuchlarga oʻtib (kuchlanishlarga), yozamiz:

$$ma = p(a/\cos \psi) \cos \psi + t(a/\cos \psi) \sin \psi.$$

Bu yerda m - shtiftdagi koʻndalang kuchlanish; p va t -mos ravishda normal bosim va aloqa sohasidagi oʻziga xos ishqalanish kuchi.

Qisqartirishlardan soʻng olamiz:

$$m = p + t \operatorname{tg} \psi, \quad (18.2)$$

Yakka holdagi ishqalanish kuchlari:

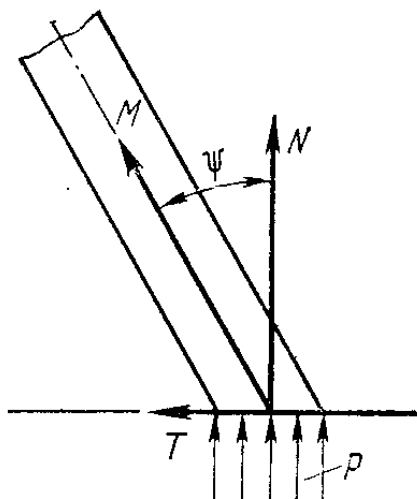
$$t = (m - p) \operatorname{ctg} \psi, \quad (18.3)$$

Ishqalanish koeffitsiyenti ni ham aniqlash mumkin:

$$f = t/p = (m/p - 1) \operatorname{ctg} \psi, \quad (18.4)$$

(18.3) va (18.4) hisoblash formulalariga kiradigan normal bosimning kattaligi p radial mesdozning koʻrsatkichlariga qarab aniqlanadi M_3 ; $p = M_3/a$.

Yuqoridagi xulosa shuni koʻrsatadiki, oʻziga xos ishqalanish kuchlarini oʻrganish uchun bitta qiyali mesdoz yetarli. Biroq aniq oʻlchash uchun qiyali mesdozni odatda ikkita oʻrnatishadi. Shunda ψ_1 va ψ_2 burchaklar odatda teng qabul qilinadi.



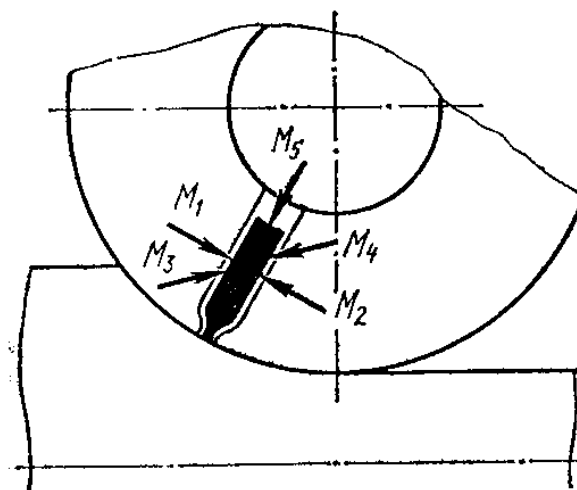
18.2 - rasm. Qiya mesdozning shtiftiga ta'sir etuvchi kuchlar sxemasi

Ko'rib chiqilgan metodning kamchiligi shundan iboratki, shtiftlarning uch (yoki ikki) mesdozi deformatsiya o'chog'idan bir vaqtning o'zida emas, balki ketma - ket o'tib boradi, davomiylikda; mesdoz bergan ko'rsatmalari ossilograf lentasiga ba'zi bir siljish bilan yozilib boradi. Shu bilan birga (18.3) va (18.4) formulaga qo'yiladigan m va p kattaliklari xuddi shu kontakt nuqtasi yuzasiga qat'iy ravishda javob qaytarishi kerak. Shuning uchun ularni qayta ishlash jarayonida ossilograflarni tekislashda juda ehtiyot bo'lish kerak.

Shtiftlar kanallarda harakatlanayotganda yon - chetlari ishqalanish kuchlarini hisobga olish zarurati tufayli ba'zi bir qiyinchiliklar paydo bo'ladi.

