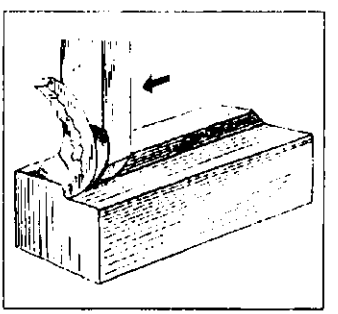
O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI

O'QUV ADABIYOTLARI, BYULLETEN VA JURNALLARNI NASHRGA TAYYORLASH MARKAZI

K. B. USMONOV

METALL KESISH ASOSLARI

Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma sifatida tasdiqlagan



TOSHKENT „O'QITUVCHI" 2004

T a q r i z c h i l a r: **D.E.Aliqulov** – Beruniy nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, „Mashinasozlik texnologiyasi" kafedrasi mudiri, t.f.d., prof., **S.M.Hasanov** – „Fuqaro aviatsiyasi" fakulteti dekani, t.f.n.

Mazkur o'quv qo'llanma o'n bir bobdan iborat bo'lib, unda asboblar tayyorlanadigan materiallarning xususiyatlari, geometrik parametrlari, kesilayotgan qatlamning o'lcham va shakllari, metall kesish sohasida yuz beradigan o'zaro bog'liq jarayon va hodisalarning asosiy qonuniyatlari, metall kesish jarayoni bilan bog'liq bo'lgan asosiy fizik masalalar yoritilgan.

Qo'llanma mashinasozlik oliy o'quv yurtlarining bakalavr va magistr talabalari uchun mo'ljallangan.

U $\frac{1804060200-71}{353(04)-2004}$ Qat'iy buyurtma–2004

ISBN 5–645–04158–5

© „O'qituvchi" nashriyoti, T., 2004

KIRISH

Metallarga kesish yo'li bilan ishlov berish detallarga shakl berishning eng keng tarqalgan usullaridan biridir. Qirindi chiqarmasdan shakl berish usullarining taraqqiy etganiga qaramasdan, metallarni kesib ishlov berish — mashina va uning mexanizmlarini ishlab chiqarishda yetakchi jarayon bo'lib qolmoqda.

Issiqqa chidamli, o'ta mustahkam, qiyin suyuqlanadigan po'lat va qotishmalar singari yangi konstruksion materiallarning paydo bo'lishi, ishlov berishning aniqligi va sifatiga bo'lgan talabning to'xtovsiz o'sib borishi mutaxassislar oldiga yangi vazifalarni qo'ymoqda.

Materiallarga mexanik ishlov berishning amaliy masalalarini muvaffaqiyatli hal etish ko'p jihatdan kesish jarayonida yuz beradigan hodisalarning fizik mohiyatini tushunishga bog'liq.

O'zbekiston mustaqillikka erishgandan so'ng mashinasozlikda ham ijobiy o'zgarishlar yuz berdi. Hozirgi paytda metallarga kesib ishlov berishning sanoatdagi salmog'i katta. Xususan, mashinasozlik, avtomobilsozlik, energetika, temiryo'l, kemasozlik kabi tarmoqlarda mexanik ishlov berishning salmog'i yuqori. Detal va mexanizmlar konstruksiyalarining murakkablashuvi hamda ishlov berish qiyin bo'lgan metallar va qotishmalardan foydalanish hisobiga aviatsiya va kosmos sohalarida ham mexanik ishlov berishning ulushi ortdi.

Metallarni kesish bo'yicha birinchi jiddiy ilmiy tadqiqotlar XIX asrda amalga oshirilgan. Bu sohadagi dastlabki tadqiqotni 1870-yilda Peterburg tog' institutining professori I.A. Time bajargan edi. 1893-yilda professor K.A. Zvorikin o'z tadqiqotlarini e'lon qildi. Ularda olim kesish kuchining qirqilayotgan metall qatlamining qalinligi va kengligiga bog'liqligini ko'rsatdi hamda qirindi ajralish yassiligini nazariy jihatdan aniqladi. 1915-yilda kesish haqidagi fan issiqlik hodisalari va kesish jarayonida qirindi hosil bo'lishi borasidagi tadqiqotlar bilan boyidi. Mazkur tadqiqotlarda Y.G. Usachev birinchi marta metallografik usuldan foydalandi, termojuftlik qo'lladi va keskichdagi o'simtalar nazariyasini taqdim etdi.

1936-yilda E.P. Nadeinskaya raisligida V.A. Krivouxov, I.A. Kashirin, I.M. Besprozvanniy, S.D. Tishinlardan iborat metall kesish bo'yicha hay'at tuzildi. Metallarga kesib ishlov berish sohasida yetakchi mutaxassislar G.I. Granovskiy, P.P. Grudov, M.N.Larin, A.M. Rozenberg, E.K. Zverev, S.S. Rudnik, A.M. Daniyelan, N.I. Reznikov va boshqalar ayrim ilmiy ishlarning rahbarlari sifatida

ishtirok etdilar. Tadqiqot ishlari natijasida metallarga ishlov berishning barcha asosiy turlari uchun kesish rejimining hisob-kitobiga doir materiallar, yetuk me'yorda ishlab chiqildi.

Yillar davomida to'plangan katta tajriba materiallarni kesish jarayonining umumiy nazariyasini ishlab chiqishga imkon berdi.

G.I. Granovskiy, V.A. Shishkov, S.S. Petruxin va boshqalar kesish kinematikasini ishlab chiqdilar. V.A. Krivouxov, A.M. Rozenberg, N.N. Zorev, A.I. Isayev, M.I. Klushin, M.F. Peletika va boshqalar kesish jarayoni mexanikasini rivojlantirdilar. A.I. Reznikov, A.M. Daniyelan, A.L. Malkin, D.T. Vasilyev, P.I. Bobrik va boshqalarning ilmiy asarlarida kesish jarayonining issiqlik fizikasi o'rganilgan va rivojlantirilgan.

G.I. Granovskiy, T.N. Loladze, A.D. Makarov va boshqalarning ishlari kesish asbobining yeyilishi va chidamliligining eng qiyin masalalariga bag'ishlangan. A.I. Kashirin, N.A. Drozdov, A.G. Sokolskiy, L.K. Kuchma, V.A. Kudinov, V.N. Podurayevlarning tadqiqotlari tufayli kesish paytidagi tebranishlar nazariyasi yaratildi.

V.A. Krivouxov, G.I. Granovskiy, N.N. Zorev, A.I. Isayev, T.N. Loladze, A.M. Rozenberg, M.I. Klushin, A.N. Reznikov, V.F. Bobrov, M.F. Peletika, A.D. Makarov, S.S. Silin, V.N. Podurayev, N.A. Talantov va boshqalarning tadqiqotlari natijalariga ko'ra kesish jarayonining nazariy asoslari ishlab chiqildi. Amerikalik olim Teylorning ilmiy ishlari ham katta amaliy ahamiyatga ega.

O'zbekistonda mashinasozlikning rivojlanishi vatanimizda metall kesish maktabining yaratilishi uchun asos bo'ldi. Uning asoschisi G.I. Yakunin bo'lib, bu olim rahbarligida kesish jarayoni bilan bog'liq xilma-xil fizik hodisalar tadqiq etildi. Bu tadqiqotlarga V.A. Mirboboyev, M.T. Balabekov, F.Y. Yakubov, E.O. Umarov, A.S. Assaturov, A.A. Ansupov, A.A. Abdurahmonov, N.S. Abdullaxonov, A.N. Hoshimov, V.A. Yumatov, G.K. Kamoliddinov, N.G. Molchanova va boshqa qator olimlar o'z hissalarini qo'shdilar.

Ilmiy tadqiqotlarning to'xtovsiz olib borilishi, olingan natijalar va nazariy ishlanmalarni yig'ish va umumlashtirish ishi rivojlanib borgan sari ulardan o'quv kursida foydalanish ham amalga osha boshladi. I.M. Besprozvanniy tomonidan yozilgan „Metallarni kesish" kursi bo'yicha birinchi darslik 1933-yilda chiqqan edi. Shundan beri turli yillarda bir qator darsliklar va o'quv qo'llanmalar nashr etildi. Ular malakali mutaxassislar tayyorlashda katta ahamiyatga ega bo'ldi va bundan keyin ham ahamiyatini yo'qotmaydi.

1-BOB | Metallarga kesib mexanik ishlov berish asoslari

1.1. Asosiy ta'riflar

Metallarga kesib (qirqib) ishlov berish — zagotovka yuzasidan zarur geometrik shakl, o'lcham va sifatli yuza hosil qilish maqsadida ma'lum qatlamni qirqib olib tashlashdan iborat.

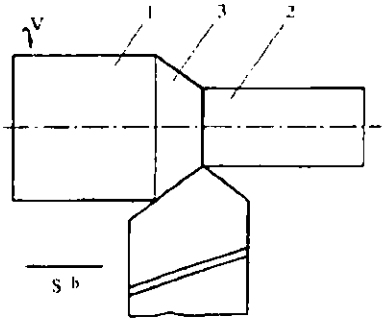
Zagotovkaning ishlov berish uchun mo'ljallangan qatlami *qo'yim* deb ataladi. Kesish jarayonida zagotovkadan olib tashlangan metall plastik deformatsiyaga uchraydi va shaklini o'zgartiradi. Qirqib tashlangan qatlam o'ziga xos shaklga ega bo'ladi va u *qirindi* deb ataladi.

Metallarga ishlov berish jarayonida zagotovkada qoldirilgan qo'yimni kesish va qirindi holida olib tashlashga asoslangan barcha usullar „metallarni kesish" deb ataladigan jarayonning turli ko'rinishlaridir.

Kesish jarayoni amalga oshishi uchun zagotovka va kesuvchi asbob bir-biriga nisbatan muvofiq holatda harakatlanishi lozim. Metall kesish dastgohlari qismlarining harakatlari kesish harakati va yordamchi harakatlarga bo'linadi. Kesuvchi asbob yoki zagotovkaga beriladigan kesish harakati *asosiy harakat* hisoblanadi. Asbob tig'ining metallning yangi qatlamlarini uzluksiz kesib borishini ta'minlaydigan harakat *uzatish (surish) harakati* deyiladi. Kesish harakatining tezligi surish harakatining tezligiga nisbatan ancha ortiq bo'lib, oddiygina qilib *kesish tezligi* deyiladi va υ harfi bilan belginaladi. Surish harakatining tezligini esa *surish* deyiladi va S harfi bilan belginaladi.

Uzluksiz (yo'nish, parmalash) va bo'lib-bo'lib qilinadigan (randalash, o'yish) asosiy harakatlar mavjud. Xarakteriga ko'ra aylanma (yo'nish), ilgarilama (sidirish) yoki ilgarilama-qaytma (randalash) harakatlari bo'lishi mumkin.

Surish harakati ham o'z navbatida uzluksiz (yo'nish, parmalash) va bo'lib-bo'lib qilinadigan (randalash, o'yish), xarakteriga ko'ra esa ilgarilama (yo'nish, parmalash) yoki aylanma (silliqlash, tishlarini kesish) harakatlar bo'lishi mumkin. Chizmalarda surishga surish xarakterini ko'rsatuvchi indekslar qo'yiladi: $S_{bo'yl}$ — bo'ylama surish, S_k — ko'ndalang surish, S_t — tik surish, S_g — gorizontal surish, S_{ayl} — aylanma surish va hokazo.



1.1-rasm. Kesish jarayonida zagotovkadagi yuzalar:
1—ishlov berilayotgan yuza;
2—ishlov berilgan yuza;
3—keskich yuzasi.

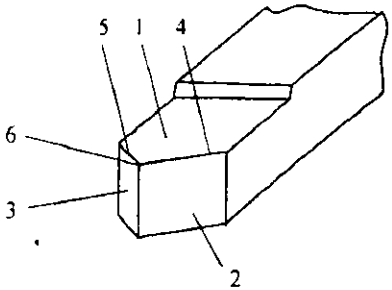
Ishlov berish u yoki bu usulining mohiyati faqat tezliklar nisbati bilan aniqlanib, kesish yoki surish harakatlari asbobga yoki zagotovkaga uzatilishiga bog'liq emas. Masalan, agar randalash paytida kesish harakatini keskich bajarsa, bu ko'ndalang-bo'ylama randalash dastgohida ishlov berishga mos keladi, agar ishlov berilayotgan zagotovka harakatlantirilsa, bo'ylama-randalash dastgohiga mos tushadi. Parmalash dastgohida parma aylanma harakat qilib zagotovkani teshadi, revolver dastgohida ishlov berishda asosiy harakatni zagotovka bajaradi. Shunga muvofiq ravishda surish harakatini kesuvchi asbob ham, zagotovka ham bajarishi mumkin.

Kesish jarayonida zagotovkada quyidagi xarakterli yuzalar hosil bo'ladi (1.1-rasm). Kesuvchi asbob bir o'tishda qirqilgan yuza *ishlov berilayotgan* yuza *1*, qo'yim olib tashlangandan keyin hosil bo'lgan yuza *ishlov berilgan* yuza *2*, kesish jarayonida asbob tig'i bilan bevosita hosil qilingan yuza *kesish* yuzasi *3* deb aytiladi. Bu yuza ishlov berilayotgan va ishlov berilgan yuzalar o'rtasidagi oraliq yuza hisoblanib, faqat kesish paytida mavjud bo'ladi, ishlov berilgandan keyin yo'qoladi.

Kesish yuzasi geometrik nuqtayi nazardan qaraganda asbobning nisbiy ish harakatlari trayektoriyalarining yig'indisidan hosil bo'ladi. Shuning uchun uning shakli asbob tig'ining shakliga va kesish jarayonida asbob va kesilayotgan zagotovka harakatlarining qo'shilib ketishiga bog'liq. Randalash paytida kesish yuzasi tekislik, bo'ylamasiga yo'nish paytida esa konvolyut vintsimon yuza bo'ladi.

1.2. Asbobning kesuvchi qismi

Kesish jarayoni amalga oshishi uchun kesuvchi asbob kesuvchi qismi muayyan geometrik parametrlarga ega bo'lishi kerak. Bu parametrlarni keng tarqalgan asbob—keskich misolida ko'rib chiqamiz (1.2-rasm).



1.2-rasm. Keskich:
1 –old yuza; *2* –asosiy orqa yuza; *3* –yordamchi orqa yuza; *4* –asosiy kesuvchi tig'; *5* –yordamchi kesuvchi tig'; *6* –keskich uchi.

Yuza *1* asbobning old yuzasi deyilib, kesish jarayonida undan qirindi sirpanib chiqadi. Yuza *2* asosiy orqa yuza deyiladi, u zagotovkaning kesilish yuzasiga qaragan bo'ladi. Yuza *3* yordamchi orqa yuza deb atalib, u ishlov berilgan yuzaga qaragan bo'ladi.

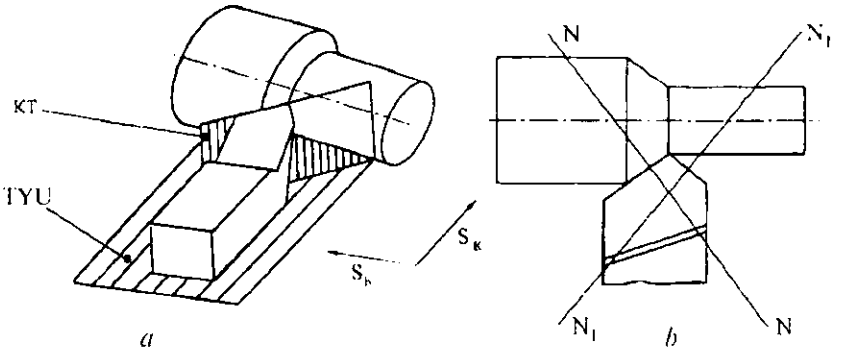
Old va asosiy orqa yuzalarning kesishuvi asosiy kesuvchi tig' *4* ni, old va yordamchi orqa yuzalarning kesishuvi esa yordamchi kesuvchi tig' *5* ni hosil qiladi. Asosiy va yordamchi kesuvchi tig'larning kesishgan nuqtasi keskichning cho'qqisi *6* ni hosil qiladi. Asbob turiga qarab yordamchi orqa yuzalar bitta va undan ko'p bo'lishi (masalan, kesib tushiruvchi keskich) yoki umuman bo'lmasligi mumkin (masalan, o'qiy silindrik freza). Ayrim keskichlar va boshqa asboblarda asosiy hamda yordamchi tig'lar orasida oraliq kesuvchi tig' mavjud bo'lib, u old yuzaning orqa oraliq yuzasi bilan kesishuvi natijasida hosil bo'ladi. Asbob yasash paytida, qulay bo'lishi uchun, oraliq kesuvchi tig' aylanma yoy yoki to'g'ri chiziq shaklida ishlanadi.

Oraliq kesuvchi tig'da asbobning cho'qqisi deb, asbob dastgohga o'rnatilganda tig'ning ishlov berilgan yuzaga tegib turadigan nuqtasiga aytiladi. Agar kesish jarayonida bitta asosiy kesuvchi tig' ishtirok etsa, *erkin kesish*, asosiy kesuvchi tig'dan tashqari oraliq va yordamchi tig'lar ham ishtirok etsa, *erkin bo'lmagan kesish* deyiladi.

1.3. Asbob kesuvchi qismining geometrik parametrlari

Old va orqa yuzalar, asosiy va yordamchi tig'larning asbob tanasiga nisbatan holati asbobning geometrik parametrlari deb atalib, bu parametrlar turli burchak o'lchamlari bilan belgilanadi.

Asbob kesuvchi qismi tig'ini charxlash va yuzalarini nazorat qilishda koordinata tekisliklaridan foydalaniladi. Bo'ylama va ko'ndalang surilishlarning yo'nalishiga parallel bo'lgan tekislik *asosiy tekislik* deyiladi (1.3-rasm, *a*). Parallelepiped shakliga ega bo'lgan



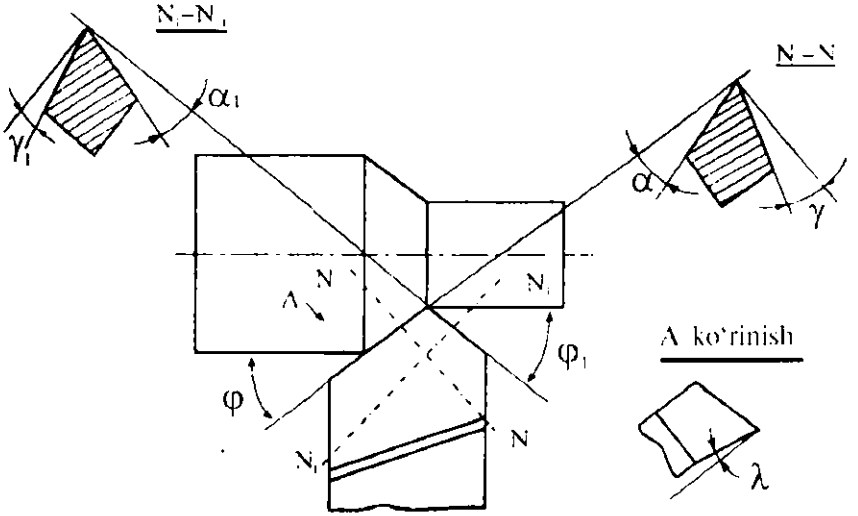
1.3-rasm. Asosiy (*a*) va yordamchi (*b*) kesuvchi tekisliklar:
TYU – tayanch yuza; KT – kesish tekisligi; NN, N_1N_1 – asosiy va yordamchi kesuvchi tekisliklar.

tokarlik keskichlarida quyi *tayanch yuzasi* (TYU) asosiy tekislik sifatida qabul qilinadi. Keskichning asosiy kesuvchi tig'i orqali o'tib kesish yuzasiga tegib turadigan yuza *kesish tekisligi* (KT) deyiladi.

Old va orqa yuzalar holatini tasvirlash uchun keskich asosiy kesuvchi tekislik deb ataluvchi *NN* va yordamchi kesuvchi tekislik deb ataluvchi N_1N_1 tekisliklar bilan kesiladi (1.3-rasm, *b*). Asosiy kesuvchi tekislik asosiy tekislikdagi asosiy kesuvchi tig' proyeksiyasiga, yordamchi kesuvchi tekislik asosiy tekislikdagi yordamchi kesuvchi tig' proyeksiyasiga perpendikulardir.

Asbobning geometrik parametrlarini asbob tayyorlashda kerak bo'ladigan (statik burchaklar yoki charxlash burchaklari) kesish jarayonining borish sharoitlarini belgilovchi va asbob kesish jarayonidagi parametrlar (ish burchaklar yoki harakat burchaklari) ga bo'lish qabul qilingan. Ba'zi asboblarning ish burchaklari, kattaligiga ko'ra, ma'lum ishlov berish sharoitlarida charxlash burchaklaridan keskin farq qilishi mumkin. Asbob ishlayotgan paytda unga u yoki bu harakatlarni berib yoki bu harakatlarning tezlik nisbatini o'zgartirish orqali charxlashning o'zgarmas burchaklarida har xil kattalikdagi ish burchaklari hosil qilish mumkin.

Keskich burchaklarini statikada ko'rib chiqib, kesishda quyidagi xulosalarga asoslaniladi: geometrik jism sifatida qaralganda keskich o'qi tokarlik dastgohi markazlari chiziqlariga perpendikulardir; keskich cho'qqisi dastgoh markazlari chiziqlarida joylashgan; faqat asosiy kesish harakati bajariladi, surish harakati mavjud emas. Keskichning statikadagi burchaklari 1.4-rasmda tasvirlangan.



1.4-rasm. Keskichning geometrik parametrlari.

Old burchak γ asosiy kesuvchi tekislikda old yuza izi bilan kesish tekisligi iziga perpendikular bo'lgan tekislik izi oralig'ida o'lchanadi. Old burchak kattalashgan sari kesilayotgan qatlamning deformatsiyasi, kesish kuchi va quvvati pasayadi. Biroq old burchakning kattalashuvi asosiy kesuvchi tig'ning zaiflashuviga sabab bo'ladi, ya'ni uning mustahkamligi pasayadi, kesuvchi tig'ning issiqlikni o'tkazishi yomonlashadi.

Asosiy orqa burchak α asosiy kesuvchi tekislikda kesish tekisligi izi bilan keskich asosiy orqa yuzasi izi orasida o'lchanadi. Burchak α keskichning asosiy orqa yuzasi bilan zagotovkaning kesish yuzasi orasidagi ishqalanishni, shuningdek keskichning orqa yuza bo'ylab yedirilishini kamaytirish uchun xizmat qiladi.

$90 - (\alpha+\gamma) = \beta$ burchaklar farqiga teng bo'lgan burchak keskichning *o'tkirlik burchagi* deyiladi. $90 - \gamma = \delta$ burchaklar farqiga teng burchak *kesish (qirqish) burchagi* deyiladi.

Yordamchi orqa burchak α_1 yordamchi kesuvchi tekislikda keskich yordamchi orqa yuzasi izi bilan asosiy tekislikka perpendikular bo'lgan yordamchi kesuvchi tig' orqali o'tadigan tekislik izi orasida o'lchanadi. Yordamchi orqa burchak α_1 ning asosiy vazifasi keskichning yordamchi orqa yuzasi bilan zagotovkaning ishlov berilgan yuzasi orasidagi ishqalanishni kamaytirishdan iborat. Asosiy kesuvchi tig'ning holati plandagi asosiy burchak φ bilan belgilanadi. Keskichning plandagi asosiy burchagi asosiy tekislikka tushayotgan

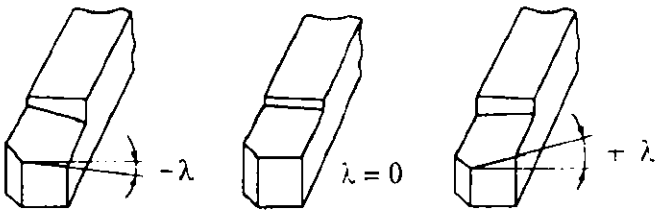
asosiy tig' proyeksiyasi bilan surilish yo'nalishi orasidagi burchakdir. Burchak φ ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligiga ancha ta'sir ko'rsatadi. φ burchak kichrayishi bilan ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligi kamayadi. Shu bilan birga bu asosiy kesuvchi tig' uzunligi faol qismining kattalashuviga olib keladi. Bu esa tig' uzunligi birligiga to'g'ri keladigan kesish kuchi va harakatining kamayishiga sabab bo'ladi. Biroq φ burchak kichrayishi bilan kesish kuchini tashkil etuvchi radial kuch keskin o'sib boradi, bu esa zagotovkaning egilish va tebranish ehtimolini oshiradi.

Asosiy tekislikka tushadigan yordamchi kesuvchi tig' proyeksiyasi bilan surilish yo'nalishi orasidagi burchak yordamchi burchak φ_1 deyiladi. Yordamchi burchak φ_1 kichrayishi bilan ishlov berilayotgan yuzaning g'adir-budurligi kamayadi, keskich cho'qqisining mustahkamligi ortadi, yeyilishi esa kamayadi.

Burchaklar ayirmasiga teng bo'lgan burchak 180 $(\varphi+\varphi 1)$ ·r keskich cho'qqisining plandagi burchagi deb ataladi.

Asosiy kesuvchi tig'ning asosiy yuzaga nisbatan holati, keskich cho'qqisidan asosiy tekislikka parallel o'tgan chiziq bilan asosiy kesuvchi tig' orqali o'tadigan tekislikda joylashgan burchak λ orqali aniqlanadi. Bu burchak asosiy kesuvchi tig'ning *qiyalik burchagi* deyiladi. Qiyalik burchagi λ asosiy kesuvchi tig' bilan asosiy yuzaga parallel bo'lgan tekislik o'rtasidagi yoki asosiy tig'ga bevosita tegib turuvchi burchakdir. Agar keskich cho'qqisi bosh kesuvchi tig'ning eng yuqori nuqtasi bo'lsa, u holda λ burchakni manfiy deb hisoblash kelishilgan (1.5-rasm). Agar keskich cho'qqisi asosiy kesuvchi tig'ning eng pastki nuqtasi bo'lsa, unda λ burchak musbat bo'ladi. Agar asosiy kesuvchi tig' asosiy tekislikka parallel bo'lsa, u holda λ = 0. Burchak λ qirindi chiqish yo'nalishiga ta'sir ko'rsatadi.