Universal shtift metodi shunga asoslanadiki, o'lchovchi shtift katta bo'lmagan dumaloq bo'shliqli radial kanalga o'rnatiladi. Shu sabab xohlagan ko'ndalang yo'nalish bo'ylab harakatlanishi mumkin (18.3-rasm). Shtiftga ta'sir etuvchi, teginuvchi kuchlar M_1, M_2, M_3 va M_4 mesdozlari yordamida ro'yxatga olinadi, normal bosim kuchi esa M_5 mesdozi orqali ro'yxatga olinadi. Bunday o'lchash uskunasi bir vaqtning o'zida ko'ndalang va uzunlama ishqalanish kuchi va normal bosimni qayd qilish imkoniyatini yaratadi. Universal (tebranma) shtift metodining imkoniyatlari shulardan iborat.

Shu bilan birga bunday shtiftning yonlama qaytarishga asoslangan o'lchash prinsiplarini mukammal deb hisoblash notog'ri. Uskunaning ko'rsatmalari faqatgina ishqalanish kuchlarining kattaliklariga bog'liq emas, balki nisbiy aralash kontakt yuzasi kattaliklariga ham bog'liq. Tajriba ma'lumotlari yetarli sezuvchanlikda qattiq yonlama shtiftlarni qo'llagan taqdirda tog'ri bo'lishi mumkin.

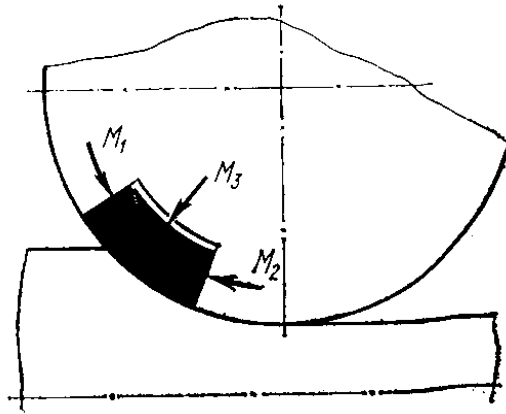


18.3 - rasm. Universal shtiftni o'rnatish sxemasi

Xatolikning boshqa manbai dumaloq bo'shliq o'rtasidagi shtift va jo'vaning jismiga metallning oqishidir, shuning uchun bo'shliqning kattaligi juda ham kichik bo'lishi kerak (0,02-0,04mm atrofida).

Kesimli jo'va metodi kuch o'lchagich qo'shimchalar qo'llashga asoslangan, jo'vaning bir qismini ifoda etadi (18.4-rasm); M_1M_2 va M_3 mesdozlar qo'yilgan qo'shimchalarga suyanadi. Jo'vaning aylanishi va qo'shimchalarning deformatsiya o'chog'iga kirishi natijasida M_1 mesdozga ta'sir etuvchi bosim kuchi ortib boradi, orqada qolish joyida ishqalanish kuchlarining ta'siri tufayli bir vaqtning o'zida M_3 mesdozga ta'sir etuvchi bosim o'sib boradi.

Hozirgi vaqtga kelib ishqalanish kuchi kontakt yoyi bo'ylab taqsimlanishining tajribaviy material ishlari ko'p yig'ilgan. Tabiiyki, ishqalanish kuchi epyurasining ko'rinishi prokat shartlariga bog'liq. Ammo har xilliklar ichidan malakali ishqalanish kuchi epyurasini aniqlash mumkin (18.5-rasm). Undan ko'rinib turibdiki, tekislikdan harakatlangan ishqalanish kuchi avval ortib boradi (I bo'lak), undan so'ng bosqichma - bosqich neytral qismda nolgacha pasayib boradi (II bo'lak). Shunga muvofiq agar chiqish tekisligidan neytral kesimga qarab xarakatlansa ishqalanish kuchi ilgarilab ketish joyida o'zgarib boradi. Ilgarilab ketish joyida t kuch belgisining ilgarilab ketish va orqada qolish joylarining har xilligini aks ettirish uchun ishqalanish kuchining epyurasi asosiy chizig'idan past ko'rsatilgan.