Keskich cho'qqisini zagotovkaning aylanish o'qidan balandroq yoki pastroq o'rnatish, jismning geometrik o'qini vertikal o'q atrofida aylantirgandek keskich kesuvchi qismi amaldagi geometriyasining o'zgarishiga olib keladi. Silindrik sirtga o'tuvchi tokarlik



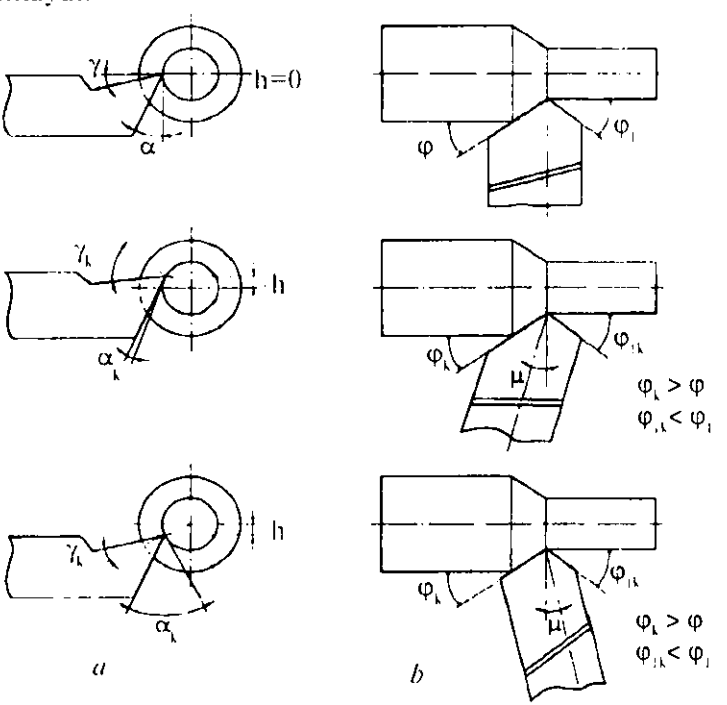
1.5-rasm. Keskich asosiy kesuvchi tig'ining qiyalik burchagi.

keskichi bilan ishlov berilganda (1.6-rasm, *a*), keskichni zagotovkaning aylanish o'qidan *h* kattalikka balandroq o'rnatganda, γ burchak kattalashadi, α burchak esa kichrayadi. Keskich zagotovkaning aylanish o'qidan *h* kattalikka pastroq o'rnatilganda esa, γ kichrayadi, α burchak esa kattalashadi.1.6-rasm, *b* da φ va φ_1 burchaklarning keskich o'qining zagotovka aylanish o'qiga nisbatan o'zgarishi ko'rsatilgan 1.6-rasm, *b* da tasvirlangan chizmalar asosida quyidagilarga ega bo'lamiz:

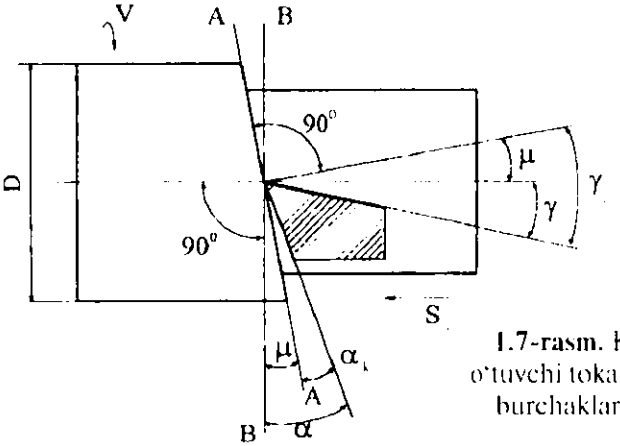
$$\varphi_k = \varphi \pm \mu, \ \varphi_{1k} = \varphi_1 \pm \mu.$$

Bu yerda μ -- keskich o'qining zagotovka o'qi perpendikulariga nisbatan burilgan burchagi. Yuqoridagi belgilar keskichning soat miliga qarshi, pastkilari esa soat miliga mos keladi.

1.6-rasm, *a* dan keltirib chiqarilgan tenglamalar old burchakning $\Delta\gamma = \gamma_k - \gamma$ va orqa burchakning $\Delta\alpha = \alpha_k - \alpha$ og'ishi burchaklarning o'lchamlariga unchalik bog'liq emasligini ko'rsatadi va ularning odatdagi qabul qilingan qiymatlaridan ($\gamma = -15...+25°$; $\alpha = 5...15°$) 1...2° ortmaydi.



1.6-rasm. O'tuvchi keskichni dastgohga o'rnatganda γ va α (*a*), φ va φ_1 (*b*) burchaklarning o'zgarishi.



1.7-rasm. Kesish jarayonida o'tuvchi tokarlik keskichi γ va α burchaklarining o'zgarishi.

Kesish jarayonida γ va α burchaklar ham o'zgaradi. Bu hol shunday izohlanadi: zagotovkaning aylanma va keskichning ilgarilanma harakati natijasida asosiy kesuvchi tig' istalgan nuqtasining amaldagi trayektoriyasi vint chizig'i bo'ylab bo'ladi, kesish yuzasi esa vint yuzasidir. 1.7-rasmda tasvirlangan chizmani ko'rib chiqamiz. Vint yuzasiga tegib turadigan va kesishning nazariy tekisligi *BB* bilan μ burchakni hosil qilgan. *AA* chizig'i haqiqiy kesish yuzasining izi bo'ladi. Buning oqibatida α burchak kichrayadi, γ burchak esa kattalashadi: $\alpha_1 = \alpha - \mu$ va $\gamma_1 = \gamma + \mu$.

Vint chizig'ining ko'tarilish burchagi μ kesish va surilish tezligiga bog'liq va quyidagi bog'liqlik bilan ifodalanadi:

$$\operatorname{tg}\mu = \frac{nS_b}{1000v} = \frac{S_b}{\pi D}.$$

Katta surilishlar bilan ishlashda, shuningdek, rezba kesishda burchaklarning o'zgarishi salmoqli bo'ladi, shuning uchun, surilish qancha katta bo'lsa, μ burchak ham shuncha katta bo'ladi.

2-BOB | Asbobsozlik materiallari

2.1. Asbobsozlik materiallariga qo'yiladigan talablar

Mehnat quroli sifatida inson keskichni, keyin dastgohni yaratdi. Tarixiy taraqqiyot shuni ko'rsatdiki, bulardan birining takomillashuvi boshqasining takomillashuviga sabab bo'ladi. Yangi asbobsozlik materiallarining yaratilishi, yuqori samarali, katta quvvatli metall kesish dastgohlarining yaratilishiga turtki bo'ladi.

Asbobsozlik materiallari asbobning kesish xususiyatlarini yaxshilash va mehnat unumini ko'tarishda, ishlov berilayotgan detallarning sifat tavsiflari va aniqlik parametrlarini shakllantirishda hal qiluvchi ahamiyatga egadir.Qirquvchi asbobning ishonchli ishlashi, asbobsozlik materiallariga qo'yiladigan muayyan talablarga bog'liq. Asbob materiallariga qo'yiladigan asosiy talablar:

1. O'ta mustahkamlik va qattiqlik

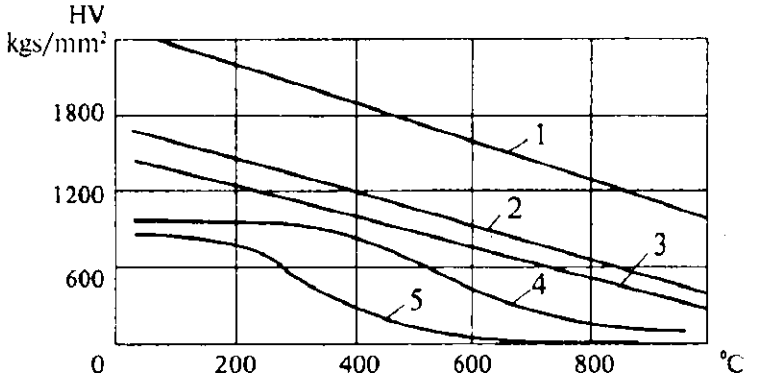
Asbobning kesuvchi tig'i qayrilmasdan ishlov berilayotgan material qatlamini kesa olishi va uni qirindiga aylantirishi uchun asbobsozlik materialining qattiqligi ishlov berilayotgan material qattiqligidan ancha yuqori bo'lishi kerak.

Kesilayotgan qatlam qirindi orqali asbobning old yuzasiga katta kuch bilan ta'sir qiladi. Natijada kesuvchi ponaning kontakt yuzalarida katta kuchlanish paydo bo'ladi. Bu kuchlanish asbobning ish qismini buzmasligi uchun asbobsozlik materiallari yuqori mustahkamlikka ega bo'lishi kerak. Bundan tashqari kesuvchi asboblar ko'pincha uzlukli kesish sharoitlarida yoki ishlov berish uchun qoldirilgan qo'yimning bir xilda emasligi, shuningdek ishlov berilayotgan materialning ko'ndalanggiga va bo'ylanmasiga qattiqligining har xilligi tufayli turlicha kuch sarflab ishlashga to'g'ri keladi. Shuning uchun asbobsozlik materiali o'ta qattiq bo'lish bilan birga siqilish va egilish deformatsiyasiga qarshilik ko'rsata olishi, yuqori chidamlilik va zarbiy qovushqoqlikka ega bo'lishi lozim.

2. Issiqqa chidamlilikning yuqoriligi

Kesish jarayonida mexanik energiyaning issiqlik energiyasiga aylanishi tufayli asbobga kuchli issiqlik oqimi ta'sir etadi. Jadal qizib borish natijasida asbobning kontakt yuzalari o'zining dastlabki qattiqligini yo'qotadi, yumshab qoladi va tez yeyiladi. 2.1-rasmda turli asbobsozlik materiallari qattiqligining qizish paytida pasayishi ko'rsatilgan. Undan ko'rinib turibdiki, 300°C haroratda U10 uglerodli po'lat o'z qattiqligini keskin kamaytiradi, SM--332 markali mineral-keramika esa bu haroratda o'z qattiqligini saqlab qoladi [1].

Asbobsozlik materiallarining issiqqa chidamliligi deganda materialning qizigan paytda kesish jarayonini amalga oshirish uchun yetarli darajada qattiqligini saqlay olish xususiyati tushuniladi. Asbobsozlik materialining kesish paytidagi issiqqa chidamliligi *kritik harorat* deb ataluvchi tushuncha bilan tavsiflanadi. Qizish paytida kritik haroratdan yuqori harorat yuzaga kelganda asbobsozlik materialida qattiqligining pasayishi bilan bog'liq struktura o'zga-



2.1-rasm. Asbobsozlik materiallari qattiqligiga haroratning ta'siri (Vikkers bo'yicha):

1 – SM-332 mineral keramikasi; *2* – T15K6 qattiq qotishmasi; *3* – VK8 qattiq qotishmasi; *4* – R18 tezkesar po'lati; *5* – U10 uglerodli po'lati.

rishlar yuz beradi. Ba'zan kritik harorat haroratga chidamlilik, qizishga chidamlilik deb ham ataladi. Kesuvchi asbob uzlukli kesish sharoitida ishlashi mumkin. Bunda uning kesuvchi tig'i ish paytida davriy ravishda qiziydi, salt yurishda esa soviydi. Issiqlik yuklamasining davriy ravishda o'zgarib turishi asbob materialining issiqlik – mexanik toliqishiga sabab bo'ladi va toliqish darzlarini vujudga keltiradi. Shu sababli, asbobsozlik materiali issiqqa yuqori darajada chidamli bo'lishi bilan birga davriy harorat o'zgarishlari ta'siriga ham chidamli bo'lishi kerak.

3. Yeyilishga chidamlilikning yuqoriligi

Kesish jarayonida qirindining old yuza va kesuvchi yuza, kesuvchi tig'ning orqa yuzasi bo'ylab katta tezlikda siljishi, birbiriga tegib turgandagi kontakt yuqori kuchlanish va yuqori harorat natijasida asbobning ish yuzalari yeyiladi. Yeyilishga chidamlilik deganda, asbobsozlik materialining kesish paytida asbobning ishqalanish yuzasida metall zarrachalarining yeyilishga qarshilik ko'rsatish xususiyati tushuniladi. Kontakt yuzalarning yeyilishi asbobning ishlov berilayotgan material bilan butun harakati davomida yuz beradi. Natijada tig' o'zining muayyan hajmini yo'qotadi va bu yeyilishning izlari unda ish yuzasining shakli o'zgarishidan yaqqol ko'rinib turadi. Materialning yeyilishga chidamliligi uning mexanik xususiyatlari (qattiqligi, mustahkamligi, issiqqa chidamliligi)ga bog'liq.

4. Issiqlik o'tkazuvchanlikning yuqoriligi

Asbobsozlik materialining sifatini yaxshilashda uning issiqlik o'tkazuvchanligining yuqori bo'lishi katta ahamiyatga ega. Xususan, issiqqa o'ta chidamli materiallarga ishlov berishda bu juda muhim. Materialning issiqlik o'tkazuvchanligi qancha yuqori bo'lsa, charxlash paytida asbob tig'larida darz va kuyindilar hosil bo'lish ehtimoli shuncha kam bo'ladi. Bundan tashqari issiqlik o'tkazuvchanlik o'sib borganda, kesish sohasidan issiqlikni qaytarish sharoiti yaxshilanadi, bu kesish haroratini pasaytiradi va asbobning yeyilishga chidamliligini oshiradi. Issiqlik o'tkazuvchanlikning yuqoriligi asbobsozlik materialining muhim ko'rsatkichi hisoblanadi va kesuvchi asbobning ishda ishonchliligini ta'minlaydi.

5. Yuqori tejamlilik

Hozirgi paytda mashinasozlik sanoatida ko'plab metall kesish dastgohlari ishlatiladi va ularning aksariyati bir nechta asbob bilan jihozlangan. Metall kesish parklarida tez sur'atlar bilan tatbiq etilayotgan ishlov berish markazlari o'nlab, hatto yuzlab kesuvchi asboblari bor magazinlar bilan jihozlangan. Sanoatda foydalanilayotgan katta miqdordagi asboblar uchun tegishli miqdorda asbobsozlik materiali talab qilinadi. Shuning uchun asbobsozlik materiali iloji boricha arzon bo'lishi va tarkibida kamyob materiallar bo'lmasligi lozim. Yuqorida sanab o'tilgan talablardan tashqari asbobsozlik materiallariga sovuqlayin va issiqlayin ishlov berish mumkin bo'lishi, issiqlik ishlovi berishda, payvandlashda, charxlashda, kavsharlashda muayyan xususiyatlarga ega bo'lishi kerak.

Asbobsozlik materiallarining hozirgi paytgacha ishlab chiqarilgan quyidagi guruhlari aytib o'tilgan talablarga u yoki bu darajada javob beradi: 1) uglerodli asbobsozlik po'latlari; 2) legirlangan asbobsozlik po'latlari; 3) tezkesar po'latlar; 4) qattiq qotishmalar; 5) mineral-keramika; 6) tabiiy va sintetik olmoslar; 7) o'ta qattiq materiallar; 8) abraziv materiallar.

2.2. Uglerodli asbobsozlik po'latlari

Uglerodli asbobsozlik po'latlarining quyidagi markalaridan foydalaniladi: U7A, U8A, U9A, U10A, U11A, U12A va U13A. Bu po'latlarning markirovkasidagi A harfi ularni yuqori sifatli qilib quyish mumkinligini ko'rsatadi. Yuqori darajada qattiqlikni hosil qilish uchun uglerodli po'latlar qoldiq kuchlanishni yo'qotish,

mustahkamligi va qayishqoqligini oshirish maqsadida keyinchalik bo'shatib toblanadi. Asbobning o'lchamlari va po'lat tarkibidagi uglerod miqdoriga bog'liq ravishda toblash harorati 760...820 °C atrofida bo'ldi.

2.1-jadval

Uglerodli asbobsozlik po'latlarining fizik-mexanikaviy xususiyatlari va tarkibidagi legirlovchi elementlar (% hisobida) miqdori

Po'-lat mar-kasi	C	Mn	Si	Cho'zi-lishdagi mustah-kamlik chega-rasi, σ_{ch}, GPa	Egilish-dagi mustah-kamlik chega-rasi, σ_e, GPa	Qat-tiqligi, HRC	Issiqqa chi-dam-liligi, °C	Siqi-lishga chi-dam-lilik chega-rasi, σ_{si}, GPa
U10A U12A	0,95...1,04 1,15...1,24	0,15...0,30 0,15...0,30	0,15...0,30 0,15...0,30	1,8	2,8	61	220	3,5

Termik (issiqlik bilan) ishlov berish natijasida uglerodli po'latlar HRC 61....63 qattiqlikka ega bo'ladi, bu esa ular bilan barcha asosiy konstruksion po'latlar va cho'yanlarga yumshatilgan va normallashgan holatlarda ishlov berish imkoniyatini beradi. Uglerodli po'latning tob berish va bo'shatishdan keyingi tuzilishi tarkibida oz miqdordagi qoldiq austeniti bor yashirin kristalli martensit va karbid (sementit) lardan iborat bo'ladi. Uglerodli po'latlar yetarli darajada yuqori mexanik mustahkamlikka ega (2.1-jadval) va asbob tig'larining shakliy mustahkamligini yaxshi ta'minlaydi.

Tarkibida legirlovchi kimyoviy elementlarning yo'qligi sababli uglerodli po'latlar yaxshi silliqlanadi va arzon asbobsozlik materiali hisoblanadi.

Past toblab keyin sovuq suvda sovitish uglerodli po'latlarning kamchiligi hisoblanadi. Shunday qilinganda toblangan asbobning kuchlanishi va deformatsiyasi ortadi va darz ketishiga sabab bo'ladi. Ammo uglerodli po'latlarning asosiy kamchiligi ularning issiqqa chidamliligining pastligi hisoblanadi (kritik harorati θ_{kr} = 200...250°C).

Kesish jarayonida yuqori darajada qiziganda strukturaviy o'zgarishlar hisobiga uglerodli po'latlarning qattiqligi keskin pasayadi va asboblarning tig'lari tez yeyilib, ishlov berilayotgan materialni kesmay qo'yadi. Issiqqa chidamlilik darajasining pastligi uglerodli asbobsozlik po'latlarini yuqori samarali asboblar ishlab chiqarish sohasini cheklab qo'yadi. Uglerodli po'latlardan dastaki asboblar (chilangarlik) va past kesish tezligida (10...15 m/min) ishlaydigan mashina asboblari yasaladi. Masalan, U12A po'latidan dastaki razvyortkalar, metchiklar va plashkalar, U9A po'latidan esa iskanalar tayyorlanadi. Mashina asboblari (metchik, razvyortka, parma, zenker va frezalar) U12A po'latidan yasaladi.

2.3. Legirlangan asbobsozlik po'latlari

Uglerodli asbobsozlik po'latlarining yeyilishga chidamliligini, ayniqsa, past kesish tezliklarida ishlaganda, ularga o'z miqdorda xrom, marganes, volfram, kremniy qo'shish yo'li bilan ancha orttirish mumkin. Bunday asbobsozlik po'latlari *legirlangan* po'latlar deb ataladi. XV5, XVG, 9XS markali po'latlar ko'p tarqalgan.

2.2-jadval

Legirlangan asbobsozlik po'latlarining kimyoviy tarkibi(% da) va qattiqligi

Po'lat markasi	C	Mn	Si	Cr	V	Mo	W	Qattiqligi, HRC, kamida
XV5	1,25...1,5	< 0,3	< 0,3	0,4...0,7	0,15...0,3	--	4,5...5,5	65
XVG	0,9...1,05	0,8 ...1,1	0,15...0,35	0,9...1,2	–	--	1,2 ...1,6	62
9XS	0,85...0,95	0,3...0,6	1,2...1,6	0,95...1,25	–	-	--	62

XV5 po'lati 820...840 °C haroratda suvda toblanadi, so'ngra 150...180°C da bo'shatiladi. Martensitda uglerod konsentratsiyasi yuqori bo'lganda po'lat tarkibida ko'p miqdorda murakkab karbidlarning bo'lishi juda qattiq po'lat olish imkonini beradi (HRC 65...67). XV5 po'lati yomon qiziydi va mustahkamligi jihatidan U12A po'latidan qolishmaydi. Ammo o'ta qattiqligi tufayli kichik

plastik deformatsiyalarga ham qarshiligi yuqori bo'lib, undan tayyorlangan asboblar tig'larining shakli barqarordir. Bu po'latdan razvyortkalar va past kesish tezligida ishlaydigan shakldor kes-kichlar tayyorlanadi.

XVG po'lati 830–850°C da moyda toblanadi va 150–180°C da bo'shatiladi. Tob berilgandan va bo'shatilgandan keyin HRC 63...65 qattiqlikka va yetarli darajada qovushqoqlikka ega bo'ladi. Po'lat uning tarkibida marganes bo'lganda ham yaxshi toblanadi, qoldiq austenit miqdorini ko'paytirib beradi. Po'lat toblash paytida yuz beradigan hajm o'zgarishlarga kam uchraydi. Shu sababli, bu po'latdan tay-yorlangan asboblar o'z deformatsiyalanadi va uni to'g'rilash oson. Qoldiq austenitning ko'pligi tufayli kichik plastik deformatsiyalarga qarshiligining kichikligi, karbid miqdorining turli-tumanligi va jilvirlashda darzlar hosil bo'lishga moyilligi XVG po'latining kamchiliklari hisoblanadi. XVG po'lati, asosan, yirik o'lchamdagi protyajkalar tayyorlash uchun ishlatiladi.

9XS po'lati 865...875°C da moyda toblanadi, so'ngra 150...180°C da bo'shatiladi. Bunda u HRC 63...64 qattiqlikka ega bo'ladi. Po'lat yaxshi qizish va toblanish xususiyatlariga ega. Moyda tob berilishi tufayli 9XC po'latidan tayyorlangan asbobning deformatsiyasi kamayadi. Tarkibidagi kremniy po'latni o'ta qizib ketishga chidamli qiladi, mayda donlarning saqlanishiga imkon beradi va karbidlarning asbob ko'ndalang kesimi bo'ylab bir tekis taqsimlanishini ta'min-laydi. Mazkur po'latning kamchiligi uning uglerodsizlanishga moyilligi, ishlov berilgan yuza g'adir-budurligini tekislash uchun kesib ishlov berish qulay emasligi hisoblanadi. 9XS po'lati kar-bidining yuqori darajada bir jinsliligi sababli undan juda yupqa kesuvchi qismi bo'lgan asboblar yasash (kichik diametrli parmalar, metchiklar, razvyortkalar, rezba kesuvchi asboblar, frezalar) imkonini beradi.

Ko'rib o'tilgan barcha legirlangan po'latlar issiqlikka chidamlilik darajasiga ko'ra U12A (0_{k} = 250°C) uglerodli po'latidan kam farq qiladi. Shu sababli, ulardan tayyorlangan asboblar past kesish tezliklarida ishlay oladi (20...25 m/min).

2.4.Tezkesar asbobsozlik po'latlari

Tezkesar asbobsozlik po'latlari legirlangan po'latlardan tarkibida karbid hosil qiluvchi elementlarning (volfram, vanadiy, molibden va xrom) katta miqdorda mavjudligi bilan farq qiladi va bu hol mazkur po'latlarni issiqqa chidamliligini ancha oshiradi.

2.3-jadval

Tezkesar asbobsozlik po'latlarining kimyoviy tarkibi

Po'lat markasi	Kimyoviy tarkibi (% da)					
	W	Mo	V	Co	C	Cr
P9	8,5...10,0	1,0	2,0...2,5	–	0,85...0,95	3,8...4,4
P18	17,0...18,5	1,0	1,0...1,4	–	0,70...0,80	3,8...4,4
P9F5	9,0...10,5	1,0	4,3...5,1	–	1,4...1,5	3,8...4,4
P6M5	5,5...6,5	5,0...5,5	1,0...2,1	–	0,8...0,88	3,8...4,4
P6K5	5,5...6,5	1,0	2,0...2,6	5,0...6,0	0,9...1,0	3,8...4,4
P9K10	9,0...10,5	1,0	2,0...2,6	9,0...10,5	0,9...1,0	3,8...4,4

Uglerodli asbobsozlik po'latining 200...250°C dan yuqori haroratda qiziganda qattiqligining yo'qotishi martensitdan ajralib chiquvchi temir karbidining jadal koagulyatsiyasiga bog'liq. Po'lat tarkibiga volfram, vanadiy, molibden va xromni ma'lum miqdorda va birikmalar holida kiritilishi barcha uglerodni bog'lab turuvchi murakkab karbidlar hosil qilinishiga olib keladi. Natijada karbidlarning koagulyatsiya jarayoni ancha yuqori haroratda sodir bo'ladi va po'latning issiqqa chidamliligi ortadi. Bu hodisada volfram, vanadiy va molibden asosiy rol o'ynaydi. Tezkesar po'latlarning issiqqa chidamliligining yuqoriligi ularni yuqori haroratda (1300°C) qizdirib toblash va moyda sovitish, so'ngra uch marta 550–580°C da bo'shatish orqali ta'minlanadi.

2.4-jadval

Tezkesar asbobsozlik po'latlarining fizik-mexanikaviy xossalari

Po'lat markasi	Cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi, s_{ch}, GPa	Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, σ_e, GPa	Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi, σ_s, GPa	Qattiqligi, HRC	Issiqqa chidamliligi, °C
P9	2,5	3,35	4,0	62...63	620
P18	2,5	2,9...3,1	4,0	62...63	620
P6M5	2,5	3,3...3,4	4,0	63...64	620
P9F5	2,5	2,6...2,9	4,0	64...65	620
P6K5	2,5	2,5	4,0	63...64	640
P9K10	2,5	2,05...2,1	4,0	63...64	640

Yuqori toblanish harorati yetarli miqdordagi murakkab karbidlarning ko'p miqdorda erishini va austenitning uglerod hamda legirlovchi elementlar bilan o'ta to'yinishiga imkon beradi. Toblangandan keyin tezkesar po'latning strukturasi yuqori legirlangan martensit, karbid va austenitdan iborat bo'ladi. Bo'shatish paytida qattiq eritmaning qisman parchalanishi yuz beradi, qoldiq austenit martensitga aylanadi, karbidlarning dispers zarralari ajralib chiqadi va bu qattiqlikni oshirishga xizmat qiladi.