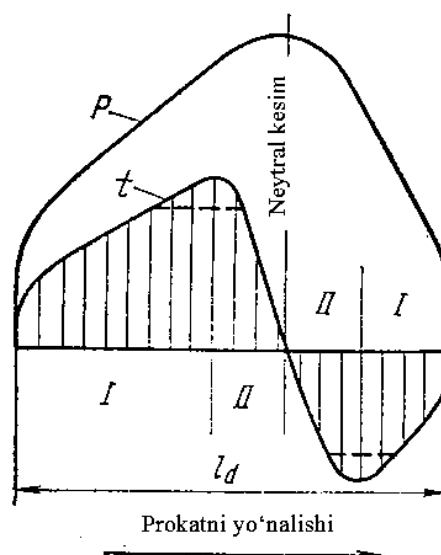


18.4 - rasm. Prokatlash jo'valaridagi kucho'lgachich qo'yimning sxemasi

I bo'lakdagi ishqalanish kuchi t bosim p ning proporsional o'zgarishiga yaqinroq o'zgaradi, ya'ni ma'lum miqdorda Amontonning ishqalanish qonuni haqqoniydir; $t = f_y p$. Fizika nuqtayi nazaridan qaraganda bu bo'limlar kontakt sirpanish borligi bilan tavsiflanadi.

II bo'lak zamonaviy tasavvurlarga ko'ra kontakt yuzasidagi yopishqoq joyiga mos keladi. Bu yerda to'liq bo'lmagan ishqalanish kuchi statik ravishda ta'sir qiladi, va ularning kattaligi deformatsiya vaqtida metallning ustki qatlamida hosil bo'ladigan teginuvchi kuchlanishga bog'liq. Teginuvchi kuchlarni siljishga intilish deb tasavvur qilish mumkin. Neytral kesimdagi kontakt yuzasida siljishga intilish yo'q, shuning uchun ham ishqalanish kuchlari bu yerda nolga teng. Neytral kesimdan uzoqlashgani sayin yuzaki siljishga intilish ortib boradi - shunga muvofiq alohida ishqalanish kuchlari ham ortib boradi.

Ba'zi hollarda ishqalanish kuchi epyuralarida I va II bo'laklarda 18.5-rasmda ko'rsatilgani kabi gorizontal maydonlar kuzatiladi. Odatda bu maydonlar ishqalanish kuchi maksimal mumkin bo'lgan kattalikka yetganida paydo bo'ladi (metallning siljishga mustahkamligi shartidan).



18.5 - rasm. Kontakt yoyi bo‘ylab ishqalanish kuchi taqsimlanishining tipik epyurasi

Ishqalanish kuchi epyurasining tahliliga asoslanib **barqaror prokat jarayonidagi ishqalanish koefitsiyenti** tushunchasini aniqlashtirib olamiz. Kuch t/p ning elementar munosabatini kontakt yoyining istalgan nuqtasida, berilgan nuqtada ishqalanish koefitsiyentini o‘zida aks ettiradi. Sirpanish joylarida bu haqiqiy ishqalanish koefitsiyenti bo‘ladi, yopishqoq joyi chegarasida - shartli ishqalanish koefitsiyenti, kontakt yoyining bu qismida statik ishqalanish kuchlari harakat qiladi. Prokatlash nazariyasida odatda hamma deformatsiya o‘chog‘i uchun ishqalanish koefitsiyentining bitta o‘rtacha qiymatidan foydalaniladi. Normal bosimning ishqalanish kuchlariga yig‘indisining nisbati yoki o‘rtacha o‘ziga xos ishqalanish kuchi bilan o‘rtacha bosimga nisbatan paydo bo‘lishini aniqlash mumkin.

$$f_y = \Sigma t / \Sigma p = t_{cp} / p_{cp}. \quad (18.5)$$

Kontakt yuzasida ma’lum bir anizotrop ishqalanish mavjud bo‘lsa, ya’ni ishqalanish kuchi sirpanish yo‘nalishiga bog‘liq bo‘lsa, uzunlama koefitsiyent va ko‘ndalang ishqalanishni farqlash kerak.

Nazorat savollari:

1. Kontakt yoyi bo‘yicha ishqalanish kuchini qanday aniqlash mumkin?

2. Barqaror prokatlash deganda nimani tushunasiz?
3. Ishqalanish kuchining epyurasini qanday aniqlash mumkin?

19-amaliy mashg'ulot

Ishqalanish koefitsiyentini eksperimental usul bilan aniqlashni o'rganish

Prokatlash jarayonida, ishqalanish koefitsiyentini aniqlashning 20 ga yaqin usuli ma'lum. Ko'p qo'llaniladigan usullar quyidagilar: maksimal ushlab qolish burchagi, maksimal siqish, polosani majburiy to'xtatish, aylanayotgan momentni, ilgari ketish va bosim. Bu usullarning ma'nosini va hisoblash formulalarini ko'rib chiqamiz.

Maksimal ushlab qolish burchagi usuli. Namuna katta bo'lmagan kuchlanish bilan jo'valarga yaqinlashadi, shunda ular orasidagi bo'shliq ushlab qolish boshlanishdan oldin bo'lmasligi uchun barqarorlashadi. Jo'valar ushlab qolish sodir bo'lgunicha aylantiriladi. Prokatlash jarayonidan so'ng namunaning qalinligi o'lchanadi, formulaga muvofiq ushlab qolishning a_{3max} maksimal burchagini hisoblaymiz. Ishqalanish koefitsiyenti shartidan aniqlanadi.

$$f_3 = tga_{3max}. \quad (19.1)$$

Shuni ta'kidlash kerakki, ko'rib chiqilgan usullardan ushlab qolish paytida ishqalanish koefitsiyenti ning qiymati topiladi. Boshqa usullar ishqalanish koefitsiyentini barqaror prokatlash jarayonida aniqlashga xizmat qiladi.

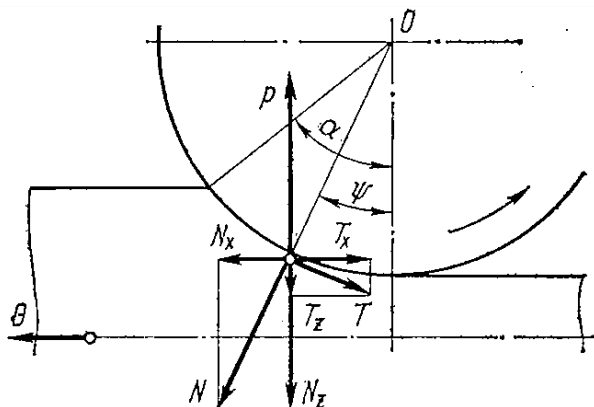
Maksimal siqish metodi. U yoki bu tarzda prokat jarayonida siqish asta - sekin oshiriladi va aloqa burchagi ham, prokat jarayoni to'xtatilgan nuqtaga keladi; jo'valarda metall bo'ylab sirpanish sodir bo'ladi. Ishqalanish koefitsiyenti barqaror prokat jarayonida ushlab qolish shartidan aniqlanadi.

$$f_y = tg(a_{3max}/2). \quad (19.2)$$

Maksimal kontakt burchagini formula bo'yicha aniqlaymiz $\cos = 1 - (\Delta h - 2R) = 1 - (\Delta h/D)$ shunga siqishni qo'ygan holda, dastlabki joyda aylanish holatlari yuzaga keladi. Prokat jarayonida siqishning ko'payishiga ponasimon namunaning qo'llanilishi bilan erishiladi.

Maksimal siqish usulini nazariy jihatdan asosli deb bo'lmaydi, uning negizida yaqinlashgan ushlab qolish sharti yotadi.

Polosani majburiy tormozlash usuli. Prokatlanayotgan polosaning orqa, oxiriga Q tormozlovchi kuch qo'yiladi, uning kuchi ta'sirida polosa jo'valarda to'xtaydi (19.1-rasm). Bir joyda aylanishning dastlabki vaqtida P vertikal kuch va Q tormozli kuchlanish o'lchanadi. Ikkita kattalikni bilgan holda ishqalanish koeffitsiyenti f_y ni aniqlash mumkin.



19.1 - rasm. Polosaning jo'valarda tormozlanish kuchining sxemasi

Polosaga berilgan kuch tengligining tenglamasini tuzamiz:
gorizontal tekislikda

$$2T\cos\varphi - 2N\sin\varphi - Q = 0; \quad (19.3)$$

vertikal tekislikda

$$P - N\cos\varphi - T\sin\varphi = 0, \quad (19.4)$$

Bu yerda N - teng ta'sir etuvchi normal bosim, T - teng ta'sir etuvchi elementar ishqalanish kuchi; φ - N va T ga ta'sir etuvchi nuqtani ta'riflaydigan burchak.