Uglerodli va legirlangan asbobsozlik po'latlariga nisbatan tezkesar po'latlar qattiqligi, mustahkamligi, issiqqa chidamliligi, yeyilishga chidamliligi, kichik plastik deformatsiyalarga qarshilik ko'rsata olishi, yaxshi toblanishi bilan ajralib turadi. Tezkesar po'latlarning issiqqa chidamliligi ulardan yasalgan asboblarning uglerodli asboblarga qaraganda 2,5...3,0 marta yuqori tezlikda kesish imkonini beradi.

Tezkesar po'latning yaxshi kesishi hamda texnologik xususiyatlarining yuqoriligi ulardan turli asboblar yasashda keng foydalanish imkonini beradi. Qattiq qotishmalardan asboblar yasash katta texnologik qiyinchiliklar tug'dirgan va qimmatga tushgan hollarda (masalan, shakldor asboblar, murakkab konstruktiv shaklga ega asboblar) asboblar tezkesar po'latlardan yasaladi. Bundan tashqari qattiq qotishmalardan tayyorlangan asboblarning mexanik mustahkamligi kesish paytida yetarli bo'lmaydi va bu hol asbobning ishdan chiqishiga olib kelishi mumkin. Bu ko'proq odamsiz ishlaydigan texnologiyada yuz beradi (masalan, o'ta mustahkam materiallarni qalin qatlam bilan kesishda, juda qiyin dinamik rejimli uzlukli kesishda, DMAD texnologik tizimining bikrligi kichik paytida kesishda).

Tezkesar po'latlardan shakldor keskichlar, parmalar, zenkerlar, razvyortkalar, metchiklar va plashkalar, vint kesuvchi kallaklar, silindrik, o'qiy va tugalma (chekka) frezalar, shakldor va rezba frezalari, chervyak-modulli va chervyak-shlitsali frezalar, tish kesuvchi o'ygichlar, sheverlar, protyajkalar tayyorlanadi.

2.5. Qattiq qotishmalar

XX asrning 30-yillari boshida qattiq qotishmalarning tatbiq etilishi metallga ishlov berish sanoatida mehnat unumdorligining keskin oshishiga olib keldi. Asbobning yeyilishga chidamliligi va kesish tezligi o'n martagacha oshdi, ishlov berilgan yuzaning sifati yaxshilandi, tayyorlash aniqligi ortdi. Asboblarning kesuvchi

qismlarini tayyorlash uchun metall-keramika deb ataluvchi qattiq qotishmalar qo'llaniladi. Metall-keramika qattiq qotishmalari karbid kukuni va sementlovchi metall aralashmasini berk atmosferada pishirish orqali tayyorlanadi. Bu qattiq qotishmalarni tayyorlash texnologiyasi sopol ishlab chiqarish jarayoniga o'xshashligi tufayli ular *metall-keramika qattiq qotishmalari* deb atalgan.

Qattiq qotishmalar tayyorlash uchun birlamchi xomashyo sifatida volfram, titan, tantal kabi qiyin suyuqlanadigan metallar karbidlarining kukunlari va karbidlar hosil qilmaydigan kobalt kukunidan foydalaniladi. Kukunlar muayyan miqdorda aralashtiriladi, qoliplarda presslanadi va 1500...2000°C haroratda pishiriladi. Pishirilganda qattiq qotishmalar o'ta yuqori qattiqlikka ega bo'ladi va issiqlik bilan qo'shimcha ishlov berishga hojat qolmaydi. Kesuvchi asboblar tayyorlash uchun qattiq qotishmalar muayyan

2.5-jadval

Ayrim qattiq qotishmalarning fizik-mexanik xossalari va kimyoviy tarkibi

Markasi	Kimyoviy tarkibi, %				Zichligi, g/sm³	Mustahkamlik chegarasi		Qattiqligi, HRS	Issiqqa chidamliligi θ_{kr}, °C
	WC	TiC	TaC	Co		egilishda σ_e, GPa	siqilganda σ_{sq}, GPa		
VK3	97	–		3	14,8...	1,0	5	89	800...850
VK6	94	–	–	6	15,3	1,2	5	88	
VK8	92	–	–	8	14,5...	1,3	5	87,5	
					15,0				
					14,4...				
					14,8				
T30K4	66	30	–	4	9,5...9,8	0,9	4	91	850...900
T15K6	79	15		6	11,0...	1,1	4	90	
T5K10	85	6	–	9	11,7	1,15	4	88,5	
					12,2...				
					13,2				
TT7K12	81	4	3	12	13,0...	1,65	-	–	750
					13,3				

shakl va o'lchamdagi plastinkalar ko'rinishida yetkazib beriladi. Qattiq qotishmalar plastinkalari asbob korpusiga kavsharlab yoki turli xil mexanik qotirish yo'li bilan mahkamlanadi.

Qotishma tarkibida volfram, titan, tantal karbidlari qancha ko'p bo'lsa, uning qattiqligi shuncha yuqori, lekin mexanik mustahkamligi past bo'ladi. Kobalt miqdori ortganda esa aksincha, qotishmaning qattiqligi va issiqqa chidamliligi pasayadi, ammo mustahkamligi ortadi.

Qattiq qotishmalar 3 guruhga bo'linadi:

1. Volframli (bir karbidli) qotishmalar; ular volfram karbidi va kobaltdan iborat bo'ladi. Bu guruhga mansub qotishmalar VK harflari bilan belginaladi. K harfidan keyin kobalt necha foizligini ko'rsatuvchi raqam qo'yiladi. Masalan, VK6 tarzidagi belgilanish tarkibi 6% Co va 94% W dan iborat qotishmani tavsiflaydi. Shu guruhning yirik donli qotishmalarini belgilashda qo'shimcha V harfidan (masalan, VK8V), mayda donli qotishmalar uchun M harfidan foydalaniladi (masalan, VK6M).

2. Titan-volframli (ikki karbidli) qotishmalar. Bular volfram karbidi, titan karbidi va kobaltdan tashkil topgan. Bu guruh qotishmalari TK harflari bilan belginaladi. T va K harflaridan keyin qo'yilgan raqamlar titan karbidi va kobaltning qotishma tarkibidagi miqdorining foizlarini bildiradi.

3. Titan-tantali volframli (uch karbidli) qotishmalar. Ular volfram karbidi, titan karbidi, tantal karbidi va kobaltdan tashkil topgan. Bu guruhga kiruvchi qotishmalar titan-volframli qotishmalarga o'xshash va aynan o'sha harflar bilan belgilanadi, faqat yana T harfi qo'shiladi (masalan, TT7K12). TT harflari va ulardan keyin qo'yiladigan raqam titan va tantal karbidlarining taxminan necha foiz ekanligini ko'rsatadi. K harfidan keyingi raqam esa qotishma tarkibida kobaltning foiz miqdorini bildiradi.

Titan-volframli qotishmalarning qattiqligi va issiqqa chidamliligi volframli qotishmalarga qaraganda yuqori. Titan-volframli qotishmalarning qattiqligi va issiqqa chidamliligining ortib borishi bilan ularning egilishga mustahkamligi va zarbiy qovushqoqligi pasayadi. Qotishmalar tarkibida volfram va titan karbidlari ko'paygan, kobalt esa kamaygan sari ularning egilishga mustahkamligi pasayib boradi. Titan-volframli qotishmalarning issiqlik o'tkazuvchanligi, volframli qotishmalarnikidan ancha past bo'lib, tezkesar po'latlarning issiqlik o'tkazuvchanligiga yaqinlashadi. Qattiq qotishmalarning mustahkamligi faqat ularning tarkibi bilangina

emas, volfram karbidlari donlarining o'lchami bilan ham belgilanadi. Katta o'lchamli karbid donlari bo'lgan qotishmalar mustahkamroq bo'ladi, bu esa sementlovchi faza qatlami qalinligining nisbatan ortishi bilan bog'liq. Volfram karbidlari donlari o'lchamlarining kichrayishi aksincha, mustahkamlikni kamaytiradi, lekin bunda qotishmaning qattiqligi va eyilishga chidamliligi ortadi.

Asboblardan foydalanish va ularni loyihalashda volframli qotishmalarning, ayniqsa, titan-volframli qotishmalarning juda mo'rtligini hisobga olish kerak. Qattiq qotishmalar egilishga mustahkamligi jihatdan, tezkesar po'latdan ancha past tursa-da, ularning siqilishga mustahkamligi yuqori, hattoki, po'latnikidan ortiq bo'ladi. Shunga ko'ra, qattiq qotishmadan yasalgan asbobning kesuvchi tig'i shunday bo'lishi kerakki, asbobga ta'sir qiluvchi yuklanish tig'da egilishga zo'riqishni emas, siqilishga zo'riqishni hosil qilsin, chunki barcha mo'rt materiallar singari qattiq qotishma bunga yaxshi dosh beradi.

Uch karbidli titan-tantal-volframli qotishmalar xususiyatlariga ko'ra issiqqa chidamli qotishmalar bilan titan-volframli qattiq qotishmalar o'rtasida oraliq o'rinni egallaydi. TK qotishmalardan issiqqa chidamliligi jihatdan past tursa-da, mustahkamligi jihatidan ulardan ustun turadi. Qirqiluvchi qatlam kichik bo'lganda TT7K12 qotishmasi bilan yo'l qo'yiladigan kesish tezligi R18 po'lati bilan yo'l qo'yiladigan kesish tezligidan 2...3 marta ortiq, T5K10 qotishmasi uchun yo'l qo'yiladigan kesish tezligidan 1,5 baravar kamdir.

Asboblarni loyihalashda, qattiq qotishma guruhlari ishlov berilayotgan xomashyo materialining mexanik xususiyatlari va turidan kelib chiqib tanlanadi. Mo'rt materiallarga plastik materiallarga qaraganda past kesish haroratida ishlov beriladi. Shu sababli, cho'yanga ishlov berishda issiqqa uncha chidamli bo'lmagan, ammo arzon VK guruhiga mansub qotishmalardan foydalaniladi. Volframli qotishmalar o'ta mustahkamligi tufayli bunday holatda ulardan foydalanish maqsadga muvofiqdir, chunki cho'yanga ishlov berishda kontakt maydonchasi kichik bo'lganligi uchun old yuzadagi yuklanish bevosita tig'ning yaqinida to'planadi. VK guruhiga kiruvchi qotishmalardan ishlov berishda issiqlik kam ajraladigan yumshoq, rangli metallarni kesishda ham foydalaniladi.

Uglerodli va legirlangan konstruksion po'latlarni kesishda harorat yuqori bo'ladi, bunday holda volframli qotishmalar bilan ishlov berish samarali emas, shuning uchun TK guruhiga mansub issiqqa va yeyilishga chidamliroq bo'lgan qotishmalardan foydalangan

ma'qul. Biroq ayrim hollarda mazkur materiallarga ishlov berishda titan-volframli qotishmalarning mustahkamligi yetarli bo'lmaydi va VK guruhiga mansub issiqqa uncha chidamli bo'lmagan, lekin ancha mustahkam qotishmalardan foydalaniladi. O'ta qattiq va qovushqoq bo'lgan ba'zi po'lat va qotishmalar, mustahkamligi yuqori bo'lgan titanli qotishmalar, shuningdek, toblangan uglerodli va legirlangan po'latlarga qalin qatlamli qilib uzlukli kesish yo'li bilan ishlov berish shular jumlasidandir.

TTK guruhi qotishmalari universal bo'lib, ularni po'latlarga, cho'yanlarga ishlov berishda ham qo'llash mumkin. Uch karbidli qotishmalar, asosan, juda qalin qatlamni kesishda, og'ir zarblar bilan ishlov berishda qo'llanadi. Bunday hollarda titan-volframli qotishmalarning o'ta mustahkamligi, ularning issiqqa chidamliligining pastligini qoplanib ketadi.

Qattiq qotishma markasini tanlashda har bir guruh doirasida quyidagilarni e'tiborga olish kerak: asbobning ish sharoiti zo'riqish jihatdan qancha og'ir bo'lsa, qotishma tarkibida shuncha ko'p kobalt bo'lishi kerak, zo'riqish rejimi qancha yengil bo'lsa, qotishmada titan va volfram karbidlari shuncha ko'p bo'lishi lozim.

Qattiq qotishmalardan turli-tuman kesuvchi asboblar tayyorlanadi. Asbob ishlab chiqarish texnologiyasining takomillashib borishi bilan qattiq qotishmadan yasalgan asboblarning qo'llanish chegaralari to'xtovsiz kengayib bormoqda.

2.6. Mineral keramika

Mineral keramika metall keramika singari aluminiy Al_2O_3 ning kristall oksidlari bo'lgan mineral keramikani pishirish yo'li bilan olinadi. Bular orasida eng ko'p tarqalgani SM-332 markali mineral keramikadir.

Mineral keramika tayyorlash uchun dastlabki xomashyo bo'lib texnik glinozemni 1500—1700 °C da qizdirib hosil qilinadigan maydalangan korund kukuni — aluminiyning sun'iy oksidi xizmat qiladi. Korund kristallari o'sishining oldini olish uchun pishirish paytida keramikaga 0,5...1% magniy aralashmasi qo'shiladi. Ana shu aralashma aluminiy aralashmasi bilan reaksiyaga kirishib, ancha mustahkam sementlovchi moddani hosil qiladi. Keramika plastinkalarini presslash paytida birlamchi shixtaga plastifikator, ya'ni kauchukning benzindagi 5% li eritmasi qo'shiladi. Plastinkalar ikki bosqichda pishiriladi. Birinchi bosqichda 2 soat davomida 1100 °C haroratda, ikkinchisida 10...15 minut davomida 1720...1760 °C haroratda pishiriladi.

Pishirish natijasida mineral keramika o'ta mayda korund kristallari va shishasimon kristallararo amorf qatlamdan iborat polikristal jismga aylanadi. Mineral keramika plastinka ko'rinishida yetkazib beriladi, ularning shakl hamda o'lchamlari qattiq qotishmalar plastinkalariniki kabi bo'ladi. Mineral keramika plastinkalari asbob korpusiga payvandlash, yopishtirish yoki mexanik yo'l bilan mahkamlanadi. Mineral keramikalar nisbatan arzon asbobsozlik materiali hisoblanadi, chunki ular tarkibida qimmatbaho va kamyob kimyoviy elementlar yo'q. Mineral keramika juda qattiq (HRA 91...93), issiqqa o'ta chidamli (kritik harorati θ_{kr}= 1200°C) materialdir. Issiqqa chidamliligi jihatdan metall keramikalar barcha keng tarqalgan asbobsozlik materiallaridan ustun turadi, shu jumladan, olmosdan ham. Bu esa mineral keramikadan yasalgan asbobning qattiq qotishmali asboblar tezligidan ham ortiq kesish tezligida (300...600 m/min) ishlay olishiga imkon beradi. Bu mineral keramikaning asosiy ustunlik jihatidir. Boshqa asbobsozlik materiallariga qaraganda mineral keramika ishlov berilayotgan materialga yopishib qolmaydi. Mineral keramikaning asosiy kamchiligi uning egilishga chidamliligi va zarbiy qovushqoqligi pastdir. Bu hol ulardan foydalanishni bir qadar cheklab qo'yadi. SM-332 markali plastinkalarning egilishga mustahkamlik chegarasi σ_e= 0,37GPa bo'lib, bu uncha mustahkam bo'lmagan titan-volframli qattiq qotishmalarnikidan ham ancha pastdir. Mineral keramikaning yana bir kamchiligi issiqlikning davriy ravishda o'zgarib turishga qarshiligining pastligidir. Bunda uzlukli kesish paytida, asbobning kontakt yuzasida haroratdan toliqish darzlari paydo bo'ladi va asbob muddatidan ilgari ishdan chiqadi. Egilishga mustahkamligining pastligi, juda mo'rtligi tufayli mineral keramikadan rangli yumshoq metallarga ishlov berishda foydalanish maqsadga muvofiqdir. Po'lat va cho'yanga ishlov berishda mineral keramikaning qo'llanish doirasi zarblar va turtki kuchlar bo'lmaganda yupqa qatlamni uzluksiz yo'nib kesish bilan cheklaniladi.

Mineral keramikaning mustahkamligini oshirish maqsadida uning tarkibiga volfram, titan, molibden yoki shu metallarning murakkab karbidlaridan iborat qo'shilmalar kiritila boshlandi. Korund kristallari va qiyin suyuqlanadigan metallarning karbidlaridan iborat tarkiblar *kermetlar* deb ataladi. Kermetlarning egilishga mustahkamlik chegarasi σ_e= 0,6...0,7 GPa bo'lib, bu SM-332 markali plastinkalarnikidan deyarli ikki baravar yuqoridir. Biroq, qiyin suyuqlanadigan va murakkab karbidlarning qo'shilmalari kermetlarning issiqqa va yoyilishga chidamliligini pasaytirib yubordi.

Kermetlar plastinkalari ko'p qirrali va dumaloq plastina shakllarida tayyorlanadi. Ular VOK-60, VOK-63 va VZ markalarda ishlab chiqariladi. Kermet plastinkalar va mineral keramikaning qattiqligi deyarli bir xil. Kermetlar metallarga uzil-kesil kesib ishlov berishda qo'llanadi.

2.7. Tabiiy va sun'iy olmoslar

Olmos o'z tabiatiga ko'ra uglerodning allotropik modifikatsiyalaridan biridir. Texnik olmoslarning asosiy turlari *bort, ballas* va *karbonado* hisoblanadi. Bort oktaedr shaklidagi nuqsonli kristalldir; ballas-mayda donli tuzilishga ega shar ko'rinishidagi agregat; karbonado – mayin donli g'ovak qora rangli agregat. Olmos kristallari katta anizotropiyasi bilan ajralib turadi va „qattiq", „yumshoq" deb ataluvchi yo'nalishlarga ega, ularning qattiqligi va mustahkamligi bir xil emas. Olmos kristallaridan asboblar tayyorlanganda ularga „yumshoq" yo'nalishda ishlov berish kerak, kristallarni asbobga shunday mahkamlash kerakki, ularning „qattiq" yo'nalishi yeyilishga qarshilik ko'rsatsin.

Kesuvchi asboblarda 0,31 karatdan 0,75 karatgacha og'irlikdagi olmos kristallar qo'llaniladi (1 karat=0,2 g.). Kristallar asbobga payvandlash yo'li bilan yoki mexanik yo'l bilan mahkamlanadi.

Olmos kesuvchi asboblarda qo'llanilganda juda foydali xossalarga, birinchi navbatda o'ta yuqori qattiqlikka ega (100 GPa). Olmosning issiqlik o'tkazuvchanligi ham juda yuqori bo'lib (issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti λ=140Vt/(mK)), bu jihatdan u bizga ma'lum bo'lgan barcha asbobsozlik materiallaridan ustun turadi. Olmosning chiziqli kengayish koeffitsiyentining kichikligi [(0,73...1,45)10^{-6}] tufayli olmos asbob bilan aniq o'lchamda ishlov berish mumkin. Po'lat bo'ylab ishqalanish koeffitsiyentining pastligi (μ=0,17...0,05) va adgeziyaga moyilligining kamligi, olmos asboblar bilan kesishda ishlov berilgan yuzaning juda kam g'adir-budur bo'lishini ta'minlaydi. Ammo, bu sanab o'tilgan afzalliklardan tashqari, olmos qator jiddiy kamchiliklarga ham ega. Ulardan asosiysi mustahkamligining pastligidir. Olmosning egilishga mustahkamlik chegarasi 300 MPa, siqilishga mustahkamlik chegarasi esa 2000 MPa bo'lib, bu qattiq qotishmalarnikiga qaraganda ancha kamdir. Olmosni temir bilan tutashgan holda qizdirilganda u temirda jadal eriy boshlaydi. Shu sababli kesish paytida kritik harorat 700...750 °C dan oshmasligi kerak.

Olmosning o'ta mo'rtligi va issiqqa chidamliligining pastligi undan po'lat va cho'yanlarga ishlov berishda foydalanish imkonini bermaydi. Olmos asboblardan hozirgi paytda rangli metallar, mustahkam plastmassalar va yarimo'tkazgichlarga ishlov berishda muvaffaqiyatli foydalanilmoqda.

Sun'iy olmoslar olish texnologiyasining takomillashuvi, katta o'lchamli ko'p kristalli hosilalar olish imkonini berdi. Bu hosilalardan kesuvchi asboblarga qo'yiladigan tig'lar yasaladi. Qattiqligi jihatdan sun'iy olmoslar tabiiy olmoslarga nisbatan biroz past turadi, xolos. Sun'iy olmoslar «AS» harflari bilan markalanadi. 1000...1200 m/min kesish tezligida toza ishlov berishda foydalaniladi.

2.8. O'ta qattiq materiallar

Hozirgi paytda asbobsozlik sanoati bor nitrid – kompozitlar asosida o'ta qattiq materiallar ishlab chiqarmoqda. Borning kub nitridi 43,6% bor va 56,4% azot birikmasidan iborat bo'lib, xuddi grafit singari geksagonal kristall panjaraga ega. Yuqori bosim va haroratda geksagonal panjara kub panjaraga aylanadi. Borning kub nitridi (BKN) juda qattiq, issiqqa chidamli va kimyoviy barqaror materialdir. Qattiqligiga ko'ra, BKN (90 GPa) olmosga yaqin turadi, issiqqa chidamliligi jihatidan esa (1300°C) undan ustundir. BKN temir uglerodli qotishmalarga nisbatan inertdir. Kesuvchi asboblar tayyorlash uchun BKNning polikristali va uning asosida yaratilgan kompozitsion materiallar („kompozitlar")dan foydalaniladi. Kompozitlar (2.6-jadval) elbor-R (kompozit 1), geksanit (kompozit 10), kompozit 05, kompozit 10D, silinitga bo'linadi. Bularning barchasi 4...8 mm diametrli va balandligi 3...6 mm bo'lgan silindrlar ko'rinishida ishlab chiqariladi.

O'ta qattiq materiallarning kesuvchi asboblar sifatida keng qo'llanilishi mashinasozlikda qiyin ishlov beriladigan materiallarning yanada kengroq tatbiq etilayotganligi, mexanik ishlov berishga kichik qo'yimni aniq qo'yish jarayonlarining joriy etilishi hamda samarali kesuvchi asboblar bilan bir majmuani tashkil etuvchi yangi, yuqori unumli avtomatlashgan jihozlarning yaratilishi bilan bog'liqdir.

O'ta qattiq materiallardan yasalgan asboblardan oqilona foydalanish, xususan, raqamni dasturli boshqarish dastgohlarida, ko'p maqsadli dastgohlarda, moslashuvchan ishlab chiqarish modullari va tizimlarida metallarga ishlov berishni jadallashtirishning istiqbolli yo'llaridan biridir.

2.6-jadval

Borning kub nitridi asosida yaratilgan asbobsozlik materiallarining asosiy xarakteristikalari va qo'llanish sohalari

Markasi	Tarkibi	Qattiqligi HV, GPa	Qo'llanish sohasi
Elbor-R (K 01)	KNB	90 gacha	HRC 40...63 li toblangan po'lat va cho'yanlarga toza ishlov berish
Geksanit K01, K10, K108	KNB	60	Qattiqligi HRC 40...68 li toblangan po'lat va cho'yanlarga toza ishlov berish
Kompozit 05	KNB+A10	45	Cho'yanlarga qisman toza ishlov berish, shu jumladan, uvoq-qirindilar chiqaruvchi materiallarga ishlov berish
Silinit	Si_3N_4, Al_2O_3 va boshqa qo'shimchalar	96 HRA gacha	
BN 100 (Yaponiya)	KNB+ qo'shimchalar	45	Qattiqligi HRC 68 li toblangan po'latlarga toza ishlov berish
BN230 (Yaponiya)	KNB+TiC	45	Qattiqligi HRC 45 dan ortiq bo'lgan uglerodli, asbobsozlik, podshipnik po'latlariga qisman toza va toza ishlov berish
Sialon (Angliya)	Si_3N_4+Al_2O_3+ AlN	–	Yemirilishga chidamli, qo'yimi 12 mm gacha bo'lgan po'latlar va cho'yanlarga ishlov berish
Kion 2000 (AQSH)	Si_3N_4+Al_2O_3+AlN	–	Cho'yanga va yemirilishga chidamli, qo'yimi 12 mm gacha bo'lgan po'latlarga ishlov berish

2.9. Abraziv materiallar

Kelib chiqishiga ko'ra tabiiy yoki sun'iy bo'lgan, tarkibida don va kukunlari boshqa qattiq jismlar yuzasiga tirnash, qirish, sidirish yo'li bilan ishlov bera oladigan, qattiqligi va mustahkamligi yuqori

bo'lgan minerallari mavjud moddalar *abraziv materiallar* deyiladi. Ular jilvirlash va charxlash kallaklari, bruschalar, xonlar hamda o'lchamiga yetkazib ishlov berish va jilolash pasta hamda kukunlari tayyorlashda ishlatiladi.

Abraziv materiallar tabiiy va sun'iy materiallarga bo'linadi. Tabiiy abraziv materiallarga kvars (SiO_2), najdak va korund kiradi. Bular barchasining kesish xususiyati nisbatan past, shu sababli, ishlov berish sanoatida kam qo'llaniladi. Abraziv asboblar uchun asosan, sun'iy abraziv materiallar: elektrokorund, kremniy karbidi, bor karbidi, bor silikokarbidi va sun'iy olmoslardan foydalaniladi.

Elektrokorund aluminiy oksidiga (boksitlar, glinozem) boy bo'lgan materiallarni yoysimon elektr pechlarda 2000...2050°C haroratda suyuqlantirib olinadi. Elektrokorund — juda qattiq, zich va issiqqa chidamli material. Tarkibidagi Al_2O_3 miqdorining foiz nisbatiga ko'ra u normal, oq, legirlangan va monokorund bo'lishi mumkin.

Normal elektrokorund tarkibida 95% gacha Al_2O_3 bo'ladi. U 12A, 13A, 14A, 15A va 16A markalarda ishlab chiqariladi. Normal elektrokorund po'lat, cho'yan va qattiq bronzalarni jilvirlashda uncha mas'ulyatli bo'lmagan charxlarda foydalaniladi.