$T = f_y N$ ni hisobga olamiz. Tasavvur qilaylik, berilgan nuqta bir xil ta'sir etuvchi N va T kontakt yoyining o'rtasida joylashgan, ya'ni $\varphi = \alpha/2$. Shunda muvozanat tenglamasi bunday ko'rinish oladi:

$$2Nf_y\cos(\alpha/2) - 2N\sin(\alpha/2) - Q = 0, \quad (19.5)$$

$$P - N\cos(\alpha/2) - f_y N\sin(\alpha/2) = 0. \quad (19.6)$$

N kuchning qiymatini (19.5) tenglamadan topamiz.

$$N = \frac{Q}{2[f_y \cos(a/2) - \sin(a/2)]}.$$

N kuch qiymatini (19.6) tenglamaga qo'yamiz, tenglamani yechib, ishqalanish koefitsiyentini aniqlovchi formulani olamiz.

$$f_y = \frac{(Q/2P) + tg(a/2)}{1 - (Q/2)tg(a/2)}, \quad (19.7)$$

(19.7) formulani soddalashgan ko'rinishda qo'llash mumkin.

$$f_y = (Q/2P) + tg(a/2). \quad (19.8)$$

Ishqalanish koefitsiyentini tadqiqot qilishda, namunaning tormozlanishi maxsus uskuna yordamida amalga oshiriladi, unga namunaning orqa, oxiri mahkamlanadi. Tormozlanish uzluksiz Q kuch bilan yetarli darajada ravon bo'lishi kerak. Vertikal P kuch qisish vintlari bilan o'rnatilgan mesdozlar bilan o'lchanadi.

Aylanma moment metodi. Usulning mohiyati shundan iboratki, jo'valar bo'chkasidagi aniq M_{np} momentni va prokatlashdagi P kuchlanishni o'lchashdan iborat. O'lchovlar kontakt yuzasida uzluksiz aniq siljish mavjud bo'lganda amalga oshiriladi (ilgarilab ketish nolga teng). Bunday kinematik sharoitlar polosaning orqa tarangligi tufayli yoki cheklovli siqishni qo'llash bilan amalga oshiriladi.

Jo'vaning bochkasidagi aylanma momentni tashkil qiladi.

$$M_{np} = TR_T = f_y NR_T, \quad (19.9)$$

Bu yerda R_T – T kuch yelkasining jo'vaning markaziga nisbati 0 (19.1 rasm).

(19.9) formuladan topamiz.

$$f_y = M_{np}/(R_T N). \quad (19.10)$$

Yetarli aniqlik bilan $N \approx P$ va $R_T \approx R$ ni qabul qilish mumkin, shunda olamiz:

$$f_y = M_{np}/RP. \quad (19.11)$$

Ilgarilab ketish metodi. Barqaror prokat jarayonida, kern izi metodi bilan S ilgarilab ketish kattaligi aniqlanadi, quyida Fink formulasiga o'zgarishlar kiritib, neytral burchak kattaligini aniqlaymiz

$$\cos\gamma = \frac{D+h_1}{2D} + \sqrt{\left(\frac{D+h_1}{2D}\right)^2 - \frac{h_1(1+S)}{D}}. \quad (19.12)$$

Bundan tashqari ilgarilab ketishning qisqartirilgan formulasi ham qo'llanilgan.

$$\gamma = \sqrt{Sh_1/R}. \quad (19.13)$$

Agar $l_d/h_{cp} > 3 \div 4$ bo'lsa, ko'plab tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, ilgarilab ketish usuli ingichka polosalarni prokatlash paytida ishqalanish koeffitsiyenti uchun yetarlicha ishonchli qiymatni beradi.

Bosim usuli. O'lchanadigan qiymat - bu P prokatlash kuchi. Ishqalanish koeffitsiyentining ta'rifining mohiyati shundan kelib chiqadiki, aylanuvchi bosim uchun nazariy formulalardan birida o'rnatiladigan f_y ning shunday qiymati tanlanadiki u eksperimental va hisoblangan qiymatlarning mos kelishini ta'minlaydi.

Shu tarzda f_y qiymatining ishonchliligi ishlatilgan bosim formulasining to'g'riligiga va shuningdek, unga berilgan metall oqimi kuchini belgilash qanchalik to'g'ri ekanligiga bog'liq. Shu munosabat bilan shuni ta'kidlash kerakki, barcha mavjud bosim formulalari ba'zi taxminlar bilan olingan, ya'ni to'laqonli aniq emas. Ingichka polosalarni prokatlashda, xususan, sovuq holda prokatlashda jo'valarning tekislanishini hisobga olish kerak bo'ladi, bu esa qo'shimcha xatolikni keltirib chiqaradi. Ba'zi bir qiyinchiliklar barcha omillarni hisobga olgan holda metallning oquvchanlik nuqtasi qiymatini tanlash bilan taqdim etiladi (harorat, deformatsiya darajasi va tezligi, gidrostatik bosim va boshqalar).