Oq elektrokorund tarkibida 97% dan ortiq Al_2O_3 bo'ladi. Uning 22A, 23A, 24A, 25A markalari ishlab chiqariladi. Rangi oq, kulrang-oq yoki och pushti bo'lishi mumkin. Oq elektrokorund normal elektrokorundga nisbatan qattiqroq. Oq elektrokorund aniq ishlarni bajarishda rezba silliqlovchi, charxlovchi charxtoshlarda xoninglash va superfinish kallaklarida foydalaniladi.

Legirlangan elektrokorund xromlangan, titanlangan va sirkoniyli bo'ladi. Xromli elektrokorund (texnik qizil yoqut) glinozomga 0,4 dan 2% gacha Cr_2O_3 qo'shish yo'li bilan olinadi. Oq elektrokorundga qaraganda xromli elektrokorundning fizik-mexanikaviy xususiyatlari ancha barqaror va qattiqdir. U 32A, 33A, 34A markalarda ishlab chiqariladi. Titanli elektrokorund (texnik saplir) glinozomga 2...3% titan oksidi qo'shib suyuqlantirish yo'li bilan olinadi. Uning donlarining kesish xususiyati yuqori va u xromli elektrokorundga nisbatan qattiqroq, u 37A markada ishlab chiqariladi. Sirkoniyli elektrokorund glinozom, sirkoniy ikki oksidi (10...40%) va titan oksidlaridan olinadi. Sirkoniyli elektrokorund titanli elektrokorundga nisbatan ancha qattiq (21 GPa) va yeyilishga chidamliroq, u 38A markada ishlab chiqariladi.

Monokorund – elektrokorundning bir turi. Uning donlari juda kichik o'lchamli to'g'ri kristallar yoki ularning uchqunlari shaklida bo'ladi. Uning o'ziga xos xususiyati donining ko'p qirraliligidir, demak, kesuvchi qirralari ham ko'p bo'ladi. Monokorund jadal ishlaydigan va charxlaydigan charxtoshlar hamda mikrokukunlar ishlab chiqarishda qo'llanadi. U 43A, 44A va 45A markalarda ishlab chiqariladi.

Kremniy karbidi (SiC) elektr pechlarda 1800...1850 °C da kremnezom va uglerodga boy bo'lgan materialardan olinadi. Kremniy karbidi elektrokorundga nisbatdan juda qattiq (32...35 GPa) hamda mo'rtdir, uning kesuvchi qirralari ham ancha o'tkir. Qora va yashil kremniy karbidi bo'ladi. Qora kremniy karbidi 5S marka bilan belgilanadi, tarkibida 95...98% SiC mavjud va qora yoki to'q ko'k rangda bo'ladi, u 52S, 53S, 54S va 55S markalarda ishlab chiqariladi. Qora kremniy karbidi asboblarni qayrash, qattiq qotishmalar va mo'rt materiallarni silliqlash uchun ishlatiladi. Yashil kremniy karbidi 62S, 63S, 64S markalarda ishlab chiqariladi. Qattiqligi va kesuvchi qirralarining o'tkirligiga ko'ra yashil kremniy karbidi qora kremniy karbididan ustun turadi. Yashil kremniy karbidi tezkesar va qattiq qotishmali asboblarni qayrashda, silliqlovchi charxlarni to'g'rilashda qo'llaniladi.

Bor karbidi (B_4C) bor kislotasi B_2O_3 va neft koksini elektr-pechlarda suyuqlantirib olinadi. U kulrang-qora tusda bo'lib, tarkibida 93% gacha B_4C va 1,5% erkin uglerod mavjud. Bor karbidi kremniy karbidiga nisbatan ancha qattiq (39...44 GPa), ammo issiqqa chidamliligi pastroq. Shuning uchun mikrokukunlar yoki pasta ko'rinishida qattiq qotishmadan ishlangan asboblarga uzil-kesil ishlov berishda qo'llanadi.

Bor silikokarbidi yoysimon pechda bor kislotasi, neft koksi va kvars qumlarini qaytariluvchi suyuqlanish usulida olinadi. Uning kesish xususiyati bor karbidinikidan ancha yuqori. Yuqori sifatli mikrokukunlar tarzida texnik yoqutlar, qattiq qotishmalar va boshqa shunga o'xshash juda qattiq materiallarga ishlov berishda foydalaniladi.

Sun'iy olmoslar donlarining o'lchamlari, olinishi va ularni nazorat qilish usullariga qarab ikki guruhga bo'linadi: donlarining o'lchami 630...50 mkm bo'lgan silliqlovchi kukunlar va donlarining o'lchami 40...3 mkm bo'lgan mikrokukunlar.

Silliqlovchi kukunlar besh xil markada ishlab chiqariladi: ASO – odatdagi mustahkamlikka ega, organik bog'lovchisi bo'lgan asboblar tayyorlash uchun; ASR – mustahkamligi oshirilgan

keramik va metall bog'lovchisi bo'lgan asboblar uchun; ASV — yuqori solishtirma yuklamalarda ishlaydigan metall bog'lovchili asboblar uchun; ASK—ASV ga qaraganda ancha mustahkam o'ta og'ir sharoitlarda (masalan, toblangan cho'yanlarni xoninglash va b.) ishlashga mo'ljallangan metall bog'lovchili asboblar uchun; ASS — barcha markalari orasida eng mustahkam kukun, abraziv charxlarni to'g'rilash jarayonida qo'llaniladigan asboblar uchun tavsiya etiladi.

Mikrokukunlar ikkita markada ishlab chiqariladi: ASM — normal abrazivlik xususiyatga ega; qattiq qotishmalar, po'lat, cho'yan, shisha va boshqa materiallarga ishlov berish uchun; ASN — abrazivlik xususiyati yuqori; olmoslar, korundlar va boshqa o'ta qattiq materiallarga ishlov berish uchun.

2.10. Kesuvchi asboblarning sifatini oshirishning asosiy usullari va yo'llari

Zamonaviy baquvvat va katta tezlikda ishlaydigan metall kesish dastgohlari, PDB (raqamli dasturli boshqarish)li dastgohlar, ishlov beruvchi markazlar, moslashuvchan ishlab chiqarish modullari va tizimlaridan yuqori unum bilan foydalanish, odam ishtirokisiz ishlaydigan texnologiyaning yaratilishi kesish asboblarning sifatini uzluksiz oshirib borishni, ulardan optimal va ishonchli foydalanish yo'llarini izlab topishni taqozo qiladi.

Tezkesar po'latdan kesuvchi asboblar tayyorlashda kimyoviy-termik ishlov berishning turli usullari qo'llana boshlandi. Bu usullar asbobning qattiqligi, yeyilishga chidamliligi, yemirilishi va korroziyabardoshliligi singari qator sifat ko'rsatkichlarini ancha yaxshilash imkonini berdi. Kimyoviy-termik ishlov berishning quyidagi turlari ko'p tarqalgan [2,13,6].

Azotlash, nitratlash — asbob sirtqi yuzasini 500...650°C da ammiakda yoki karbamid asosidagi tuzlar eritmasida 0,2...0,8 mm qalinlikda diffuzion to'yintirish. Natijada asbobning qattiqligi, yeyilishga chidamliligi, emirilshga chidamliligi va toliqishga qarshilik ko'rsatishi ortadi.

Borlash — qattiqligi, issiqqa chidamliligi, yeyilishga va korroziyaga chidamliligini oshirish uchun metall sirtini bor bilan to'yintirish.

Sianlash — metall sirtini ayni paytda uglerod va azot bilan to'yintirish. Sianlash asbobga termik ishlov berilib, uzil-kesil charxlangandan keyin amalga oshiriladi. Sianlashdan keyin yuqori

qattiqlik (70 HRC gacha) hamda issiq va yeyilishga chidamli bo'lgan 20...30 mkm qalinlikdagi qatlam hosil bo'ladi. Sianlashdan keyin asbobning bardoshliligi 1,5...2 baravar ortadi.

Alitirlash — asbob sirtqi qatlamini, issiqbardoshliligini oshirish uchun aluminiy bilan 0,02...1,2 mm qalinlikda to'yintirish.

Hozirgi vaqtda asboblarning kesuvchi elementlari yuzasini plastik deformatsiya qilish yo'li bilan mustahkamlash ham qo'llana boshlandi. Tezkesar po'latlardan yasalgan asboblar tob berilgandan so'ng olmos bilan tekislash, soqqa g'ildiratish va ultratovush yordamida ta'sir etish yo'li bilan mustahkamlanadi. Masalan, protyajka tishlarini olmos bilan tekislash ularning chidamliligini jilvirlashga qaraganda 2...3, jilolashga qaraganda 20...40% baravar oshiradi.

Qattiq qotishmali plastinkalar sirtini deformatsiya qilish usullaridan biri vibroabraziv va pitralar oqimi bilan ishlov berishdir. Vibroabraziv ishlov berish frezerlashda plastinkalar chidamliligini 1,2...2 marta, yo'nib ishlashda 1,5...2 marta oshiradi.

Kesuvchi asboblarni yelimlash texnologiyasining joriy etilishi darz hosil bo'lishiga yo'l qo'ymadi va asboblar yasash tannarxini 20% ga kamaytiradi. Kavsharlangan va payvandlangan konstruksiyalarni yelimlashga o'tkazilganda asbobning chidamliligi 1,3...1,5 marta ortadi.

Qoplamlar hosil qilishning kimyoviy-termik usuli, jarayonning texnologik parametrlarini o'zgartirish hisobiga, yuza xususiyatlarini cheklangan tarzda orttiradi, shu sababli, bu usulning samaradorligi nisbatan yuqori emas. Mazkur usulga qaraganda, qoplamni bug'-gaz fazalaridan *kimyoviy cho'ktirish* usuli ko'proq qo'llanilmoqda (QKCH— qoplamni kimyoviy cho'ktirish). QKCH usullari qattiq qotishmali, qayta charxlab bo'lmaydigan ko'p qirrali plastinkalarga karbidlar, nitridlar, titan karbonitridlari hamda aluminiy oksidlari asosida yuzalarni qoplashdan keng foydalanilmoqda.

QKCH usullari yordamida hosil qilingan qoplamlarning o'ziga xos xususiyati, qattiq qotishma bilan qoplam orasida o'tish zonasi shakllanishidir. O'tish zonasining shakllanishi bug'-gaz aralashmasidan iborat qiyin suyuqlanadigan to'yintiruvchi metall bilan qattiq qotishmaning tashkil etuvchilari orasidagi interdiffuzion reaksiyalarga bog'liq. QKCH usullari, odatda, 1000...1100°C haroratda amalga oshiriladi. Shuning uchun bu usulni to'liq termik ishlov berilgan tezkesar po'latlardan yasalgan asboblarga qoplashda foydalanishda qo'llab bo'lmaydi.

Qoplamlarni *fizikaviy cho'ktirish* usullari keng qo'llanilmoqda. Bu jarayon, odatda, qoplam birikmasini tashkil etuvchi qiyin suyuqlanadigan metallning vakuumda bug'lanishini, uning qisman yoki to'liq ionlashuvini, reaksiya gazining uzatilishini, kimyoviy va plazmokimyoviy reaksiyalarni, kesuvchi asbob ish sirtidagi qoplam kondensatsiyasini o'z ichiga oladi.

Bu usullar orasida qoplamni vakuumda plazma fazasidan asbob sirtiga ionlar bilan bombardimon qilish kondensatsiyasi (KIB usuli) hamda vakuumda bug'-plazma fazalaridan reaktiv elektron-nur plazma yordamida qoplamlar cho'ktirish usullari (REP) keng tarqalgan.

Qoplam hosil qilish hududida haroratni o'zgartirish imkoniyatlarining kengligi, qattiq qotishmalar va tezkesar po'latlardan yasalgan asboblarda qoplamlar hosil qilish uchun vakuum-plazma usullari universal usul sifatida foydalanish imkonini beradi.

2.7-jadvalda keng qo'llanuvchi qattiq qotishmali plastinkalar uchun qoplam qalinligining eng muvofiq qiymatlari haqida umumlashtirilgan ma'lumotlar berilgan.

2.7-jadval

KIB usulida olingan qoplam	Qoplam qalinligi, mkm					
	BK6	T5K10	TT10 K8B	BK6	TT10 K8B	TT7K12
	Yo'nish			Frezalash		
	Cho'yan	Po'lat		Po'lat		
TiN,ZrN, (Ti-Cr), MoN, CzN	6...8	6...8		3...5		

Vakuum-plazma usullari elementlar davriy sistemasining IV—VI gruppasiga mansub qiyin suyuqlanadigan metallarning nitridli, karbidli, karbonitridli, oksidli va boridli birikmalari asosida bir qatlamli, ko'p qatlamli va kompozitsion qoplamlarning turli xillarini olish mumkinligi nuqtayi nazaridan ham universaldir. Bu usullar kerakli xossalarga ega bo'lgan qoplamlar olish jarayonini yanada samarali boshqarish hamda asbobsozlik materialining yuza qatlamlarida geometrik, kristall-kimyoviy va fizik, mexanik nuqsonlar hosil bo'lishining oldini olish imkonini beradi.

Qoplamning kesuvchi asbob ishlash xususiyatiga kuchli ta'sir ko'rsatuvchi parametrlaridan biri uning qalinligidir. Qoplamning eng muvofiq qalinligini tanlash ko'p jihatdan asbobsozlik matritsasi bilan belgilanadi.

Tadqiqotlar natijasida [2] qoplamlarning KIB usulida olingan optimal qalinliklari aniqlangan. Kesish sharoitlari keng miqyosda o'zgarib turishi uchun tezkesar po'latlardan yasalgan asboblar qoplamlarining qalinligi o'simta hosil bo'lish sharoitida ishlaganda 3...5 mkm gacha kamayadi, o'simta bo'lmaganda bu qiymat 5...7 gacha ko'payishi mumkin. Qattiq qotishmali VK6, T5K10, TT10K8B plastinkalari uchun, konstruksion po'latlarni yo'nishda surish qiymatlari 0,01....0,6 mm/ayl bo'lganda, qoplamlar qalinligining eng muvofiq qiymati 6...10 mkm atrofida bo'ladi.

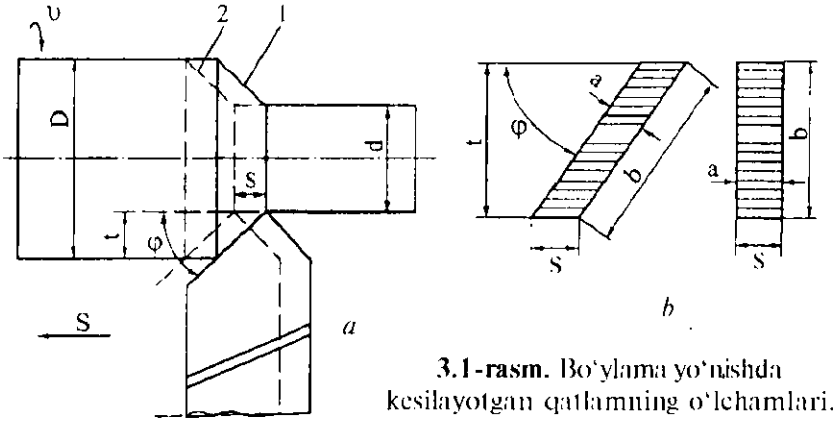
Kuch va issiqlik ta'siridan cho'zuvchi va siquvchi zo'riqishlar qiymatlari o'zgarib turganda, kesishning uzlukli jarayonlari uchun, tezkesar po'latlar va qattiq qotishmalardan yasalgan asboblarning eng optimal qalinligini 3...5 mkm gacha kamaytirish lozim. Yeyilishga chidamli qoplamlar qoplangan asboblardan foydalanish tajribasi, ular kesish jarayonida ishonchli va barqaror ekanligini, bardoshliligi 2...3 marta ortganini, kesish kuchi va harorat 20...25% ga kamayganligini ko'rsatdi.

3-BOB | Metall kesishning fizik asoslari

3.1. Kesish elementlari va kesilayotgan qatlamning o'lchamlari

Metall kesish jarayonining qabul qilingan umumiy sxemasi juda oddiy. Asbobning kesuvchi tig'i siljib ishlov berilayotgan metallga kirib boradi va ishlov berilgan yuza hamda qirindi hosil qiladi.

Ammo bir qarashda oddiy bo'lib ko'ringan kesish jarayonida turli fizik-kimyoviy hodisalarning murakkab majmuasi o'rin olgan. Bo'ylama yo'nishda prinsipial kinematik sxema ikki: zagotovkaning bir maromdagi aylanma harakati va keskichning bir maromdagi zagotovka o'qi bo'ylab ilgarilanma harakatining qo'shilishi bilan aniqlanadi. 3.1-rasmda bo'ylama yo'nish sxemasi ko'rsatilgan.



3.1-rasm. Bo'ylama yo'nishda kesilayotgan qatlamning o'lchamlari.

Zagotovka o'z o'qi atrofida kesish harakatini amalga oshirib minutiga n martta aylanadi. Kesish tezligi son jihatidan zagotovkaning ishlov berilayotgan D diametrli yuzasida joylashgan nuqtaning aylanma tezligiga teng va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$\upsilon = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ m / min}. \qquad (3.1)$$

Keskich zagotovka o'qi bo'ylab S_m (mm/min) tezlikda harakatlanib suriladi. S_m tezlik keskichning minutlik surilishi deyiladi. Keskichning zagotovka o'qi bo'ylab bir marta to'liq aylanishda bosib o'tgan yo'li *bir aylanishga to'g'ri kelgan surilish* deyiladi va quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$S = \frac{S_m}{n}, \text{ m / min}. \qquad (3.2)$$

Bir paytda sodir bo'ladigan zagotovkaning aylanma va keskichning zagotovka o'qi bo'ylab ilgarilanma harakati natijasida zagotovka yuzasidan t o'lchamdagi material qatlami olib tashlanadi, bu *kesish chuqurligi* deb atadali. Kesish chuqurligi deganda, ishlov berilayotgan va ishlov berilgan yuza orasidagi masofa tushuniladi. Bu masofa isshlov berilgan yuzaga nisbatan perpendikular o'lchanadi. Kesish chuqurligi ishlov berilayotgan yuzaga nisbatan asbob bir marta o'tgandagi masofadir. Bo'ylama yo'nishda kesish chuqurligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$t = \frac{D - d}{2}, \text{ mm}. \qquad (3.3)$$

Zagotovka bir marta aylanganda keskich o'q bo'ylab S masofaga siljiydi va kesish yuzasi holat *1* dan holat *2* ga siljiydi (3.1-rasm, *a*). Kesish yuzasining oldinma-ketin keluvchi *1* va *2* holatlari o'rtasida joylashgan material qatlami kesib tashlanadi va qirindiga aylanadi. Kesish yuzasidan kesib olingan material qatlami istalgan ishlov berish usullarida uning fizik o'lchamlari: qalinligi va kengligi bilan tavsiflanadi. Kesilayotgan qatlam qalinligi a (3.1-rasm, *b*) kesuvchi tig'ga nisbatan normal yo'nalishda (kesish yuzalarining oldinma-ketin keluvchi *1* va *2* holatlari o'rtasida (3.1-rasm, *a*) zagotovkaning bir marta aylanishida o'lchanadi.

$$a = S \sin \varphi. \tag{3.4}$$

Kesilayotgan qatlam kengligi b bu ishlov berilayotgan va ishlov berilgan yuzalar o'rtasidagi kesish yuzasi bo'ylab o'lchangan masofadir:

$$b = \frac{t}{\sin \varphi}. \tag{3.5}$$

Agar old burchak $\gamma \neq 0$ va kesuvchi tig'ning qiyalik burchagi $\lambda \neq 0$ bo'lsa, u holda 4 va 5-formulalar quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi.

$$a = \frac{S \sin \varphi}{\cos \gamma}; \quad b = \frac{t}{\sin \varphi \cos \lambda}. \tag{3.6}$$

Keltirilgan formulalardan va 3.1-rasm, *b* dan ko'rinib turibdiki, aynan bir xil kesish chuqurligi (t) va surishda (S) kesilayotgan qatlamning fizik o'lchamlari va shakli φ burchakning kattaligi va kesuvchi tig'ning shakliga bog'liq ravishda turlicha bo'lishi mumkin ekan. Plandagi asosiy burchak φ ning kattalashuvi bilan kesilayotgan qatlam a qalinligi ham kattalashadi, kesimning kengligi b esa kichrayadi. Agar kesuvchi tig' egri chiziqli shaklga ega bo'lsa, u holda kesilayotgan qatlamning a qalinligi kesuvchi tig'ning turli nuqtalarida turlicha bo'ladi.

Zagotovka to'liq bir marta aylanganda keskich metall yuzasining kesilayotgan qatlam ko'ndalang kesimining nominal yuzasi deb ataluvchi qismini kesadi. To'g'ri chiziqli kesuvchi tig'ga ega bo'lgan keskichlar uchun kesilayotgan qatlamning ko'ndalang kesim yuzini quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$f_n = ab = tS, \text{ mm}^2. \tag{3.7}$$

Kesilayotgan qatlamning haqiqiy kesimi nominal kesimdan ishlov berilgan yuzada qolgan taroqlar o'qiy kesishuvi miqdoriga kichik bo'ladi. Shunday qilib, kesilgandan keyin ishlov berilgan yuzada keskich cho'qqisining izlari shaklida mikronotekisliklar qoladi. Surilish, kesish chuqurligi, φ va φ_1 burchaklar qiymatlari ortishi bilan notekistliklar balandligi, ya'ni ishlov berilgan yuzaning dag'alligi ham ortadi.

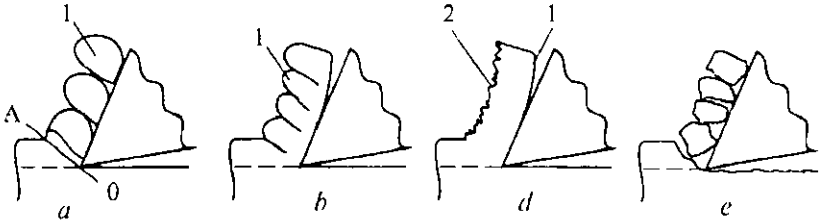
3.2. Qirindi hosil bo'lish jarayoni

Kesish jarayoniga keskich bilan metallni siqish, keyin siljitish va qirindi hosil qilish natijasi deb, qarash mumkin. Kesiladigan metall qatlami murakkab deformatsiyaga uchragan holatda bo'ladi. Keskichning oldida va tagida joylashgan metall ham murakkab deformatsiyaga uchraydi.

Rus olimi professor I.A.Time tavsifiga ko'ra turli metallarga kesish yo'li bilan ishlov berishda, asosan, quyidagi qirindi turlari hosil bo'ladi: *elementli*, *bo'g'insimon*, *tutash* va *uvoq* qirindi. Elementli, bo'g'insimon va tutash qirindilar *siljish qirindilari* deyiladi, chunki ularning hosil bo'lishi siljish zo'riqishlari bilan bog'liq. Uvoq qirindi ba'zan *buzilish qirindisi* deb ham ataladi, chunki nazkur qirindining hosil bo'lishi cho'zuvchi zo'riqishlar bilan bog'liqdir.

Elementli qirindi (3.2-rasm, *a*) taxminan bir xil shakldagi, bir-biri bilan bog'lanmagan yoki bo'sh bog'langan ayrim elementlardan *1* tashkil topadi. Hosil bo'lgan qirindi elementlarini kesilayotgan qatlamdan ajratib turuvchi *OA* chegara *qirindi ajralish tekisligi* deyiladi. Fizik jihatdan u kesish jarayonida kesilayotgan qatlamning buzilishi davriy ravishda sodir bo'ladigan yuzadan iborat. Bo'g'in qirindi (3.2-rasm, *b*) ayrim qismlarga bo'linmaydi. Ajralish tekisligi paydo bo'la boshlaydi, lekin u qirindining butun qalinligi bo'ylab o'tmaydi. Shu sababli, qirindi ayrim bo'g'inlardan *1* iborat-dek bo'ladi va ular orasidagi bog'lanish ham saqlanadi.

Tutash qirindining asosiy belgisi (3.2-rasm, *d*) uning yaxlitligidadir. Agar uning harakati yo'lida hech qanday to'siq bo'lmasa, u uzluksiz tasma shaklida buralib yassi yoki vintsimon spiral shaklida ajralib chiqaveradi va bu hol qirindining o'z og'irligi ta'siri ostida sinib uzilmaguncha davom etaveradi. Qirindining asbobning old yuzasiga tegib turgan yuzasi *1 kontakt (tutash) yuzasi* deb ataladi. U nisbatan tekis, kesish tezligi yuqori bo'lganda esa asbobning old



3.2-rasm. Plastik va mo'rt materiallarni kesishda hosil bo'ladigan qirindi turlari.

yuzasiga ishqalanib jilolangan bo'ladi. Unga qarama-qarshi bo'lgan yuza *2* qirindining *erkin tomoni* deyiladi. U juda mayda tishchalar bilan qoplangan va katta tezlikda kesganda baxmal ko'rinishini oladi. Qirindi asbobning old yuzasiga kontakt maydoncha chegarasida tegib turadi. Ishlov berilayotgan materialning turi, xossalari va kesish tezligiga qarab kontakt maydonchaning kengligi kesib olinayotgan qatlam qalinligidan 1,5...6 baravar ko'p bo'ladi. Uvoq qirindisi (3.2-rasm, *e*) bir-biri bilan bog'lanmangan, turli shakl va o'lchamdagi ayrim bo'lakdan iborat. Uvoq qirindi bilan birga mayin metall changi ham hosil bo'ladi.

Qirindi turi ko'p jihatdan ishlov berilayotgan material xili va mexanik xossallariga bog'liq. Plastik materiallarni kesishda qirindilarning birinchi uch turi hosil bo'lishi mumkin. Ishlov berilayotgan material qattiqligi va mustahkamligi oshib borishi bilan tutash qirindi bo'g'insimon qirindiga, keyin esa elementli qirindiga aylanadi. Mo'rt materiallarga ishlov berishda elementli yoki uvoq qirindilar hosil bo'ladi.