Shu tariqa, prokatlash nazariyasining zamonaviy holatida ham bosim usuli ishqalanish koeffitsiyenti ni taxminiy aniqlashda ishlatilishi mumkin.

Nazorat savollari:

1. Ishqalanish ko'effitsiyentini eksperimental usuli qanaqa bo'ladi?
2. Aylanma moment metodi deganda nimani tushunasiz?
3. Ilgarilab ketish metodi qanday bo'ladi?

20-amaliy mashg'ulot Ishqalanish ko'effitsiyentini hisoblab aniqlash

Yig'ilgan eksperimental ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki qaynoq holda prokatlashning ko'p hollarida ishqalanish ko'effitsiyentlari chegarasida joylashgan; ushlab qolishda $f_y = 0,3 \div 0,5$; barqaror jarayonda $f_y = 0,2 \div 0,4$.

Belgilangan chegaralarda ishqalanish ko'effitsiyentini tanlashda prokatlashning aniq shartlarini hisobga olish kerak; jo'vaning materiali va ustki holati, metall harorati, prokatlash tezligi va h.k.

Qaynoq prokatlash paytida ishqalanish ko'effitsiyentini aniqroq hisoblashda quyidagi formulalar tavsiya etiladi:

$$f_3 = k_{\Pi} k_M k_v (0,84 - 0,0004 t^o), \quad (20.1)$$

$$f_3 = k_{\Pi} k_M k_v (0,55 - 0,00024 t^o), \quad (20.2)$$

Bu formulalar Eklund S., Pavlov I.M., va Geta N.N. va boshqa izlanuvchilarning aniq ma'lumotlari asosidan olingan.

Bu yerda $k_{\Pi} k_M k_v$ – ko'effitsiyentlar, (k_{Π}) jo'vaning materiali va yuzasi holatini mos ravishda hisobga oluvchi, (k_M) po'latdagi uglerodlar miqdori, (k_v) prokatlash tezligi. t^o – metall harorati oC .

Ko'effitsiyentlarning qiymatlari quyidagilar ichida: ushlab qolishda Ko'effitsiyent k_{Π} ;

Toblangan, silliqlangan cho'yan, 0,9

Cho'yanli 1,0

Po'latli 1,1-1,2

Dumalatib ishlov berilgan, kesilgan po'latli 1,3-1,6

Ko'effitsiyent k_M ;

Uglerodning po'latdagi miqdori, %	0,05-0,2	0,2-0,3	0,3-0,5	0,5-0,8	0,8-1,2
-----------------------------------	----------	---------	---------	---------	---------

Ko'effitsiyent k_v ;

Prokatlash tezligi v_B , M/C	0-1	2	2,5	3	4	≥ 5
--------------------------------	-----	---	-----	---	---	----------

k_v 1,0 0,9 0,75 0,65 0,55 0,5
 (20.1) va (20.2) formulalari 700 °C dan yuqori bo'lgan haroratda haqiqiydir.

Sovuq holda prokatlashda ishqalanish koeffitsiyenti odatda $f_y = 0,1 \div 0,2$; barqaror jarayonda $f_y = 0,03 \div 0,15$. Ishqalanish koeffitsiyentining pastroq ko'rsatkichlari yupqa silliqqlangan (yaltiroqlangan) prokatlash jo'valariga mos keladi. Sovuq holda prokatlash parametrlarini hisoblashda asosan barqaror prokat jarayonida f_y , ishqalanish koeffitsiyenti zarur. Uning kattaligi empirik formula orqali aniqlanishi mumkin:

$$f_y = \frac{k_{cM}[1+(0,4+0,01\varepsilon)R_z]}{1+0,25\sqrt{v_{50}-0,005v_{50}}} \left[0,07 - \frac{0,1v_B^2}{2(1+v_B)+3v_B^2} \right]. \quad (20.3)$$

Bu yerda k_{cM} -koeffitsiyent, moyning tabiatini hisobga oluvchi; ε — nisbiy siqish, %; R_z — jo'valar yuzasidagi notekisliklar balanlligi, MKM; v_{50} — moyning 50 °C, MM²/C da yopishqoqligi.

k_{cM} -koeffitsiyenti o'simlik moylari uchun 1,0 ga teng, 1,4 - minerallar uchun. v_{50} kattaligi esa ko'pchilik moylar uchun ΓOCT larda ko'rsatilgan.