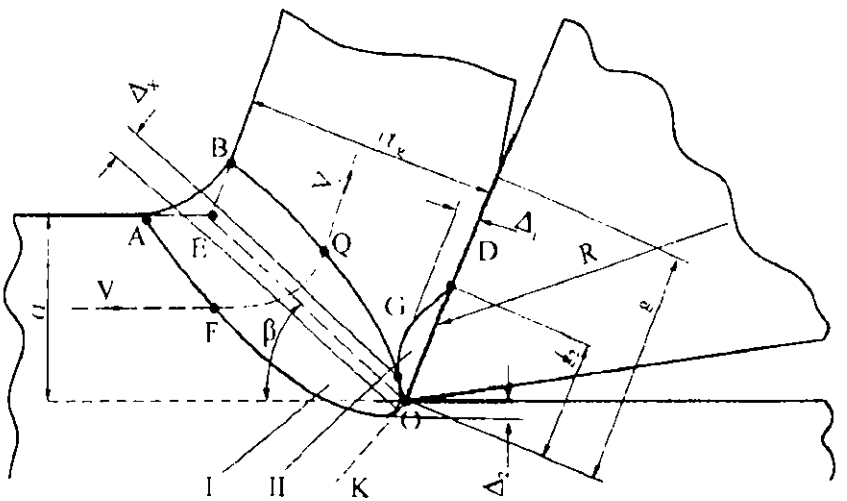
Asbobning geometrik parametrlaridan old burchak va asosiy tig'ning qiyalik burchagi qirindi turiga kuchliroq ta'sir ko'rsatadi. Plastik materiallarga ishlov berishda γ va λ burchaklarning ta'siri tubdan bir xil. Mazkur burchaklar kattaligi oshgan sayin elementli qirindi bo'g'insimon qirindiga, so'ngra tutash qirindiga aylanadi. Mo'rt materiallarni kesishda old burchaklar katta bo'lganda uvoq qirindi hosil bo'lishi mumkin va u old burchaklarning kichrayishi bilan elementli qirindiga aylanadi.

Qirindi turiga kesish va surilish tezligi ta'sir qiladi. Kesish chuqurligi qirindi turiga deyarli ta'sir ko'rsatmaydi. Plastik materiallarni kesishda surilish tezligining oshishi tutash qirindining izchil ravishda bo'g'insimon va elementli qirindiga aylanishiga olib keladi. Mo'rt materiallarni kesishda surilish tezligi kattalashishi bilan elementli qirindi uvoq qirindiga aylanadi.

Kesish tezligi qirindi turiga murakkab ta'sir qiladi. Plastik materiallarni kesishda, o'simta hosil qiluvchi kesish tezligi hududi e'tiborga olinmasa, kesish tezligi ortib borishi bilan elementli qirindi bo'g'insimonga, keyin esa tutash qirindiga aylanadi. Biroq ayrim isiqqa chidamli po'lat va qotishmalarga, shuningdek, titanli qotishmalarga ishlov berishda, aksincha, kesish tezligining ortishi tutash qirindini elementli qirindiga aylantiradi. Bu hodisaning fizik sababi hali aniqlanmagan. Mo'rt materiallarga ishlov berishda kesish tezligining ortishi bilan uvoq qirindi elementli qirindiga aylanadi va bunda ayrim elementlar o'lchami kichrayadi, ular orasidagi bog'lanish mustahkamlanadi.

Kesuvchi tig' ishga solinganda ishlov berilayotgan material bilan old va ketingi yuzalar orqali tutashadi (3.3-rasm).

Asbobning kesuvchi ponasi *G* kenglikdagi kontakt maydoncha orqali *a* qalinlikdagi kesilayotgan qatlamga ta'sir etadi. Asbobning old qismiga to'plangan *R* kuch bilan kesilayotgan qatlamga ta'sir qiladi va bu kuch *qirindi hosil qiluvchi kuch* deb ataladi. Ishlov berilayotgan materialda kesish yuzasidan quyiroqdagi siquvchi va cho'zuvchi kuchlanishlar sohalarini bir-biridan ajratib turuvchi neytral chiziq *OK* chizig'i bilan belgilangan. Neytral chiziqdan pastroqda siquvchi kuchlanishlar sohasi, o'ngroqda esa cho'zuvchi kuchlar sohasi joylashgan.



3.3-rasm. Kesilayotgan qatlam qirindiga aylanayotgan paytda birlamchi va ikkilamchi deformatsiyalar sohalari.

Asbobning old yuzasi oldida birlamchi deformatsiya hududi I joylashgan. Birlamchi deformatsiyaning OAVGO hududi asbob tig'ida cho'qqili pona shakliga ega. Uning pastki chegarasi *OA* egilgan va kesish yuzasi davomini kesib o'tadi. Hududning yuqori *OB* chegarasi bo'rtib chiqqan va uning uzunligi *OA* chizig'i uzunligidan 2...4 marta kam. *AB* chizig'i kesishning old yuzasi bilan qirindining erkin tomonini ohista qo'shadi. *OA* chizig'idan chaproqda kesilayotgan qatlamning hali deformatsiyaga uchramagan zarralari, *OB* chizig'idan o'ngroqda qirindiga tegishli material zarralari joylashgan. Kesilayotgan qatlam zarrasi asbobga nisbatan V kesish tezligida siljib, *F* nuqtada deformatsiyaga uchraydi va o'z harakati trayektoriyasi bo'ylab o'tib yanada kuchliroq deformatsiyalanadi. Zarra deformatsiyasi *Q* nuqtada tugaydi va zarra qirindi tezligiga teng bo'lgan υ_q tezlikka ega bo'ladi.

O'tkazilgan ko'plab tajribalar shuni ko'rsatadiki, qirindi eni kesilayotgan qatlam eniga nisbatan, hatto erkin kesishda ham, arzimagan darajaga kattalashadi, erkin bo'lmagan kesishda esa qirindi yanada kam kengayadi. Shu sababli, qirindi hosil bo'lish hududida deformatsiyalangan holat yassi bo'ladi va kesib tashlanayotgan qatlam kesish jarayonida siljish deformatsiyasiga uchraydi. Shunga ko'ra *OA* chizig'i fizik jihatdan siljish yuzasini namoyon etadi. Bu yuzada siljituvchi kuchlanishlar τ materialning siljishidagi oquvchanligining oxirgi chegarasiga teng: $\tau = \tau_s$.

Butun I hudud mana shunday yuzalardan tashkil topgan bo'lib, ularning har birida siljituvchi kuchlanishlar oldingi deformatsiya natijasida muayyan mustahkamlikdagi materialning oquvchanlik chegarasiga ega. *OB* chizigi so'ngi siljish deformatsiyasi amalga oshadigan yuza bo'lib, unda siljish kuchlanishi τ kesilayotgan materialning qirindiga aylanishi natijasida surilishda uzil-kesil mustahkamlangan oquvchanlik chegarasi τ_s ga teng: $\tau = \tau_s$.

Asbobning old yuzasi bilan qirindining kontakt yuzasi o'rtasida ishqalanish borligi sababli qirindi kontakt yuzasining bevosita oldida joylashgan metall zarralari ular birlamchi deformatsiya hududidan chiqqandan keyin ham deformatsiyalanishda davom etadi. Shu tarzda old yuza va *OD* chizig'i bilan chegaralangan ikkilamchi deformatsiya hududi II paydo bo'ladi. Ikkilamchi deformatsiya hududining *OD* kengligi taxminan kontakt maydoncha kengligining yarmiga g/2 teng bo'ladi, eng yuqori balandligi esa o'rta hisobda qirindi qalinligining 0,1 ini tashkil etadi. II hududdagi deformatsiya darajasi qirindining o'rtacha deformatsiyasidan 20 va undan ko'proq marta ortiq bo'lishi

mumkin. Ikkilamchi deformatsiya hududining mavjudligi qirindi qalinligi bo'ylab uning so'nggi deformatsiyasining har xil bo'lishiga olib keladi. Qirindi qalinligining katta qismida zarralarning deformatsiya darajasi bir xil, ammo A_1 qalinlikdagi qatlamda deformatsiya darajasining keskin ortishi kuzatiladi. Ikkilamchi deformatsiya hududining o'lchamlari va bu hududdagi material zarralarining deformatsiya darajasi old yuzadagi ishqalanish jadalligiga bog'liq.

Old yuzadagi ishqalanish kuchi qancha kam bo'lsa, ikkilamchi deformatsiya hududining o'lchamlari va deformatsiya jadalligi shuncha kichik bo'ladi. Kesilayotgan qatlam qalinligi kamayganda, old burchak kattalashganda va yaxshi moylovchi suyuqliklardan foydalanilganda II hudud o'lchamlari kichrayadi va u yo'q bo'lib ketish darajasiga keladi. Bu holda qirindi zarralarining deformatsiya darajasi uning butun qalinligi bo'ylab bir xil bo'ladi.

Birlamchi va ikkilamchi deformatsiya hududlarida yuz beruvchi fizik jarayonlarning murakkabligi sababli, ular miqdoriy tavsifining sodda matematik usullarini ko'rsatishning iloji yo'q. Shuning uchun injenerlik hisob-kitoblarida qirindi hosil bo'lishning real jarayonlari uning soddalashtirilgan modeli bilan almashtiriladi. Soddalashtirilgan modelning qo'llanishi quyidagi holatlar bilan bog'liq. Birlamchi deformatsiya hududini o'z qalinligiga ko'ra kesilayotgan qatlam qalinligi bilan faqat asbobning old burchaklari kichik bo'lgandagina qiyoslash mumkin. Kesilayotgan qatlam qalinligi va kesish tezligi katta bo'lganda, odatda, ishlab chiqarish jarayonida shunday bo'ladi, birlamchi deformatsiya hududining *FQ* uzunligi qisqaradi, uning *OA* va *OB* chegaralari siljiydi va kesish yuzasiga β burchak ostida og'uvchi *OE* chizig'iga yaqinlashadi. Bu hol siljish deformatsiyalari juda yupqa A_1 qatlamda joylashadi deb hisoblashga asos bo'ladi, siljish yuzalari oilasini esa siljishning shartli yuzasi deb ataluvchi birdan-bir *OE* yuza bilan almashtirish mumkin. Bunday ideallashtirishda kesilayotgan qatlamning qirindiga aylanish jarayonini ishlov berilayotgan material yupqa qatlamlarining shartli siljish yassiligi bo'ylab izchil siljishi jarayoni sifatida tasavvur qilish mumkin. Deformatsiyalangan holat amalda yassi bo'ladi, shunga ko'ra qirindi hosil bo'lish jarayoni oddiy siljish qonuniyatlariga bo'ysunishi lozim.

Tajribalar bu fikrning to'g'riligini asosladi. Kvadrat bo'lish to'rlari uyachalarini kesish natijasida yuzaga kelgan buzilishlar o'lchamlarini o'lchash asosida hisoblab chiqilgan deformatsiyaning o'rtacha so'nggi jadalligi kesish o'lchamlari asosida aniqlangan oddiy siljish deformatsiyasi jadalligidan kam farq qiladi.

3.3. Kesish jarayonining dislokatsion mexanizmi

Plastik deformatsiya va buzilishning dislokatsion mexanizmi dislokatsiyalar kristall tuzilishidagi chiziqli nuqsonlarning ta'siriga — materialning yuklama ostidagi holati dislokatsiyasiga asoslangan.

Deformatsiyalanayotgan material qarshiligini yengishdagi ish — plastik deformatsiya ishi kesishda talab qilinadigan energiya sarfining 90% va undan ortiqrog'ini tashkil qiladi. Plastik deformatsiya jarayoni katta miqdorda dislokatsiyalar, vakansiyalar, dislokatsiya qilingan atomlar va kristall tuzilishli boshqa nuqsonlarni yuzaga keltiradi, asbob ishlov berilayotgan materialga tutashib diffuziya va adgeziya jarayonlarini jadallashtiradi. Plastik deformatsiya ishlov berilayotgan hududda ajralib chiqayotgan va yo'ldosh fizik-kimyoviy hodisalarga ta'sir ko'rsatayotgan qo'shimcha issiqlikning asosiy manbaidir.

Plastik deformatsiya va buzilishlar jarayonida dislokatsiyalar rivojlanib borishining turli bosqichlari yangi dislokatsiyalarning paydo bo'lishi, ularning harakati, o'zaro ta'siri va to'siqlarda to'xtalib qolishi bilan bevosita bog'liq. Dislokatsion strukturaning tabiati ko'plab omillar bilan belgilanadi: harorat, usul, plastik deformatsiya darajasi, kristall panjara turi, o'rash nuqsonlari energiyasining kattaligi, aralashmalarning mavjudligi va boshqalar. Shuning uchun kesishning dislokatsion tahlili yuqorida ko'rsatib o'tilgan ishlov berishning real sharoitlarida baholash qiyin bo'lgan omillarni hisobga olishi lozim.

Hozirgi paytda dislokatsiyalarni to'g'ridan to'g'ri kuzatishning turli usullari ishlab chiqilgan va qo'llanilmoqda. Materiallarni kesishda dislokatsiyani o'rganish uchun qo'llanadigan usullardan keng tarqalgani bu — saylanma xurushlash, dekorlash (dekorirlash), rentgen usullari va elektron mikroskopiyadir.

Saylanma xurushlash. Dislokatsiyalar yadrosidagi atomlar katta erkin energiyaga ega. Shuning uchun dislokatsion chiziqlarning kristall yuzasiga chiqish joyida maxsus olingan xurushlagich yordamida chuqurchalar yoki o'yma shakllar hosil qilinadi. Saylanma xurushlash usuli yordamida dislokatsiyalar turini aniqlash, ularning zichligini hisoblash, dislokatsiyalarning yuzaga chiqish tabiatini o'rganish mumkin.

Dislokatsiyalarni dekorlash. Dislokatsiyalar dekorlanganda saylanma xurushlash usulining samarasi sezilarli darajada ortadi. Dekorlash usuli shundan iboratki, metallni qizdirish jarayonida va muayyan haroratda tutib turilganda dislokatsiya chiziqlari bo'ylab

kichik lekin ko'zga ko'rinadigan zarrachalar ajralib chiqadi. Termik ishlov berish, asosan, dekorlangan agentlarning dislokatsiyaga ko'chib o'tishini ta'minlash uchun zarur. Masalan, temir asosli qotishmalarda uglerod va azot atomlari juda oson diffuziyalanadi. Faqat zichlikni emas, mikrotuzilishdagi dislokatsiyalarning joylashish manzarasini ham o'rganish imkoniyati mavjudligi tufayli, mazkur usul metallardagi dislokatsiya harakati bilan bog'liq jarayonlarni o'rganishda, ayniqsa, muhim ahamiyatga ega.

Rentgen usullari. Kristallar tuzilishidagi nomukammalliklarni tadqiq etish maqsadida rentgen nurlarining difraksiyalari hodisasidan foydalaniladi. Dislokatsiya yaqinidagi yupqa kristall orqali o'tuvchi rentgen nurlari o'z tuzilishiga ko'ra mukammal bo'lgan kristallar orqali o'tadigan nurlarga nisbatan kamroq yutiladi. Natijada kichik burchak og'ishlari yoki qo'shni kristall bloklar parametrlaridagi o'zgina farq yassi proyeksiyalar farqlanib turuvchi difraksion dog'larning yupqa tuzilishi tarzida namoyon bo'ladi. Rentgen usullarining asosiy kamchiligi ular yechimining pastligi bo'lib, 2...5 mkm ni tashkil etadi. Bu usul yordamida faqat nisbatan mukammal kristallarni o'rganish mumkin.

Elektron mikroskopiya usuli. Dislokatsiyalarni to'g'ridan to'g'ri kuzatishning eng to'g'ri va universal usuli, nurlantiruvchi yoki transmission elektron mikroskopiya bo'lib, unda elektronlar uchun shaffof bo'lgan, qalinligi bir necha yuz angstremni tashkil etuvchi yupqa folgalar tadqiq etiladi.

Elektronlar kristall orqali o'tib, to'g'ri oriyentatsiyaga ega bo'lgan istalgan kristallografik yassilikda og'adi. Agar kristallning atomlari to'g'ri kristallografik holatdan siljigan bo'lsa, bu qismlarning difraksion xususiyati mukammal kristallnikidan farq qiladi. Natijada dislokatsiyalar kengligi 100 Å atrofida bo'lgan qora chiziq shaklida ko'rinadi.

Deformatsiyalanayotgan material yuzasidagi hodisalarni o'rganish uchun, replikalar yordamida hosil qilinadigan elektron-mikroskopik tasvirlardan foydalaniladi. Shu maqsadda oldindan silliqlangan namunani vakuumda ko'mir yoki kremniy oksidi bilan changlantiriladi. Changlangan qatlam kristallardan yaxshi ajralishi uchun uni oson eriydigan lok yordamida mahkamlanadi. Ajralgandan so'ng kontrastni oshirish uchun replikani biron bir og'ir metall, masalan, palladiy bilan qiya holatda tushadigan qilib changlatiladi. Mazkur usul sirpanish chiziqlari va ular plastik deformatsiyasining turli bosqichlaridagi rivojlanishini kuzatish imkonini beradi.

Turli konstruksion po'latlar va qotishmalarning plastik deformatsiyalanayotgan kesish hududidagi dislokatsion tuzilishlarini to'g'ridan to'g'ri kuzatish metallar plastik oqimining turlicha tabiati atom darajasida namoyon bo'ladi va kristall tuzilish nuqsonlarining ko'payishi, harakati, o'zaro ta'sirining oqibatidir, degan xulosaga kelishga asos bo'ladi. Metallarning plastik deformatsiyasi dislokatsiyalarning sirg'alish tasmalaridan birgalikda yo'naltirilgan harakati va ko'payishi jarayoni tarzida kechadi. Sirpanish tasmasi — mohiyatiga ko'ra materialning dislokatsiyalar zichligi yuqori bo'lgan qismidir. Sirpanish tasmalarining mo'ljali, ularning uzunligi, kengligi va zichligi sirpanish yassiliklarining ishlov berilayotgan materialda kristallografik oriyentatsiyasi, plastik deformatsiyasi va mustahkamlik darajasi, jarayonning kechish tabiati haqida ma'lumot beradi.

O'tga chidamli metallar deformatsiyasi uchun sirpanishning ingichka tasmalari xosdir. Strukturali dekorlashda tasmalarning eni 0,1...0,6 mkm ni tashkil etadi va bu dekorlovchi zarrachalarning o'lchamlariga mosdir.

Sirpanish tasmalari po'lat va qotishmalarga ishlov berishning turli jarayonlarida ularning yuza qatlamida ham, qirindida ham shakllanadigan yupqa strukturasining asosiy elementi hisoblanadi. Sirpanish tasmalari materialning yuqori deformatsiyalangan lokal hududlaridan iborat bo'lib, ular faqat qayishqoq deformatsiyaga uchragan hududlar bilan chegaradoshdir. Sirpanish tasmalarining zichligi va kengligi ortishi bilan plastik deformatsiya yanada ko'proq gomogen tabiat kasb etadi.

Kesish paytida plastik deformatsiya hududidagi yupqa strukturaning rivojlanishi deformatsion mustahkamlanishning turli bosqichlari bilan bog'liq. Mustahkamlanishning har bir bosqichi ta'sir etayotgan zo'riqish, deformatsiyalanish vaqti va tezligi kabi ko'plab boshqa omillarga bog'liq. Kesish sohasida ajralish yuzalardan uzoqlashish bilan zo'riqish material buzilish bosqichidan o'tgan yuzadagi eng yuqori darajadan deformatsiya mavjud bo'lmagan chuqurlikdagi eng kam miqdorgacha kamayadi. Metall yuzasida bir xilda joylashgan sirpanish tasmalarining rivojlanishi plastik deformatsiya boshlanishi mikrostrukturasining belgisidir. Plastik deformatsiyaning mazkur davrida sirpanish faqat bir sistema bo'ylab rivojlanadi. Plastik oqimning boshlanishi turli zarralarda turli paytlarda ekanligi ko'zga tashlanadi. Ishlov berilayotgan material zo'riqishining keyingi bundan ortib borishi sirpanishning yangi

tasmalari paydo bo'lishiga ko'maklashadi. Deformatsiya darajasi 0,8% bo'lganda plastik deformatsiya ikkita sistema bo'ylab, deformatsiya darajasi 5% bo'lganda, sirpanishning ikki-to'rtta sistemalari bo'yicha rivojlanadi.

Sirpanish tasmalari, asosan, ishlov berilayotgan materialning bo'linish yuzalarida joylashgan yoki zo'riqishi eng yuqori kattalikka ega bo'lgan yuza oldi qatlamlarida joylashgan dislokatsiya manbalaridan boshlanadi. Sirpanish tasmalari bo'ylab harakat paytida dislokatsiyalar to'siqlarga uchraydi. To'siqlarni yengib o'tib ilgarilab borib dislokatsiyalar plastik deformatsiyaning keyingi rivojlanishini ta'minlab beradi. Dislokatsiyaning to'siq yonida to'xtab qolishi ishlov berilayotgan materialning mustahkamlanishi sabablaridan biridir. Ko'p fazali materiallarda dislokatsiyalarning harakatiga mustahkamlovchi fazalarning dispers ajratmalari, aralashma atomlar, birlamchi struktura dislokatsiyalari va boshqalar to'sqinlik qiladi.

Sirpanish tasmalarining rivojlanishiga esa yo'nalishini yo'qotgan zarralarning chegaralari – ko'p burchakli chegaralar deb ataluvchi chegaralar to'sqinlik qiladi. Sirpanish mexanizmi bilan bir qatorda po'lat va qotishmalar ikkilantiruvchi va donni chegaralovchi sirpanish mexanizmi yordamida ham plastik deformatsiyalanishi mumkin. Deformatsiyalash mexanizmlarining nisbati va ular materialining umumiy deformatsiyasidagi ulushi, birlamchi strukturaga va ishlov berish sharoitlariga bog'liq.

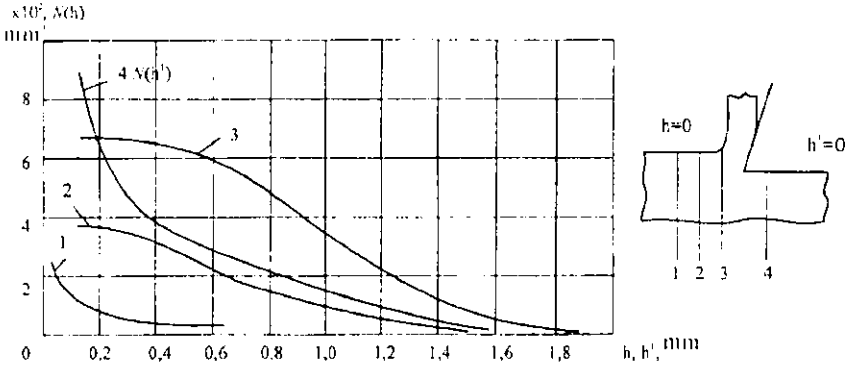
Qirindi hosil bo'lish jarayoni boshqa har qanday buzilish singari plastik deformatsiyaning uch turi bilan birga kechadi. Oldingi deformatsiya keskich oldidagi metallni mustahkamlab kristall tuzilishga ega ko'p nuqsonlarni keltirib chiqaradi va keyingi buzilishlar uchun sharoit yaratadi. Yo'ldosh deformatsiya materialni ikkiga bo'luvchi darzning o'sib borishi bilan kechadi. Bo'linish yuzalarining shakllanish jarayoni asbobning old va orqa yuzalari bilan mos ravishda tutashgan paytda plastik deformatsiya bilan tugallanadi. Plastik deformatsiyaning barcha uch turi bir paytda yuz beradi va bir-birini taqozo qiladi.

Plastik deformatsiyaga uchragan hududning turli kesimlaridagi ko'p sonli sirpanish tasmalarini statik tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, kesish paytidagi plastik deformatsiya rivojlanib boruvchi jarayondir: u ishlov berilayotgan detal materiali substrukturasining butun deformatsiyalanayotgan hudud bo'ylab o'zgarishi va dislokatsiyalarning rivojlana borib to'planishi bilan

kechadi (3.4-rasm). Dislokatsiyalar zichligi, demak, qirindi hosil bo'lish sohasidagi deformatsiya darajasi plastik deformatsiyalanayotgan sohaning tashqi chegaralaridan boshlab keskich bilan metall tutashuvi tugagunga qadar doimiy ravishda o'sib boradi.

Kesuvchi tig' materialga botirilganda kesuvchi tig'ning bevosita yaqinida jadal sur'atda sirpanish tasmalari paydo bo'la boshlaydi. Qo'shni tasmalar orasidagi masofalarning statik mustaqilligi har biri alohida sirpanish tasmasiga asos soluvchi dislokatsiyalar manbalari ishga tushishi hamda rivojlanishining mustaqilligini bildiradi. Yangi hosil bo'layotgan hamda materialda mavjud bo'lgan dislokatsiyalar zo'riqish urinma tashkil etuvchisining kattaligi oquvchanlik chegarasidan ortiq bo'lgan sirpanish tekisliklarida gradiyent ta'siri ostida siljiy boshlaydilar. Sirpanishning harakatlanuvchi tekisliklari kesuvchi ponaga nisbatan turlicha yo'naltirilgan bo'ladi va dislokatsiyalar shu tekisliklar bo'ylab deformatsiyalanayotgan metall ichiga turli yo'nalishlarda ketadi va kesuvchi tig'dan uzoqlashadi. Bunday harakatga shartli ravishda dislokatsiyalarning asbobning material bilan tutash yuzasidan tashqi chegaralar, plastik deformatsiyalanayotgan sohalar va kesilayotgan qatlamning tashqi yuzalari yo'nalishidagi yelpig'ichsimon harakati sifatida qarash mumkin.

Deformatsiyalanish vaqtida, bu vaqt kesishning odatdagi sharoitlarida dislokatsiyaning $10^{-2}...10^{-3}$s ni tashkil etadi, asosiy qismdagi yetakchi sirpanish tasmalari kesuvchi tig'dan yetarli darajada masofaga siljib ulguradi. Bu dislokatsiyalarning holati plastik deformatsiyalangan sohaning o'lchamchlari va konfiguratsiyasini belgilab beradi. Kesish tezligi qancha yuqori bo'lsa, plastik deformatsiyada shuncha kam hajm metall ishtirok etadi, chunki sirpanish tasmalarining tarqalish tezligi kesish tezligiga nisbatan sekinroq o'sadi. Legirlangan po'latlar va qotishmalar uchun sirpanish tasmalarining tarqalish tezligi 70 sm/s ga etadi. Demak, dislokatsiyalar kesish paytida, asosan, lokal to'siqlarda — mustahkamlovchi fazalarning dispers ajralmalarida, ayrim aralashgan atomlar yoki ularning agregatsiyalarida to'xtalib qoladi. To'siqlarni yengib o'tish uchun zo'riqishni orttirish lozim. Ishlov berilayotgan zagotovka materialida dislokatsiyalar harakatiga to'siqlar miqdori qancha yuqori bo'lsa, plastik deformatsiyalanuvchi hududning o'lchamchlari kichik, kesishga ko'rsatilayotgan qarshilik esa katta bo'ladi.



3.4-rasm. Erkin kesishda plastik deformatsiyalanayotgan sohadagi sirpanish tasmalarining zichligi. XN77TYUR qotishmasi - VK8 keskichi [10].

Metalldagi dislokatsiyalarning zichligi kesuvchi tig'ning bevosita yaqinida muvozanat kattaligiga yetganda, uning buzilishi sodir bo'ladi. Kesilayotgan qatlam asbobning old yuzasi bo'ylab dislokatsiyalarning ko'payishi va sirpanishi natijasida deformatsiyalanishni davom ettirib va qo'shimcha siljish deformatsiyasiga uchrab siljiy boshlaydi. Qirindining yuza qatlamida deformatsiya teksturasida qo'shimcha o'zgarishlar kuzatiladi va yuzada deformatsiya darajasi ortadi, bu esa qirindining kesim bo'ylab har xil mustahkamlanishiga olib keladi va uning buralishi uchun sharoit yaratadi.

3.4. Ishlov berilgan yuza sirtqi qatlamining asosiy xarakteristikalari

Kesilgandan keyin ishlov berilgan yuzaning sirtqi qatlami ishlov berilayotgan materialning birlamchi holatidan farq qiluvchi yangi xususiyatlarga ega bo'ladi. Ishlov berilgan yuza va uning tagidagi material qatlami xossalarining yig'indisi umuman olingan detal sirtqi qatlami sifatini xarakterlaydi.

Detal sirtqi qatlamining xossalari asbobning kesuvchi tig'i oldidagi ilgarilab ketadigan mustahkamlanish sohasida shakllana boshlaydi. Dislokatsion strukturaning sirpanuvchi tasmalar ko'rinishida rivojlanishi, dislokatsiyalar zichligining ortishi sirtqi qatlamning mustahkamlanishiga, uning yanada qattiqlashishiga olib keladi. Ishqalanish va sirtning asbob orqa yuzasi bilan kontakti paytida ikkilamchi deformatsiya natijasida mustahkamlanish

chuqurligi va sirtqi qatlamdagi dislokatsiya zichligi birmuncha ortadi. Dislokatsiyalar nazariyasidan ma'lumki, mustahkamlanishning turli mexanizmlarida deformatsiyalash zo'riqishi dislokatsiyalar zichligining kvadrat ildiziga proporsionaldir. Shunga ko'ra mustahkamlangan metallning qattiqligi HV va puxtalanish darajasi U dislokatsiyalar zichligiga bevosita bog'liq bo'lishi mumkin:

$$HV = \frac{Gb}{K}\sqrt{\rho}; \qquad (3.8)$$

$$U = \frac{HV - HV_{bird}}{HV_{bird}} = \frac{K_{bird}}{K}\sqrt{\frac{\rho}{\rho_{bird}}} - 1, \qquad (3.9)$$

bu yerda: G — siljish moduli; b — Byurgers vektori; K va K_{bird} — mos ravishda mustahkamlangan va mustahkamlanmagan materiallar uchun bog'lanish koeffitsiyentlari.

Dislokatsiyalarning paydo bo'lishi va harakati harakatlanayotgan dislokatsiyalar energiyasining tarqalishi natijasida tez sur'atda issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi. Deformatsiyalangan metallni uning suyuqlanish haroratining 0,2...0,3 darajasigacha qizdirish unda qaytish paydo qiladi (dam olish, poligonizatsiya), suyuqlanish haroratining 0,4 darajasigacha qizdirilganda sirtqi qatlam mustahkamligining to'liq yoki qisman yo'qolishi bilan rekristallizatsiya yuz berishi mumkin.

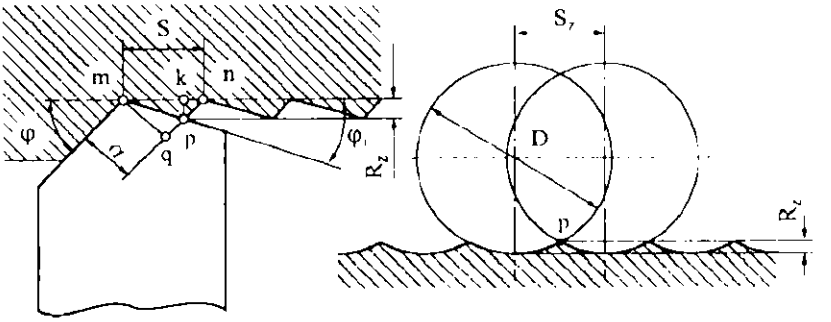
3.5. Ishlov berilgan yuzaning sifati

Mashina detallari va uzellari ishining ishonchliligi, asosan, ishlov berilgan yuzalarning sifatiga bog'liqdir. Yuza sifati tushunchasiga bir tomondan, aniq yuzaning geometrik parametrlari, boshqa tomondan — uning fizik-mexanikaviy xossalarini belgilovchi bir qator ko'rsatkichlar kiradi.

Sirtqi qatlamning fizik-mexanikaviy xossalari mustahkamlanish (parchinlash) chuqurligi va darajasi hamda qoldiq kuchlanishlar qiymatlari bilan xarakterlanadi.

Ishlov berilgan yuzaning geometrik parametrlari geometrik shakldan quyidagi chetga chiqishlar bilan xarakterlanadi: makrogeometriyasi (bochkasimonlik, konussimonlik, ovallik va boshq.) va mikrogeometriyasi (g'adir-budurlik va to'lqinsimonlilik) bilan.

Gadir-budurlik va yuza shaklining boshqa chetga chiqishlarni shartli chegaralash kriteriysi bo'lib, S qadamning notekislik balandliligi R_z ga nisbati xizmat qiladi. $S/R_z < 50$ da — yuza g'adir-budur,



3.5-rasm. Ishlov berilgan yuzaning yo'nish va silindrik freza bilan frezalashdagi hisoblangan mikroprofili.

S/R_z = 50...1000 da – yuza to'lqinsimon, S/R_z > 1000 da esa makrogeometrik chetga chiqish. Ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligi mikronotekisliklarning balandligi va shakli bilan xarakterlanadi. Haqiqiy yoki oddiy notekisliklar – bu ishlov berilgan yuza bo'ylab kesuvchi asbob o'tgandan so'ng hosil bo'lgan notekisliklardir. Notekisliklar balandligini tahliliy hisoblab bo'lmaydi. Uni profilometr va profilograf deb ataluvchi asboblar bilan o'lchanadi. Profilometrlar notekisliklar balandligining ko'z bilan chamalab olingan hisobini ko'rsatadi, profilograflar esa yuzaning muayyan masshtabdagi mikroprofilini chizib beradi. Ishlov berilgan yuzaning yo'nish (*a*) va silindrik freza bilan frezalashdagi (*b*) hisobiy mikroprofili 3.5-rasmda ko'rsatilgan. Yo'nishda hisobiy g'adir-budurliklar R_z balandligi uchburchak *mnp* balandligi *pk* ga teng:

$$R_z = mn \sin\varphi_1,$$

$$mn = \frac{mq}{\sin\ mpq} = \frac{a}{\sin(\varphi+\varphi_1)} = \frac{S\sin\varphi}{\sin(\varphi+\varphi_1)} \quad \text{yoki} \quad R_z = \frac{S\sin\varphi\sin\varphi_1}{\sin(\varphi+\varphi_1)}.$$

Mazkur ifodadan yo'nib kengaytirish, parmalash, zenkerlash, randalash va tores frezalar bilan frezalashda R_z ni hisoblash uchun foydalanish mumkin.

Frezerlashda hisoblash notekisliklarining balandligi bir-biridan freza tishiga, S_z surilishga teng bo'lgan masofa uzoqligida joylashgan ikki aylana kesishgan *p* nuqta holatiga ko'ra aniqlanadi:

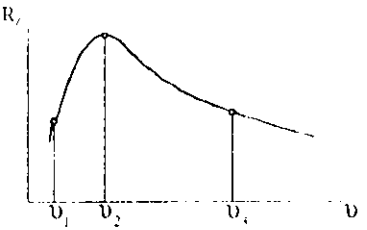
$$R_z = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2}{4} - \frac{S_z^2}{4}}$$ ifoda soddalashadi, chunki $\frac{S_z^2}{4} = R_z D - R_z^2$ va $R_z^2 \le R_z D$, R_z^2 a'zoni e'tibordan soqit qilib, $R_z \approx S_z^2 / 4D$ ni hosil qilamiz.

Yo'nishdagi hisoblash notekisliklari surishning rejadagi burchaklarning kichrayishi va o'tish tig'i radiusining kattalashuvi bilan kamayadi.

Shakl va balandlik bo'yicha real notekisliklar hisoblangandan farq qiladi. Buning sabablari quyidagilardan iborat:

1) materialning birlamchi deformatsiya hududidan mikronotekisliklar cho'qqisi tomon plastik og'ishi; kesilayotgan qatlamning deformatsiyalanish darajasi qancha katta bo'lsa, mikroprofildagi ishlov berilgan iz tomonga plastik oqim jadalligi shuncha katta bo'ladi va notekisliklar balandligi ham ortadi; 2) ishlov berish paytida asbob va detalning tebranishi; 3) asbob orqa yuzalarining kesish yuzalariga ishqalanishi; 4) asbob tig'ida uning yeyilishi tufayli ko'payib boruvchi notekisliklar. Agar material o'simta hosil qilishga moyil bo'lsa, unda notekisliklar balandligi o'simta eng yuqori rivojlanishga ega bo'luvchi kesish tezliklari hududida o'simtaning o'sishi va buzilishi hisobiga qo'shimcha ortadi.

Notekisliklar balandligiga hisoblash notekisliklari balandligiga ta'sir ko'rsatuvchi omillarning o'zi ta'sir qiladi. Surilishning, asbobning plandagi burchaklarining kichrayishi va keskich cho'qqisi radiusining kattalashuvi bilan notekisliklar balandligi kamayadi. Bu omillardan tashqari notekisliklar balandligiga materialning plastik deformatsiyalanish hajmini o'zgartiruvchi barcha omillar va asbobning yuzasidagi ishqalanish sharoitlari ta'sir ko'rsatadi. Ularga ishlov berilayotgan materialning mexanik xossalari, kesish tezligi va qo'llanilayotgan moylash-sovitish muhitining xususiyatlari kiradi. Kesish chuqurligi va asbobning old burchagi notekisliklar balandligiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Ishlov berilayotgan materialning qattiqligi va mustahkamligi ortishi, plastikligining pasayishi bilan plastik deformatsiya hajmi kichrayadi va bu notekisliklar balandligining kamayishiga olib keladi.



3.6-rasm. O'simta hosil qilishiga moyil materialga ishlov berishda notekisliklar balandligiga kesish tezligining ta'siri.

Kesish tezligining notekisliklar balandligiga ta'siri ishlov berilayotgan materialning o'simta hosil qilishga moyilligiga bog'liq. Agar material o'simta hosil qilishga moyil bo'lsa, unda kesish tezligining ortishi bilan notekisliklar balandligi uzluksiz kamayib boradi. Bu hol plastik deformatsiya hajmining va ishqalanish o'rtacha koeffitsiyentining kamayishi bilan izohlanadi. Agar material o'simtalar hosil qilishga

moyil bo'lsa, u holda notekisliklar balandligi o'simta balandligiga bog'liq bo'ladi. Kesish tezligining v_1 dan v_2 ga ortishida o'simta balandligi ham o'sadi va shunga muvofiq notekisliklar balandligi o'simta rivojining yuksak paytida eng katta qiymatga yetadi. Katta tezliklarda v_2 kamayadi va notekisliklar balandligi ham kichrayadi.

Moylash-sovitish texnologik muhitini qo'llash notekisliklar balandligini kamaytiradi. Bu o'rinda shuni ta'kidlash lozimki, kesish tezligining ortishi, muhit ta'sirini zaiflashtiradi, turli muhitlarning ta'sirdagi farqi esa kamayadi.

3.6. Qirindining kirishishi

Qirindining kirishishi deformatsiyalanish jarayonining tashqaridan namoyon bo'lishidir. Kirishish deb, kesilayotgan qatlam qirindiga aylangandan keyingi chiziqli o'lchamlarining o'zgarishiga aytiladi (3.7-rasm).

Tajriba shuni ko'rsatadiki, qirindining L_1 uzunligi keskich bosib o'tgan L yo'ldan qisqa, qirindining a_1 qalinligi kesilayotgan a qatlam qalinligidan ortiq bo'ladi. Qirindining kengligi b_1 kesilayotgan qatlam kengligi b dan (birmuncha kattalashsa ham) kam farq qiladi. Amaliy jihatdan deformatsiyalanayotgan element hajmi o'zgarmas deb qabul qilinadi, natijada quyidagi hosil bo'ladi:

$$a\,b\,L = a_1\,b_1\,L_1;$$

bundan $$\frac{L}{L_1} = \frac{f_1}{f} = \frac{a_1 b_1}{ab} = K, \qquad (3.10)$$

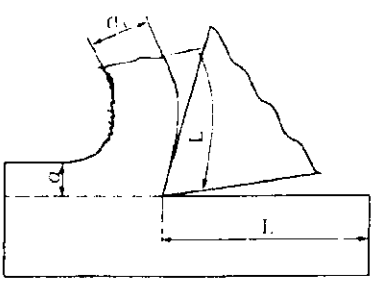
bu yerda: f va f_1 — mos ravishda kesilayotgan qatlam kesimlarining yuzalari; K — qirindining kirishuv koeffitsiyenti.

Qirindi o'lchamlarining o'zgarish darajasi kesilayotgan qatlam bilan qiyoslaganda uchta koeffitsiyent bilan ifodalanadi:

kirishish yoki qisqarish koeffitsiyenti $K_l = \frac{L}{L_1}$;

qalinlashuv koeffitsiyenti $K = \frac{a_1}{a}$ va

kengayish koeffitsiyenti $K_b = \frac{b_1}{b}$.



3.7-rasm. Qirindining kirishishini aniqlash sxemasi.

Qirindining kirishish koeffitsiyenti ikki usulda aniqlanadi: qirindining uzunligini o'lchash va uni tortib ko'rish (og'irligini o'lchash). Birinchi

usul bo'yicha qirindi uzunligi kesilayotgan qatlam uzunligini alohida qismlarga bo'lish orqali chegaralanadi. Tajribalarda yo'nish paytida zagotovkada bir yoki bir necha pazlar qilinadi va ular orasidagi masofa qayd etiladi. Kesish tig'ining paz orqali o'tishi paytida kesish jarayonida uzilish yuz beradi. Qirindi to'planadi, uzunligi kontakt tomoni bo'ylab o'lchanadi. Ikkinchi usulda qirindi bo'lakchalari tarozida tortib aniqlanadi. Agar qirindi og'irligini mg da G orqali, zichligini g/sm^3 da g orqali belgilansa, u holda

$$G = \frac{a_1 h_1 l_1 g}{10^3}. \qquad (3.11)$$

Qirindining kirishish koeffitsiyenti

$$K_l = \frac{G10^3}{l_1 gab}.$$

Yo'nishda $ab = St$ va, demak,

$$K_l = \frac{G10^3}{l_1 gv}. \qquad (3.12)$$

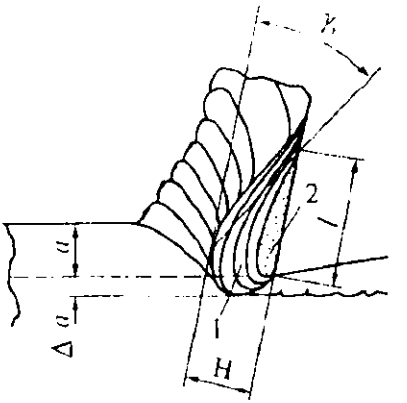
Qirindining kirishish koeffitsiyentiga, asosan, ishlov berilayotgan material, asbobning old burchagi, kesilayotgan qatlam qalinligi, kesish tezligi, qo'llanilayotgan moylash-sovitish texnologik muhiti ta'sir qiladi.

3.7. O'simta hosil bo'lishi

Aksar konstruksion materiallarni kesishda muayyan sharoitlarda keskichda o'simta hosil bo'ladi. O'simta deganda, ishlov berilayotgan zagotovka materialining asbob tig'i yonida uning old yuzasidan oldinda joylashgan u yoki bu darajada qo'zg'almas, pona ko'rinishidagi hudud tushuniladi (3.8-rasm).

Tutash qirindi hosil bo'lishida, muayyan sharoitlarda o'simta old yuzaga yetarli darajada mahkam birlashib olishi va kesish tugagandan keyin ham shu yerda qolishi mumkin. Uzlukli kesish paytida va elementli qirindi hosil bo'lganda o'simta old yuzada ushlanib qolmaydi, qirindi bilan tushib ketadi. O'simtaning qattiqligi u hosil bo'lgan material qattiqligidan 2,5...3 marta ortiq bo'ladi. O'simtaning shakli va o'lchamlarini uchta asosiy parametr bilan tavsiflash mumkin: balandligi H, asosining kengligi l va burchagi γ_o.

Yuqori chastotali kinosyomkalar yordamida aniqlanishicha, o'simta to'liq barqaror jism emas, u o'z o'lchamlarini doimo va juda tezlik bilan o'zgartirib turadi. Sekundning yuzdan bir ulushlarida o'simta paydo bo'ladi, o'z balandligini eng yuqori darajagacha orttiradi, keyin esa qisman yoki to'liq buziladi. O'simtaning paydo bo'lish va uzilish chastotasi kesish tezligi ortgan sari o'sib boradi va v=40...60 m/min bo'lganda minutiga 3000...4000 siklni tashkil etadi.



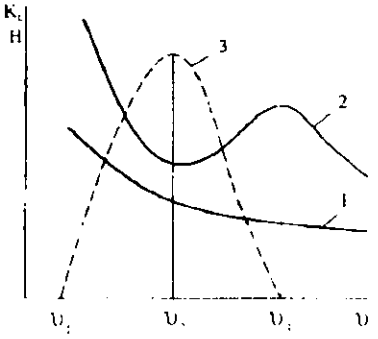
3.8-rasm. O'simtaning tuzilish sxemasi.

O'simtada ikkita hududni farqlash mumkin: hudud *1*, bunda materialning harakat tezligi noldan qirindi harakati tezligigacha o'zgaradi va hudud *2*, bu yerda material to'liq harakatsiz holatda bo'ladi. Pona shaklida bo'lganligi va ishlov berilayotgan material qattiqligidan ancha yuqori qattiqlikka ega bo'lganligi sababli o'simta birmuncha vaqt kesuvchi tig' vazifasini bajaradi. Hosil bo'layotgan qirindi keskichning old yuzasi bo'ylab emas, o'simta bo'ylab siljiydi. O'simta cho'qqisi keskich tig'i orqasiga osilib turganligi sababli kesilayotgan qatlamning haqiqiy qalinligi uning nominal qalinligidan Δa kattalikka ortiq bo'ladi.

O'simta o'lchamlariga, asosan, ishlov berilayotgan material xossalari, kesish tezligi, kesilayotgan qatlam qalinligi, old burchak va moylash-sovitish texnologik muhiti ta'sir ko'rsatadi.

Barcha materiallarni o'simta hosil qilishga moyil va moyil bo'lmagan materiallarga bo'lish mumkin. Birinchi guruhga mis, jez, bronza, qalay, qo'rg'oshin, titan qotishmalari, oq cho'yan, toblangan po'latlar, tarkibida ko'p miqdorda xrom va nikel bo'lgan legirlangan po'latlarni kiritish mumkin. Ikkinchi guruhga konstruksion, uglerodli po'latlar, legirlangan po'latlarning katta qismini, kulrang cho'yan, aluminiy, siluminlarni kiritish mumkin.

Kesish tezligining o'simta o'lchamlariga va qirindi kirishuv koeffitsiyentiga ta'siri umumlashtirilgan holda 3.9-rasmda ko'rsatilgan. Egri chiziq *1* o'simta hosil qilishga moyil bo'lmagan metallarni kesishga mos keladi. Bunda kesish tezligining ortib borishi bilan qirindining kirishish koeffitsiyenti avval tez, keyin esa bir-



3.9-rasm. Kesish tezligining o'simta balandligi (*3*) va qirindining kirishish koeffitsiyentiga (*1,2*) ta'siri.

muncha sekin kamayadi. Kesish tezligining qirindining kirishish koeffitsiyentiga ta'siri kesish tezligi ortib borganda old yuzada haroratning ko'tarilishi paytida old yuza bilan qirindi o'rtasidagi ishqalanish koeffitsiyentining kamayishi bilan izohlanadi. O'simta hosil bo'lishiga moyil materiallarni kesishda (2-egri chiziq) kesish tezligi qirindining kirishish koeffitsiyentiga bir xilda ta'sir etmaydi. Avval, kesish tezligi ortganda kirishuv koeffitsiyenti kamayadi va eng kichik kattalikka tushadi (υ_2 tezlik), keyin yana ortib boradi. Kesish tezligi υ_3 qiymatga yetganda K_1 koeffitsiyentning o'sishi to'xtaydi va $\upsilon > \upsilon_3$ kesish tezligida *2*–egri chiziq *1* egri chiziqqa mos bo'ladi. Kesish tezligi υ_1 dan υ_2 gacha ortganda K_1 koeffitsiyentining kamayishi va kesish tezligi υ_2 dan υ_3 gacha ortganda yana ko'payishi qirindi hosil bo'lish jarayoniga bog'liq.

Kesish tezligining υ_1 dan υ_2 gacha o'sishi asbob old burchagining kattalashishi bilan bir paytda sodir bo'ladi, natijada kesilayotgan qatlamning deformatsiyalanish darajasi kamayadi. Kesish tezligi υ_2 bo'lganda haqiqiy old burchak eng yuqori kattalikka erishadi, K_1 koeffitsiyent esa eng kam miqdorga tushadi. Kesish tezligi υ_2 dan υ_3 gacha o'sganda o'simta balandligi hamda old charxlash burchagining haqiqiy kattaligi kamayadi. Bu qirindining kirishish koeffitsiyentining ortishiga sabab bo'ladi. $\upsilon > \upsilon_3$ kesish tezliklarida o'simta bo'lmaydi va kesish tezligi K_1 koeffitsiyentga faqat ishqalanish koeffitsiyentining o'zgarishi orqali ta'sir qiladi.

Tajribadan shu narsa aniqlanganki, po'latlarni kesishning eng keng tarqalgan sharoitlarida o'simta o'zining eng yuqori balandligiga kesish tezligining harorat $\theta = 300°C$ bo'lganda erishadi. 300°C dan ortiq haroratda o'simta o'lchamchlarining kichrayishi o'simta materiallarining plastik siljishga qarshiligining sezilarli darajada pasayishi bilan izohlanadi.

O'simta hosil bo'lishi kesish jarayoniga ta'sir ko'rsatadi: o'simta old burchakni o'zgartiradi, oqibatda, kesish kuchi kamayadi; ishqalanish sharoitlari ham o'zgaradi, demak, kesish tig'ining

yeyilish tabiati old yuza bo'yicha ham, orqa yuza bo'yicha ham o'zgaradi. O'simtaning davriy uzilishlari tebranishlarning hosil bo'lishiga olib keladi, o'simta buzilishining ishlov berilgan yuzadagi qoldiq mahsulotlari dag'allikni oshiradi.

Kesib ishlov berish amaliyotida, xususan, toza ishlov berishda, o'simta hosil bo'lishiga qarshi kurash olib boriladi. O'simta hosil bo'lishi kesish jarayonining barqarorligiga putur yetkazadi, bu esa raqamli boshqarish programmasi bo'lgan dastgohlarda, ko'p operatsiyali dastgohlarda va moslashuvchi ishlab chiqarish tizimlarida maqsadga muvofiq emas.

4-BOB | Qirqish (kesish) hududidagi issiqlik hodisalari

4.1. Issiqlik hosil bo'lish manbalari

Kesish jarayoniga sarflanadigan barcha mexanik energiya issiqlik energiyasiga aylanadi. Mexanik energiyaning faqat 0,5...3% foizigina ishlov berilayotgan material kristall panjaralarining o'zgarishi tufayli yutilgan energiyaga aylanadi, xalos.

Amalda issiqlikning umumiy miqdori Q ni quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$Q = \frac{P_z \upsilon}{4190}, \text{ J / min},$$

bu yerda: P_z — kesish kuchining vertikal tashkil etuvchisi, H; υ — kesish tezligi, m/min; 1/4190 — ishning issiqlik ekvivalenti, J.

Kesish jarayonida issiqlik oqimlari energiyaning yuqori konsentratsiyalangan, nisbatan kichik hajmlarda jamlangan yoki taqsimlangan manbalari ta'siri ostida yuz beradi deb qabul qilinadi.

Qattiq jismlarning u yoki bu tizimida harakat qiluvchi jamlangan manbalar issiqligining tarqalish jarayoni matematik jihatdan ikkita asosiy tenglama yordamida ifodalanadi: birinchisi — issiqlik muvozanati, yana biri — issiqlik o'tkazuvchanlik. Kesish jarayoni uchun issiqlik muvozanati tenglamasi quyidagicha taqdim etilishi mumkin:

$$Q_{def} + Q_{ol\,yu} + Q_{or\,yu} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4, \qquad (4.2)$$

bu yerda: Q_{def} — qirindi hosil bo'lishi va sirtqi qatlamning shakllanishida deformatsiyalanishi va buzilishiga sarflangan ishga ekvivalent bo'lgan issiqlik miqdori; $Q_{ol\,yu}$ — deformatsiyalangan material va

tig' old yuzasi kontaktda bo'lganda ishqalanish kuchlari ishiga ekvivalent bo'lgan issiqlik miqdori; $Q_{or\,yuz}$ — detalning sirtqi qatlamida deformatsiyalangan materialdan o'tishda tig'ning orqa yuzasidagi ishqalanish kuchlari ishiga ekvivalent issiqlik miqdori; Q_1 — qirindiga o'tuvchi issiqlik miqdori; Q_2 — detalga o'tuvchi issiqlik miqdori; Q_3 — kesuvchi asbobga o'tuvchi issiqlik miqdori; Q_4 — atrof-muhitga tarqaluvchi issiqlik miqdori.