(20.3) Formula yuzasining g'adir - budurligi 6 - 9 sinfli bo'lgan prokatlash jo'valarida haqiqiydir ($R_z = 0,8 \div 10$ MKM)

Nazorat savollari:

1. Ishqalanish koeffitsiyenti qanday hisoblanadi?
2. Qaynoq prokatlash deganda nimani tushunasiz?
3. Sovuq prokatlash deganda nimani tushunasiz?
4. Barqaror prokatlash deb nimaga aytiladi?

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Saydumarov B.M. Prokatlash mashinalari va jihozlari. O‘quv qo‘llanma. -Toshkent: ToshDTU, 2020. - 188b.
2. Maxmudova N.A. Metallarga bosim bilan ishlov berish asoslari. O‘quv qo‘llanma. - Toshkent: ToshDTU, 2020. - 200b.
3. Berdiyev D.M. Qizdirish qurilmalari va uskunalari. Darslik. - Toshkent: ToshDTU, 2020. - 220b
4. Saydumarov B.M. Prokat ishlab chiqarish texnologiyalari. Darslik. - Toshkent: ToshDTU, 2020. - 305b
5. Полухин П.И. и другие. Прокатное производство - М.: Металлургия. 2006.
6. Швейкин В.В., Тягунов В.А. Технология прокатного производства. - М.: Металлургия, 2008.
7. Загидуллин Р.Р. Прокат ишлаб чиқариш. Ўқув қўлланма. - Тошкент: ТошДТУ, 2013.
8. Ziyonet.uz
9. Ziyo.uz
10. edu.uz
11. gov.uz

Mundarija

Kirish	3
1-amaliy mashgʻulot	
Prokatlash jarayonlarining tasnifini oʻrganish	5
2-amaliy mashgʻulot	
Deformatsiya oʻchogʻi va uning geometrik tavsifnomalarini oʻrganish	6
3-amaliy mashgʻulot	
Ushlab qolish burchaklarini hisoblash	9
4-amaliy mashgʻulot	
Deformatsiya oʻchogʻini aniqlash	13
5-amaliy mashgʻulot	
Kontaktda boʻlmagan deformatsiyani aniqlash	15
6-amaliy mashgʻulot	
Erkin boshlangʻich ushlagich shartini oʻrganish	18
7-amaliy mashgʻulot	
Majburiy ushlab qolish.....	20
8-amaliy mashgʻulot	
Dinamik ushlagichni oʻrganish	23
9-amaliy mashgʻulot	
Joʻvalarning ushlab qolish qobiliyatini oshirish usullari bilan tanishish...	29
10-amaliy mashgʻulot	
Deformatsiya oʻchogʻida metall va joʻvalar tezliklarining nisbatini aniqlashni oʻrganish	31
11-amaliy mashgʻulot	
Tasmalarning oxirgi tarangligining neytral kesimlar holatiga taʼsirini oʻrganish	36
12-amaliy mashgʻulot	
Kontakt yoyi boʻyicha bosimning bir tekisda taqsimlanmasligini hisobga olgan holda neytral kesimni aniqlashni oʻrganish	37
13-amaliy mashgʻulot	
Tasmaning oxirini tezlab ketishi va qolib ketishini oʻrganish.....	40
14-amaliy mashgʻulot	
Deformatsiyaning oʻrtacha tezligini aniqlash	42
15-amaliy mashgʻulot	
Tasmaning balandligi boʻyicha deformatsiyaning taqsimlanishini oʻrganish	45
16-amaliy mashgʻulot	
Sirpanish chizigʻini koʻrish boʻyicha tasmada kuchlanganlik holatini aniqlash.....	48

17-amaliy mashg'ulot	
Ko'ndalang deformatsiya (kengayish) ni o'rganish.....	52
18-amaliy mashg'ulot	
Kontakt yoyi bo'yicha ishqalanish kuchining taqsimlanishini o'rganish..	54
19-amaliy mashg'ulot	
Ishqalanish ko'effitsiyentini eksperimental usul bilan aniqlashni	
o'rganish	60
20-amaliy mashg'ulot	
Ishqalanish ko'effitsiyentini hisoblab aniqlash	64
FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	66

Saydumarov B.M., Rizaeva N.M. “Prokat ishlab chiqarish nazariyasi”
fanidan amaliy mashg‘ulotlar uchun o‘quv uslubiy qo‘llanma. 1 - qism.

Muharrir:

Miryusupova Z.M.