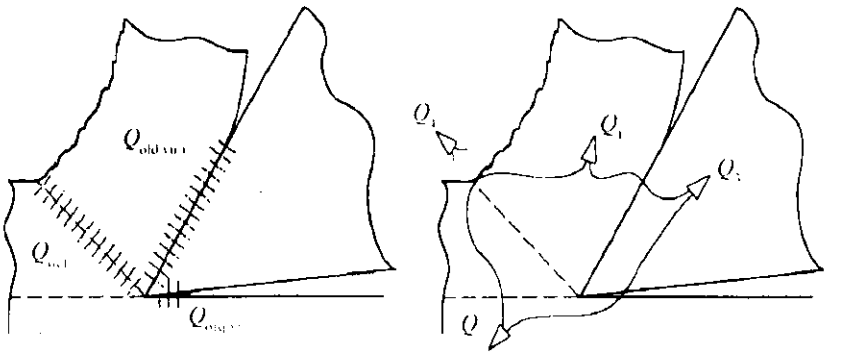
Kesish paytida issiqlik hosil bo'lish manbalari 4.2-tenglamaning chap qismini tashkil etadi. Issiqlikning birinchi manbayi Q_{def} eng katta plastik deformatsiyalar hududida, ya'ni qirindi ajralish tekisligida hosil bo'ladi (4.1-rasm, *a*). Issiqlikning ikkinchi manbayi $Q_{ol\,yuz}$ kesuvchi asbobning old yuzasida — qirindi bilan asbob o'rtasidagi kontakt yuza chegaralarida hosil bo'ladi. Issiqlikning uchinchi manbasi $Q_{or\,yuz}$ orqa yuzada — asbob bilan yuza o'rtasidagi tutashuv yuzasi chegaralarida hosil bo'ladi.

Hosil bo'lgan issiqlik issiqlik manbalaridan ancha salqin hududlar — qirindi, detal, asbob va atrof-muhitga taqsimlanadi (4.1-rasm, *b*).

Issiqlik manbalarining joylashishi 4.1-rasm, *a* da ko'rsatilgan.

Shubhasiz, kesish jarayonida oqimlar harakatining yo'nalishi murakkab chirmashib ketishi kuzatiladi, chunki uch asosiy manbadan — deformatsiya, asbobning old va orqa yuzalaridagi ishqalanishdan chiqayotgan issiqlik bu jarayonda ishtirok etayotgan barcha jismlar o'rtasida taqsimlanadi.

Issiqlik o'tkazuvchanlikning ikkinchi asosiy tenglamasi issiqlik o'tkazuvchanlikning differensial tenglamasi ko'rinishida bo'ladi.



4.1-rasm. Issiqlik hosil bo'lish manbalari va issiqlik oqimlarining harakati.

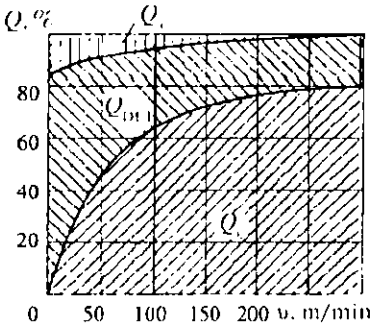
$$\frac{\partial\theta}{\partial\tau} = \frac{1}{c\rho}\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial x}\right] + \frac{\partial}{\partial y}\left[\lambda(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial y}\right] + \frac{\partial}{\partial z}\left[\lambda(\theta)\frac{\partial\theta}{\partial z}\right]\right\} + \upsilon_x\frac{\partial\theta}{\partial x} + \upsilon_y\frac{\partial\theta}{\partial y} + \upsilon_z\frac{\partial\theta}{\partial z}, \quad (4.3)$$

bu yerda: λ — issiqlik o'tkazuvchanlik koefficiyenti; c — massaning issiqlik sig'imi; ρ — zichlik; υ_x, υ_y, υ_z — manbaning jism ichida X, Y, Z o'qlaridagi siljish tezligi vektorining proyeksiyalari.

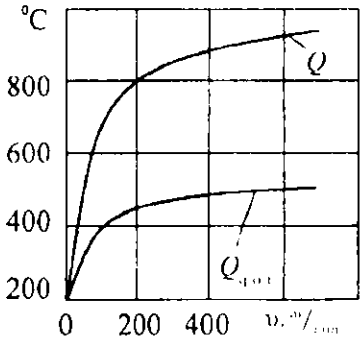
Ushbu tenglama ko'p yechimga ega. Ularning orasidan aynan bizni qiziqtiruvchi holatdagi issiqlik tarqalish jarayonini belgilovchi yechimni aniqlash uchun qidirilayotgan funksiya θ (x,y,z,τ) ga qo'shimcha shartlar — boshlang'ich va so'nggi shartlarni qo'yish lozim bo'ladi. Issiqlikning qirindi, detal va asbob o'rtasidagi bo'linish foizlariga, asosan, zagotovka materialining mexanik, issiqlik-fizik xossalari va kesish tezligi ta'sir ko'rsatadi (4.2-rasm).

Kesish tezligi ortganda, detalga o'tuvchi issiqlik ulushining kamayishi deformatsiya hududidan chiqayotgan issiqlikning tarqalish tezligi bilan kesish tezligi o'rtasidagi nisbatining o'zgarishi natijasida sodir bo'ladi. Qirindi ajralish tekisligida issiqlik manbayidan detalga Q, issiqlik oqimi tarqaladi. Issiqlikning tarqalish tezligi qirindi ajralish tekisligida va detaldagi harorat gradiyentiga va ishlov berilayotgan materialning issiqlik o'tkazuvchanligiga bog'liq. Agar kesish tezligi, ya'ni asbobning kesuvchi tig'i issiqlik oqimini kesib o'tayotgandagi tezlik kichik bo'lsa, u holda issiqlik qirindi ajralish tekisligidan hech qanday to'sqinliksiz detalga o'tadi. Kesish tezligi ortib borgan sari asbob tig'i issiqlik oqimini tezroq kesib o'tadi, shu sababli, issiqlikning o'z miqdori detalga o'tishga ulguradi, issiqlikning ko'p miqdori esa qirindida qoladi. Kesish tezligi ortganda asbobga o'tuvchi issiqlik ulushining kamayishi old yuzadagi kontakt yuza kengligining kamayishi bilan bog'liq, issiqlik asbobga qirindidan ana shu yuza orqali o'tadi.

Asbobga o'tuvchi issiqlik miqdori juda kam bo'lib, bu issiqlik har qanday materiallarni istalgan rejimda kesishda shunday bo'ladi. Asbobga ham issiqlik o'tishining sababi asbobsozlik materiali issiqlik



4.2-rasm. T60K6 (t = 1,5 mm, S=0,12 mm/ayl.) qattiq qotishmasidan ishlangan keskich bilan 40X po'latiga ishlov berishda Q ning qirindi, asbob va detal o'rtasida taqsimlanishi.



4.3-rasm. T60K6 (t = 1,15 mm; S=0,12 mm/ayl.) qattiq qotishmasidan ishlangan keskich bilan 40X po'lati bilan kesishda kesish tezligi υ ning kesish harorati va qirindining o'rtacha harorati Q_{qor} ga ta'siri.

o'tkazuvchanligining pastligidir. Asbobga o'tuvchi issiqlik ulushining kamligiga qaramasdan asbobning old yuzasidagi o'rtacha harorat qirindining o'rtacha haroratidan bir necha marta ortiq bo'ladi (4.3-rasm).

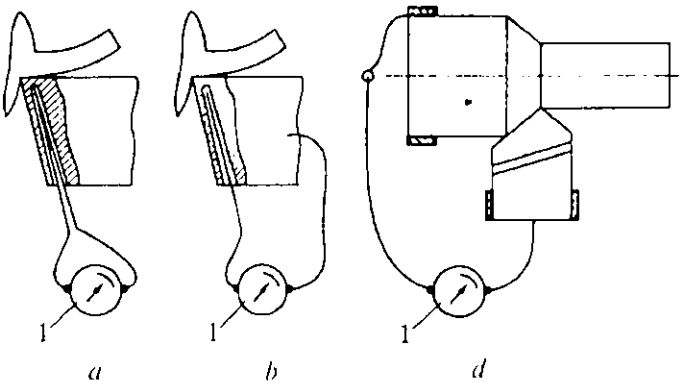
Detalga o'tuvchi issiqlik ulushining kesish tezligi ortgandagi kamayishi deformatsiya hududidan chiqayotgan issiqlikning tarqalish tezligi bilan kesish tezligi o'rtasidagi nisbatning o'zgarishi natijasida yuz beradi.

Kesish harorati deganda asbobning qirindi bilan tutashuish yuzasidagi va kesish yuzasidagi o'rtacha harorat tushuniladi.

Kesish zonasidagi harorat miqdoriga quyidagi omillar ta'sir ko'rsatadi: ishlov berilayotgan materialning fizik-mexanikaviy xossalari, kesish rejimlari (kesish tezligi, surish va kesish chuqurligi), kesuvchi asbobning geometrik parametrlari va qo'llanilayotgan moylash-sovitish texnologik muhiti.

Deformatsiya hududidagi va asbobning tutashuv yuzasidagi issiqlik hodisalarini o'rganishda analitik (tahliliy) usullarni qo'llash borasida salmoqli yutuqlarga erishilganligiga qaramay, tajriba usullari o'zining sodda va ishonchliligi bilan tadqiqotlarning asosiy usuli bo'lib qolmoqda.

Tajribada haroratni aniqlashning quyidagi asosiy usullari qo'llaniladi: kalorimetrik, qirindi va ishlov berilgan yuza tusi o'zgartishining qiyosiy tahlili, termobo'yoq usuli, optik pirometriya usullari, termoelektr emissiya usulining turli variantlari. Kalorimetrik usul tushayotgan qirindi haroratini kalorimetr yordamida o'lchashga asoslangan. Mazkur usul qirindi, detal va asbobga o'tuvchi issiqlik miqdorini hamda qirindining o'rtacha haroratini aniqlash imkonini beradi. Qirindining o'rtacha harorati tusining o'zgartishi bo'yicha aniqlash ancha subyektiv bo'lib, sezilarli xatoliklarga yo'l qo'yilishi mumkin.



4.4-rasm. Termojuftlik sxemasi:

a – sun'iy; *b* – yarim sun'iy; *d* – tabiiy;
1 –qayd etuvchi termo EHK asbobi.

Termobo'yoq usuli asbobning qizdirilgan qismlari yuza haroratini aniqlashda qo'llaniladi va oddiy, ko'rgazmali, biroq aniqlik darajasi yuqori emas.

Kesuvchi asbobning tutashuv yuzalaridagi va tutashuv yuzasining turli nuqtalaridagi haroratni o'lchashda har xil termojuftlik usullari ko'p qo'llanilmoqda.

Sun'iy termojuftlik usuli keskich haroratini kesuvchi tig' atrofida xromel–alumel yoki xromel-kopel termojuftlik yordamida o'lchashga asoslangan (4.4-rasm). Keskichda uning quyi asosidan old yuzaga qarab 1...2 mm diametrli teshik parmalab ochiladi. Teshik old yuzaga 0,2...0,4 mmga yetmay qoladi. Teshikka termojuftlik qo'yiladi. Teshikni kesuvchi tig'ning old va orqa yuzalari bo'ylab turli nuqtalarda joylashtirib, asbobning kesish tig'idagi harorat maydoni haqida tasavvur hosil qilish mumkin.

Yarim sun'iy termojuftlik usulida (4.4-rasm, *b*) bitta izolatsiyalangan o'tkazgich kesuvchi tig'ning tadqiq etilayotgan yuzasiga olib chiqiladi, asbobning o'zi (tanasi) esa ikkinchi o'tkazgich bo'lib hisoblanadi. Tabiiy termojuftlik usulida asbob va zagotovkaning o'zi o'tkazgich bo'ladi, termojuftlikning kavshari–kesuvchi tig'ning old va orqa yuzalaridagi tutashuv yuzasidir (4.4-rasm, *d*).

Ishlov berish paytida asbob va zagotovka bir-biriga nisbatan joyini o'zgartiradi va shu sababli termo EHK ni qo'zg'almas qayd etuvchi asboblar *1* ga uzatish uchun maxsus konstruksiyali tokosyomniklarni qo'llash zarur. 4.4-rasm, *d* da ko'rsatilgan zagotovka izolatsiyasi parazit termojuftliklar ta'sirini bartaraf qilish uchun

zarur, biroq parazit termojuftliklarning roli asbob tutashuv yuzalarining harorati yuqori bo'lganda katta emas va o'lchash aniqligini birmuncha pasaytirish hisobiga, zagotovka izolatsiyasidan voz kechib, keskich izolatsiyasini saqlagan holda qurilmani soddalashtirish mumkin.

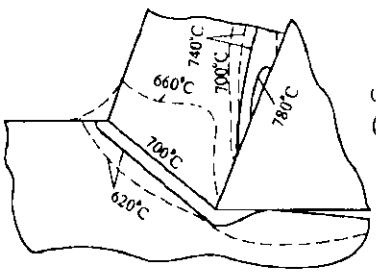
Qayd etuvchi asbob ko'rsatkichlarini Selsiy darajalariga o'tkazish uchun termojuftlik oldindan maxsus usulda tarirovka qilinishi kerak.

Optik pirometriya usullari kesish hududida issiqlikning taqsimlanishi haqida uning issiqlik tarqalishini qayd etish orqali tasavvur hosil qilish imkonini beradi. Bu usullar murakkab optik qurilmalar yoki fotoelektrik datchiklar qo'llanishi bilan bog'liq.

Keskichda va ishlov berilayotgan materialda haroratning taqsimlanish tabiatini yoki harorat maydonini aniqlash qattiq jismlarda issiqlik almashinuv nazariyasi asosida EHM va issiqlik hodisalarini elektr modellashni qo'llagan holda hisoblab chiqish yo'li bilan amalga oshiriladi.

Harorat maydonlarini nisbatan sodda matematik yo'llar bilan maqbul injenerlik yechimlarini topish imkonini beruvchi issiqlik manbalari usulidan foydalanish tufayli tuzish mumkin bo'ldi. Bu usulning mohiyati shundaki, istalgan shakldagi, harakatdagi yoki turg'un, vaqtincha yoki uzluksiz faoliyat ko'rsatuvchi issiqlik manbasi ta'sirida issiqlik o'tkazuvchan jismda paydo bo'luvchi harorat maydonini lahzali nuqtaviy manbalar tizimining ta'siri tufayli yuzaga keluvchi harorat maydonlari u yoki bu kombinatsiyasining natijasi sifatida hosil qilish mumkin.

4.5-rasmdan ko'rinib turibdiki, tajriba yo'li bilan hosil qilingan izotermalar (infraqizil nurlanish usulidan foydalanilgan) hisoblanganiga mos keladi.



4.5-rasm. Tajriba va hisoblash orqali olingan harorat maydonlarini qiyoslash (ishlov berilayotgan material — po'lat, kesish tezligi υ = 23 m/min, kesish qalinligi a = 0,6 mm, keskich burchaklari γ=30°, α=7°).

4.2. Kesish haroratiga ta'sir qiluvchi omillar

Ko'p sonli tajribalar asosida kesish haroratini aniqlash uchun empirik formulalar chiqarilgan. Bu formulalarda kesish harorati kesish sharoitlarini xarakterlovchi ko'p o'zgaruvchilarning funksiyasi hisoblanadi:

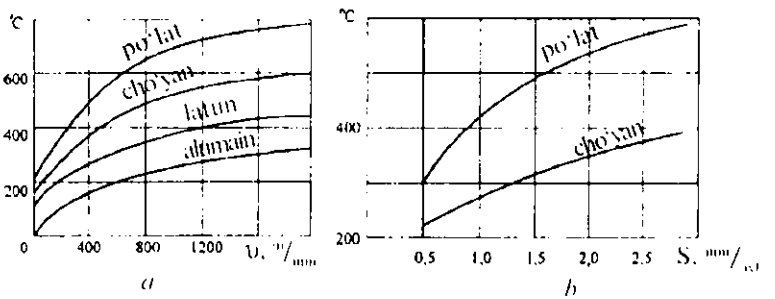
$$\theta = f(C_\theta, \upsilon, t, S, \gamma, \alpha, \varphi),$$

bu yerda C_θ – zagotovka va asbob materialining fizik-mexanikaviy xossalari va ishlov berish sharoitlariga bog'liq bo'lgan koeffitsiyent.

Kesishga sarflanuvchi ish qancha katta bo'lsa, boshqa sharoitlar teng bo'lgan holda, kesish harorati shuncha yuqori bo'ladi. Ishlov berilayotgan materialning qattiqligi va mustahkamligi ortib borishi bilan kesish harorati ko'tariladi (4.6-rasm).

Ishlov berilayotgan materialning issiqlik o'tkazuvchanligi va issiqlik sig'imi ham katta ta'sir ko'rsatadi. Ishlov berilayotgan materialning issiqlik o'tkazuvchanligi qancha yuqori bo'lsa, issiqlikning qirindi va zagotovkaga o'tish jadalligi yuqori bo'ladi, demak, keskich kamroq qiziydi. Qirindi va zagotovka tomonidan qabul qilinuvchi issiqlik miqdori ishlov berilayotgan materialning issiqlik sig'imiga bog'liq.

4.6-rasm, *a* dan ko'rinib turibdiki, po'latga ishlov berishda qirindining o'rtacha harorati cho'yanga, xususan, aluminiyga ishlov berishdagiga qaraganda ancha yuqori, bu hol plastik deformatsiyaning katta ishi va old yuza ishqalanishining ishi tufayli yuzaga keladi. Cho'yanga ishlov berishda qirindiga o'tuvchi issiqlik miqdorining kamayishi cho'yanni kesishda qirindining uvoq ko'rinishida bo'lishiga bog'liq. Aluminiyning issiqlik o'tkazuvchanligi po'lat va cho'yanga qaraganda ancha yuqori bo'lganligi sababli (issiqlik) deformatsiya hududidan qirindida qoluvchi issiqlik miqdorini keskin kamaytiradi.



4.6-rasm. Kesish tezligi (*a*) va surish (*b*) ning kesish haroratiga ta'siri.

O'lchashlar asosida kesish haroratini kesish chuqurligi, surish, kesish tezligi, plandagi asosiy burchak va turli asboblar bilan ishlashda bog'lovchi ifoda hosil qilingan:

$$\theta = C_\theta V^m S^n t^q (\sin\varphi)^{n-q}. \qquad (4.4)$$

Formuladagi C_θ koeffitsiyent ishlov berilayotgan materialning mexanik xossalari, asbobning geometrik parametrlari va qo'llanilgan moylash-sovitish muhitiga bog'liq. Ishlov berishning istalgan turlarida m, n va q ko'rsatkichlarning kattaligi bir xil emas: $m > n > q$, ya'ni kesish haroratiga kesish tezligi eng ko'p ta'sir o'tkazadi, keyin surish, kesish chuqurligi, eng kam ta'sir esa plandagi asosiy burchak ta'siridir.

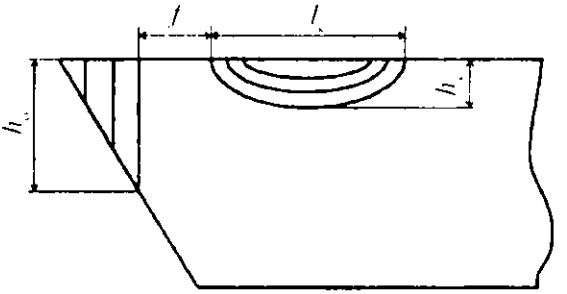
Yo'nishda surish va kesish chuqurligi kesilayotgan qatlamning qalinligi va kengligi singari kesish haroratiga jadal ta'sir ko'rsatadi. Demak, kesilayotgan qatlam kesimining muayyan maydonida haroratni pasaytirish uchun iloji boricha katta t/S nisbatlarda ishlash kerak. Muayyan kesish chuqurligida va surishda keskich plandagi asosiy burchakni kichraytirish yo'li bilan kesish haroratini pasaytirish mumkin. Bu harorat pasayganda b/a nisbat o'sish bilan bog'liq. Issiqlik manbalari kuchi doimiy bo'lganda, detal va asbobga issiqlikni jadal haydash yo'li bilan kesish haroratini pasaytirish mumkin. Bunga zagotovka, qirindi, asbobni moylash-sovitish muhiti oqimi bilan sovitish orqali erishiladi.

5-BOB | Kesuvchi asbobning yeyilishi va turg'unligi

5.1. Kesuvchi asbobning yeyilishi

Kesish jarayonida kesuvchi asbob yeyiladi. Asbobning yeyilishi uning ish xususiyatining asosiy va muhim ko'rsatkichi hisoblanadi. Biroq, yeyilishning fizik tabiati asbobning old va orqa yuzalarida yuz beruvchi uzluksiz jarayonlarning o'ta murakkabligi tufayli hali yetarli darajada o'rganilgan emas.

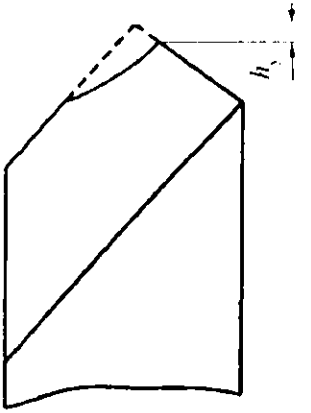
Kesish sharoitlariga bog'liq ravishda yeyilishning ko'zga tashlanuvchi belgilari asbob tig'ining old va orqa yuzalarida kuzatiladi (5.1-rasm). Odatda, yeyilish yuzasining eng katta miqdori h_o orqa o'tish yuzasida yoki asosiy tig'ning yordamchi tig'ga o'tish joyida kuzatiladi. Old yuza boshqacha yeyiladi. Tushayotgan qirindining ta'sirida unda l_k kenglik va h_k chuqurlikdagi yeyilish kemtigi hosil bo'ladi. Asbobning kesish tezligi bilan bog'liq ravishda kemtik cheti bilan asosiy tig' o'rtasidagi masofa o'zgaradi, ya'ni kemtik kattalashgan sari masofa qisqarib boradi.



5.1-rasm. Keskichning yeyilish turlari:
l_k va h_k – old yuzadagi kemtikning kengligi va chuqurligi;
h_o – orqa yuza bo'ylab maydoncha kengligi; f – faska.

Bu asosiy tig'ga yopishib turuvchi old yuza qismini qirindining siyqalovchi ta'siridan himoya qiluvchi o'simtaga bog'liq.

Asbobning yeyilish darajasi sifatida chiziqli va massa yeyilishlar xizmat qiladi. Chiziqli yeyilishni ko'rsatkich sifatida qabul qilib, orqa yuzaning yeyilishi haqida yeyilish maydonchasi kengligining h_o eng katta miqdori bo'yicha, old yuza yeyilishi haqida yeyilish kemtigining eng katta h_k chuqurligi bo'yicha xulosa chiqariladi. Aniq o'lchamli ishlov berishda asbobning yeyilishini chiziqli o'lcham h_k yeyilishi bilan baholash maqsadga muvofiq (5.2-rasm). Mazkur yeyilish asbob tig'i orqa yuzalarining yeyilishi oqibatida asbob cho'qqisi yoki o'tuvchi tig'ning ishlov berilgan yuzaga perpendikular yo'nalishda joyini o'zgartirishini tavsiflaydi. O'lcham yeyilish kattaligini asbob yeyilib borgan sari ishlov berilayotgan detal o'lchamining kattalashuvi yoki kichrayishi belgilaydi. Agar asbobning yeyilish o'lchovi sifatida chiziqli yeyilish qabul qilinsa, unda uning faqat eng yuqori kattaligi o'lchanadi, eng yuqori darajadagi yeyilishning asbob tig'idagi o'rni ham, uning ishlashi jarayonidagi asbob materialining ayrim qismlarining uvalanib tushishi natijasida eng yuqori darajadagi yeyilish tig' bo'ylab siljishi mumkinligi ham hisobga olinmaydi. Eng yuqori chiziqli yeyilish sanoatda yo'l qo'yiluvchi yeyilish me'yorlari va asbobni qayta charxlash uchun sarflar me'yorlarini ishlab chiqishda ishonchli xarakteristika bo'lishi mumkin. Asboblarning fizik tabiatini tadqiq etish uchun esa massa yeyilish eng obyektiv xarakteristikadir. Massa yeyilish asbob yoyilgan qismining mg da ifodalangan massasi bo'lib, u asbob materialining yeyilish mahsulotiga aylanishi uchun sarflangan ishqalanish kuchlari ishiga proporsionaldir.



5.2-rasm. Asbobning o'lcham yeyilishi.

Kesuvchi asboblar yeyilishining fizik tabiatini tushuntiruvchi bir qator nazariyalar oldinga surilgan. Mazkur nazariyalarga ko'ra asbob tutashuv yuzalarining yeyilishiga olib keluvchi asosiy sabablar quyidagilar: a) abraziv yeyilish; b) adgezion yeyilish; d) diffuzion yeyilish; e) ishqor ta'siridan yeyilish.

Abraziv yeyilish. Qirindining old yuzaga va kesish yuzasining asbobning orqa yuzasiga ishqalanishi paytida ishlov berilayotgan materialning qattiq tuzilma hosil qiluvchilari asbob materialini tirnaydi va uzluksiz buzadi. Abraziv yeyilish jadalligi po'latlar tarkibida sementit va murakkab karbidlar, cho'yanlarda sementit va fosfidlar, siluminlarda kremniy karbidi, o'tga chidamli qotishmalarda intermetallidlar va qattiq qo'shilmali plastmassalar miqdori ko'payganda ortib boradi. Zagotovkada quyishda hosil bo'ladigan qobiqlar (quyishdan so'ng) yoki okalinalar (shtampovkadan, issiqlik bilan ishlov berilgandan so'ng) bo'lganda abraziv yeyilish ancha ortadi.

• *Adgezion yeyilish.* Asbob, qirindi va kesish yuzalari haqiqiy tutashuv maydonchalari turtib chiqqan qismlari tekkan nuqtalarda tutashuv bosimlarining yuqoriligi natijasida yuqori haroratli lokal va plastik deformatsiyalar rivojlanadi. Oqibatda, yuvenil (kimyoviy toza, oksid pardalarsiz) hududlarning yaqinlashuvi va tutashuvi shu darajada bo'ladiki, tutashuvchi juftlar metallari atomlari o'rtasida tishlashish kuchlari, ularning o'zaro ilashishi, payvand, ilashish ko'priklari paydo bo'ladi. Ilashish paydo bo'lishi uchun yuzalarning kristall panjaralar parametri miqyosidagi masofada yaqinlashuvi kifoya emas, balki har bir juft materiallar uchun belgilangan energetik bo'sag'a oshib borishi zarur. Ilashish uchun zarur bo'lgan energetik holat haroratni oshirish hisobiga ham, birgalikdagi plastik deformatsiya hisobiga ham bo'lishi mumkin.

Odatdagi sharoitlarda qattiq jismning yuzasi inert bo'ladi, chunki uning atomlari valentli elektronlari gazlar atomlari bilan bog'langan. Turg'un elektron konfiguratsiyalarni buzish va erkin elektronlar sonini ko'paytirish uchun adgezion aloqalarni hosil qilish qo'shimcha energiyani talab qiladi (mexanik yoki issiqlik faolligi).

Kontaktda adgezion aloqalarning hosil bo'lishi aktiv markazlardan boshlanadi, bu aktiv markazlar rolini kristallografik aloqalarning tasodifiy mos kelishi, dislokatsiyalar, vakansiyalar, boshqa issiqlik energiyasi va yuqori qayishqoq chetga chiqishlarga ega bo'lgan hududlar bajarishi mumkin. Birgalikdagi deformatsiyalanishda harorat nisbatan past bo'lganda (rekristallizatsiya haroratidan pastroq) qattiq jismlarning birlashuvi dislokatsiyalar mavjud bo'lgandagi mexanik faollashuv natijasida yuz beradi.

Adgezion aloqalar markazlarining faolligi erkin elektronlar ko'payganda ham ortadi, bu yuqori bosimli deformatsiya bilan birga sodir bo'ladi

Adgezion aloqalar hosil bo'lishda deformatsiyalanishning yuqori haroratida termik faollashuv, ya'ni kristall panjaralar atomlarining qayishqoq tebranishlarining uyg'onishi katta rol o'ynaydi. Faollashuv jarayonida kristall panjara tugunlarida atomlarning tebranish amplitudasi ortadi, bu turg'un elektron konfiguratsiyalar valentli bog'lanishlarning buzilishi bilan ya'ni, yuzalarda aktiv markazlarning paydo bo'lishi bilan yuz beradi. Bu markazlar o'rtasida kontaktlashuvchi jismlarning umumiy elektron bulutlari va yangi elektron konfiguratsiyalari hosil bo'ladi, ular adgezion bog'lanishlarning mustahkamligini belgilaydi. Materiallarning o'zaro adgezion ta'sir ko'rsatish xususiyati rekristallizatsiya haroratiga yaqin haroratlarda keskin oshadi. Bir xil materiallar kontaktda bo'lganda, ilashish $0,3...0,4T_{suyuq}$ harorati, har xil materiallarda $0,35...0,5T_{suyuq}$ haroratida boshlanadi.

Asbobning siljish paytida ushlashuv ko'prikchalarining uzluksiz buzilishi va tiklanishi yuz beradi. Buzilish kontakt yuzalaridan birining tagida sodir bo'ladi. Adgezion birikmalarning davriy takrorlanuvchi ilashishlari asbob materiali yuza qatlamida turkum zo'riqishlarga sabab bo'ladi. Ishlov berilayotgan materialga qaraganda asbob kesuvchi qismining materiali ancha mo'rt bo'ladi va zo'riqishning mazkur tabiati uning lokal buzilishiga sabab bo'ladi. Asbobning kontakt yuzasidan uzilgan asbobsozlik materialining yeyilish mahsulotlari qirindi va detalning ishlov berilgan yuzasi bilan ketadi.

Adgezion yeyilish nazariyasi mikrorentgenspektral tahlil va elektronoskopiyadan foydalanib o'tkazilgan tadqiqotlarning natijalari bilan mos keladi va tasdiqlanadi.

Diffuzion yeyilish. Kesish harorati 800°C dan yuqori bo'lganda asbobsozlik materialining ishlov berilayotgan materialda diffuzion erishi sodir bo'ladi. Diffuziya jarayoni kechishi mumkinligi diffuzion

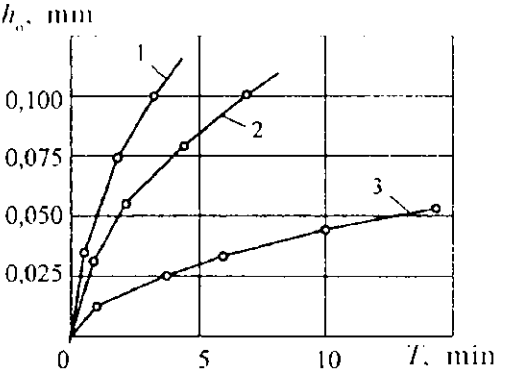
qatlam o'sishining parabolik qonuniga asoslangan. Kesish jarayonida asbobning kontakt yuzalari bilan qirindi va kesish yuzasining yangi hududlari to'qnashadi natijada juda yuqori erish tezligi doim saqlanib turadi.

Qattiq qotishmaning turli komponentlari ishlov berilayotgan materialga turlicha tezlikda diffuziyalanadi. Uglerod tezroq, keyin volfram, kobalt, titan diffuziyalanadi.

Kesish tezligining ortishi va demak, haroratning ko'tarilishi bilan diffuzion ko'chish kesuvchi asbobning yeyilish mexanizmini belgilovchi asosiy omil bo'lib qoladi.

Bo'linish yuzasida diffuziya tezligi haroratga va boshqa ko'p omillar — atomlarning nisbiy o'lchamlari va ularning kimyoviy o'zaro ta'siri, materiallarning bir-birida o'zaro eruvchanligi kabilarga bog'liq. Diffuzion yeyilish tezligi materiallarning „o'xshashligi" deb ataluvchi holatga ham bog'liq; diffuzion yeyilish tezligidagi farqning kattaligi zagotovka va asbob materiallar juftlarining farqi natijasida yuzaga keladi. Asbob paydo bo'luvchi zo'riqishlarga bardosh bera olish uchun yetarli darajada mustahkam bo'lsa, yeyilish tezligi uning qattiqligi va mexanik mustahkamligidan ko'ra ko'proq kimyoviy xossalariga bog'liq bo'ladi.

Diffuzion yeyilish tezligi atomlarning asbobdan zagotovka materialiga diffuziyalanish tezligiga bog'liq. Tezkesar po'latlar qo'llanganda temir atomlari matritsadan ishlov berilayotgan materialga izolatsiyalangan karbidlar (amalda shikastlanmay qolgan) zarrachalari butunlay yemirilib ketmaguncha diffuziyalanaveradi. Qattiq qotishmalardan yasalgan asboblarda ham eng tez diffuziya ishlov berilayotgan materialning temir atomlarini kesuvchi kobalt atomlari hisobiga yuz beradi. Uglerod atomlarining kichikligi va ularni temir atomlari orasida tez siljiy olishiga qaramasdan asbob materialida ular volfram bilan mustahkam bog'langani uchun mustaqil siljiy olmaydi. Aynan volfram va uglerod atomlarining ishlov berilayotgan materialga birgalikdagi diffuziya tezligi diffuzion yeyilish tezligini belgilaydi. U faqat haroratgagina bog'liq bo'lmay, atomlar yeyilishining tezligiga, ya'ni, zagotovka materialining bevosita asbob yuzasida 0,001...1 mkm masofada oqish tezligiga ham bog'liq. Asbobning orqa yuzasida ishlov berilayotgan materialning oqim tezligi juda yuqori va diffuziya old yuza amalda yeyilmaganda ham orqa yuzaning yeyilish tezligi yuqori bo'lishiga sabab bo'ladi.



5.3-rasm. Diffuzion yeyilish sharoitlarida po'latga volfram-kobaltli asbob bilan ishlov berishda yeyilish maydonchasi h_o (mm) kattaligining kesish vaqti T_{h_o} (min) ga bog'liq ravishda o'zgarishi [16]:

1 – υ = 220 m/min;
2 – υ = 162 m/min;
3 – υ = 85 m/min.

Nisbatan yuqori kesish tezliklarida ishlov berilib, orqa yuzaning yeyilishi diffuziya tufayli yuz berganda kesish tezligi ortgan sari yeyilish tezligi ham ortib boradi. 5.3-rasmda po'latga qattiq qotishmali asbob bilan yuqori tezlikda ishlov berilganda orqa yuzaning vaqtga bog'liq yeyilish egri chiziqlari tasvirlangan.

Oksidlanib yeyilish. Katta tezliklarda yuz beradigan jadal plastik deformatsiya ta'sirida plastik deformatsiya hududida metall xossalari tubdan o'zgaradi. Jumladan, vakansiyalar sonining keskin ortishi natijasida kristall panjarada atomlarning diffuzion harakatchanligi haddan tashqari tez o'sadi. Bu havodagi kislorodning asbob tig'i atrofida plastik deformatsiyalanayotgan o'tish hududi orqali kontakt yuzalarga kirib borishiga imkon beradi. Kesish harorati 700...800°C bo'lganda kislorod qattiq qotishmaning kobalt fazasi hamda volfram va titan karbidlari bilan kimyoviy reaksiyaga kirishadi, bunda kobalt eng kuchli oksidlanadi. Metall-keramik qattiq qotishmalarning g'ovakligi ancha yuqori bo'lganligi tufayli oksidlanish jarayoniga faqat asbobning kontakt yuzalarigina emas, bu yuzalardan birmuncha chuqurlikda joylashgan qattiq qotishma zarralari ham tortiladi. Oksidlanish mahsulotlarining qattiqligi qattiq qotishmalar qattiqligidan 40...60 marta kam bo'ladi. Kobalt fazasining sezilarli darajada yumshab qolishi natijasida qotishmaning monolitligi buziladi, volfram va titan karbidlarining donlari bilan sementlovchi bog'lama o'rtasidagi bog' bo'shashadi. Bu hol karbid donlarining asbobning old va orqa yuzalarida faoliyat ko'rsatuvchi ishqalanish kuchlari tomonidan tortib olinishi va mazkur yuzalarning yeyilishi uchun qulay sharoit yaratadi.

Qattiq qotishmalarning oksidlanishga moyilligi ularning kimyoviy tarkibi bilan belgilanadi. Bir karbidli qotishmalar ikki karbidli qotishmalarga qaraganda kuchliroq oksidlanadi. Qattiq qotishma

tarkibida kobalt miqdorining ortib borishi bilan oksidlanish tezligi va jadalligi o'sadi. Kesishda argon, geliy, azot singari inert gazlarning qo'llanilishi oksidlanish hodisalarining rivojiga sezilarli darajada to'sqinlik ko'rsatadi.

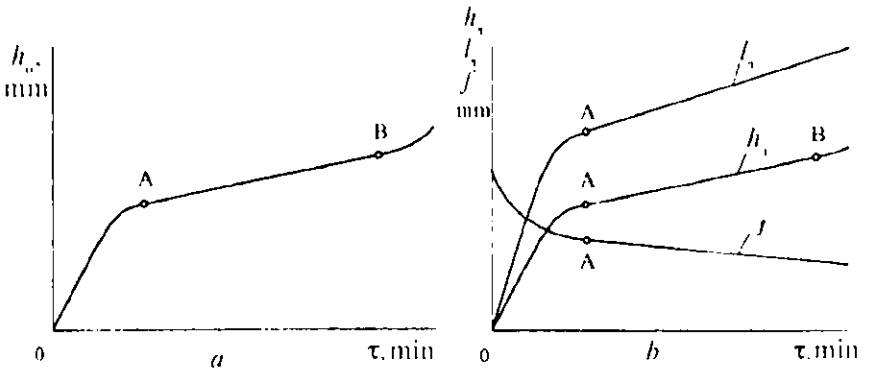
Asboblar yeyilishining jamlangan mexanizmida oksidlanish jarayonlari faqat 700...900°C oralig'idagina katta ahamiyatga ega bo'ladi.

5.2. Yeyilishning vaqt bo'yicha rivojlanishi

Keskichning o'tmaslashishi quyidagi asosiy belgilar bilan tavsiflanadi: ishlov berilgan yuzada yaltiroq chiziqning paydo bo'lishi, kesish jarayonida quvvat va zo'riqishning ortishi, keskichning kesuvchi qismida, qirindida, ishlov berilayotgan detalda haroratning ko'tarilishi, kesuvchi tig'ning chatnab uchishi, DMAD (SPID) — dastgoh — moslama — asbob — detal tizimida tebranishlarning paydo bo'lishi, o'ziga xos ovoz chiqishi, ishlov berilgan yuza sifatining yomonlashuvi, asbobning old va orqa yuzalarida yeyilish kattaligining yeyilishning belgilab qo'yilgan yo'l qo'yiladigan kattaligiga yetishi.

Yeyilishga baho berishda asosiy belgi sifatida orqa yuza yeyilishi maydonchasining kengligi, qo'shimcha belgi sifatida esa old yuza yeyilishining kattaligi (kemtikning chuqurligi va eni) qabul qilinadi.

Yeyilishining vaqt davomida rivojlanishining grafik tasviri yeyilish egri chizig'i deyiladi. Orqa (*a*) va old (*b*) yuzalar yeyilishiga xos egri chiziqlar 5.4-rasmda ko'rsatilgan.



5.4-rasm. Keskich yeyilishining uning ishlash vaqtiga bog'liqlik egri chiziqlari:

a — orqa yuza bo'yicha; *b* — old yuza bo'yicha.

Orqa yuza bo'yicha yeyilish egri chizig'i uch yoki ma'lum darajada aniqlikda ifodalangan qismlardan iborat. Egri chiziqning *OA* qismi yeyilish maydonchasi kengligining jadal o'sib borishini ko'rsatadi va asbobning ishga tushish davriga mos keladi. Keyingi ish jarayonida yeyilishning o'sib borishi susayadi, chunki yeyilish maydonchasida uning o'lchamlari kattalashib borgan sari kontakt tegishuv zo'riqishlari kamayadi. Egri chiziqning *AB* qismi asbobning normal yeyilish davriga mos keladi. Chiziqli yeyilish muayyan kattalikka yetganda haroratning ko'tarilishi oqibatida yana keskin o'sa boshlaydi va yeyilish egri chizig'i to'satdan yuqoriga ko'tariladi. Egri chiziqning *B* nuqtadan keyingi qismi asbobning halokatli yeyilish davriga mos keladi. Bu davrda yeyilish shu qadar tezlashadiki, agar ish to'xtatilmasa, bu orqa yuzaning haddan tashqari katta yeyilishiga olib kelishi mumkin. Bunda charxlash harakatlari soni keskin kamayadi, charxlashga sarflangan vaqt miqdori ortadi.

Asbobdan foydalanishda shunday payt bo'ladiki, bunda kesish to'xtatilishi va asbobni qayta charxlash lozim. Charxlashdan qayta charxlashgacha bo'lgan to'xtovsiz ish rejimida asbobning to'xtovsiz ishlash vaqti asbobning turg'unligi deyiladi.

Asbobning o'tmaslanish payti yeyilish mezonlari yordamida belgilanadi. Ikki xil mezon qo'llaniladi: optimal yeyilish mezoni va texnologik yeyilish mezoni. Har ikki mezonda ham asos sifatida orqa yuzaning chiziqli yeyilishi qabul qilinadi, chunki asbobning orqa yuzasi doimo, har qanday materiallarga ishlov berilganda va kesishning istalgan rejimida, yeyiladi va yeyilish maydonchasining kengligini o'lchash yeyilish kemtigi chuqurligini o'lchashga qaraganda osonroq kechadi. Optimal yeyilish deganda asbob turg'unligining jamlangan davri eng yuqori $T_{jam} \approx iT$ kattalikka erishadigan yeyilish tushuniladi, bunda i — asbobning to'liq amortizatsiyasigacha yo'l qo'yiladigan qayta charxlashlar soni; T — turg'unlik davri. Optimal yeyilish mezoni laboratoriyada xomaki va qisman tozalab ishlov berishga mo'ljallangan asboblarning turg'unligini belgilashda keng qo'llaniladi.

Texnologik yeyilish mezoni qo'llanilganda, orqa yuzaning chiziqli yeyilishi texnologik yeyilishga teng bo'lgan qiymatga yetganda asbob o'tmaslashgan hisoblanadi. Texnologik yeyilish deganda asbobning ishlashi texnologik cheklashlar tufayli to'xtatilishi tushuniladi. Bunday cheklashlarga ishlov berilgan yuza g'adir-budurligining keskin ortishi; SPID tizimida tebranishlarning paydo bo'lishi, asbobning o'z zarur o'lchamlarini yo'qotishi va

boshqalar kiradi. Texnologik yeyilish mezoni, asosan, tozalab ishlov berishga mo'ljallangan asboblarni tadqiq etishda va foydalanishda qo'llanadi.

Tokarlik keskichlari yeyilishining yo'l qo'yiladigan kattaliklari me'yoriy hujjatlarda ko'rsatiladi. Tezkesar po'latlardan yasalgan keskichlar uchun ishlov berishda eng yuqori taxminiy qiymatlar quyidagicha: sovitib turib po'lat va cho'yan uchun h_0 = 1,5...2 mm, sovitilmasdan h_0 = 0,3...0,5 mm, kulrang cho'yan uchun h_0 = 1,5...4,0 mm. Qattiq qotishmadan tayyorlangan keskichlar uchun po'lat va rangli metallarga ishlov berishda h_0 = 0,8...2,0 mm, cho'yanga ishlov berishda h_0 = 0,8...1,7 mm. Tozalab ishlov berishda xomaki ishlov berishga qaraganda yeyilish kattaligi taxminan ikki marta kam yo'l qo'yiladi. Odatda, yeyilish kattaligi mikroskop yoki Brinnel lupasi yordamida o'lchanadi. Kesish jarayonida turli omillarning asbobning yeyilish jadalligiga ta'sirini tadqiq etishda radioaktiv izotoplar va mikrorentgenspektral tahlil kabi hozirgi zamon usullaridan foydalaniladi. Radioaktiv izotoplar usuli qo'llanilganda plastinkalar qattiq qotishma yoki tezkesar po'lat namunalari atom reaktorlari yoki elementli zarrachalar tezlatgichlarida oldindan nurlantiriladi. Bunday ishlov berish natijasida qattiq qotishma yoki tezkesar po'lat tarkibidagi volframning bir qismi β-nurlarini chiqaruvchi, yarim parchalanish davri 24 soat bo'lgan radioaktiv izotopga aylanadi. Kesuvchi asbobning yeyilish mahsuloti tarkibida volfram izotopining belgilangan atomlari bo'ladi. Ma'lum miqdordagi qirindi radioaktivlik darajasini qayd etuvchi datchikli konteynerga joylanadi. O'lchagichlar impulslarining umumiy soniga qarab, plastinkalar — atom reaktoridagi namunalar aktivatsiyalashuvi bilan o'lchash boshlangan payt o'rtasidagi vaqt mobaynidagi parchalanish darajasini e'tiborga olib hisoblash yo'li bilan qirqilgan qirindidagi yeyilish mahsulotlarining umumiy massasi topiladi. Ishlov berilgan yuzada qolgan yeyilish mahsulotlari o'ta sezgir, tegishlicha usulda ishlov berilgan yuzaga qo'yilgan fotoplyonka yordamida qayd etiladi. Ochiltirilgan fotoplyonkaning qorayib qolgan joylari yoki avtoradiagrammalar izotoplarning mavjudligini va ularning ishlov berilgan yuzada taqsimlanishini ko'rsatadi. Biroq avtoradiogrammalarni suratga olishning kontakt usulining hal etish qobiliyati past bo'lib, plyonkaning o'rganilayotgan namuna bilan jips kontaktdagi holatidagina 20...100 mkm ga yetadi. Oraliq kengayishi bilan avtoradiogrammalarining ruxsat etish xususiyati keskin pasayadi va plyonkada

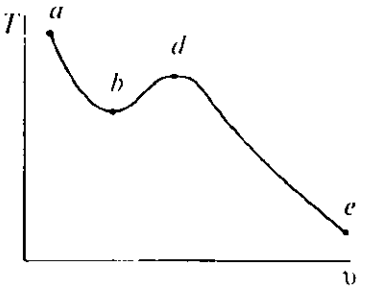
qorayishlar o'lchamlari yeyilish zarrachalari o'lchamlarining taxminiy qiymatini ham bera olmaydi. Bu hol, eng avvalo, shu bilan izohlanadiki, radioaktiv moddadan chiqayotgan nurlanish hamma yo'nalishda tarqalib ketadi, shuning uchun har bir, hatto yo'qolib borayotgan kichik qismga ham emulsiyaning qorayish diffuziya hududi mos keladi.

So'nggi paytlarda metallarni kesish jarayonini tadqiq etishda ko'proq rastrli elektron mikroskoplar rentgenospektral mikroanalizator (mikrozond) lar bilan birga qo'llanilmoqda. Bu apparatura quyidagi xarakteristikalarga ega: kafolatli ruxsat etish (60...150) Å; elektron-optik kattalashtirish 5...200000; elektron nur bog'lamining tadqiq etish yuzasi va chuqurligi bo'ylab lokalligi 1 mkm. Bu usul tez harakat qiluvchi elektron bog'lamdan foydalanishga asoslangan. Uning yordamida kesuvchi tig'ning yuzalarini qirindining keskich oldi tomonidagi hamda ishlov berilgan va kesish yuzalaridagi asbobsozlik materialining yeyilish mahsullarini tadqiq etish mumkin. Mikrozondli elektron rastrli mikroskoplarda namunaning relyefi uning yuza qatlami tarkibidagi kimyoviy elementlarning miqdor va sifat tahlili orqali o'rganiladi.

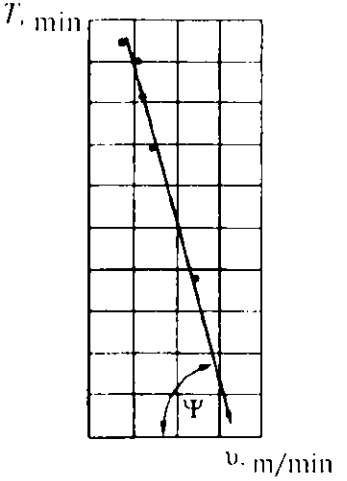
Elektron rastrli mikrofotografiyalarni talqin etishda ular namunaning shunchaki tasviri bo'lib qolmay, elektron bog'lamning (zondning) namunaning yuza qatlami bilan o'zaro fizik ta'siri natijasi ekanligini hisobga olish kerak. Topografik qarama-qarshilik, asosan, yuza lokal qismining zondga nisbatan og'ish burchagining o'zgarishida elektron nurlanish jadalligining qayd qilinuvchi o'zgarishlari bilan bog'liq. Tasvirlar shakllantirilgan yoki elektronlar tomonidan qaytarilgan yoki ikkilamchi bo'lishi mumkin. Ikkilamchi elektron bog'lamlari namunaning elektronlar yog'dirilayotgan yuzasidan uchib chiqayotgan ionlarning barcha turlari tomonidan hosil qilingan real tasvirni aks ettiradi. Bog'lam mass-spektrometrda alohida elementli tasvirlarga bo'linadi va ularning har biri ayrim elementlarning ionlariga mos bo'ladi. Mass-spektrometrini rostlab namunaning maxsus tekshirilgan, o'rganilgan yuzasida qidirilayotgan kimyoviy elementning taqsimlanish manzarasini izchil kuzatish va plyonkaga tushirish mumkin.

5.3. Kesuvchi asbobning turg'unligi

Har qanday asbobning turg'unligi ishlov berilayotgan va asbobsozlik materialining fizik-mexanikaviy xossalari, kesuvchi asbobning geometrik parametrlari, kesish rejimi va qo'llaniladigan



5.5-rasm. Asbob turg'unlilik davri T ning kesish tezligi υ ga umumiy bog'liqligi.



5.6-rasm. Po'latni qattiq qotishmali keskich bilan yo'nishda kesish tezligi υ bilan turg'unlik davri T o'rtasidagi bog'liqlik.

moylash-sovitish texnologik muhitiga bog'liq. Asbobning turg'unligiga kesish tezligi katta ta'sir ko'rsatadi. Tezlik va turg'unlilikning bog'liqligi hozirgi paytda faqat tajriba orqali, bir omilli tajriba usulidan foydalanib, aniqlanadi.

Kesish tezligi bilan turg'unlik davri orasidagi bog'lanish monoton bo'lishi, uzluksiz pasayib boruvchi, giperbolaga yaqin egri chiziq orqali ifodalanishi yoki monoton bo'lmasligi, ikki burilishli egri chiziq orqali ifodalanishi mumkin (5.5-rasm). Agar T ning υ ga bog'liqligi monoton bo'lsa yoki o'rkachsifat egri chiziqda uning faqat pasayib boruvchi yoki ko'tarilib boruvchi *ab*, *bd* yoki alohida *de* qismlari ahamiyatga ega bo'lsa, u holda turg'unlik davrining kesish tezligiga bog'liqligini darajali funksiya orqali ifodalash qulay:

$$T = \frac{C}{\upsilon^m}. \qquad (5.1)$$

Chiziqli logarifmlilik approksimatsiya asosida m ko'rsatkich ikkilangan logarifmik jadvalga tushirilgan tajriba nuqtalari bo'ylab o'tkazilgan abssissa o'qiga to'g'ri chiziq og'ish burchagining tangensiga teng (5.6-rasm). Agar turg'unlilik davri bilan tezlik yoki boshqa bir omil o'rtasidagi bog'liqlik monoton bo'lmasa va egri chiziqni butunligicha tasvirlash lozim bo'lsa, u holda qidirilayotgan bog'liqlik Furye qatorlari orqali approksimatsiya qilinadi. Kesish, shuningdek surish va chuqurlilik tezligining keskich turg'unligiga ta'sirini aniqlashda uch turkum tajribalar o'tkazilib, uchta juz'iy bog'liqliklar hosil qilinadi va ular bitta umumiy bog'liqlikka birlashtiriladi:

$$T = \frac{C}{\upsilon^{m} S^{p} t^{q}}. \qquad (5.2)$$

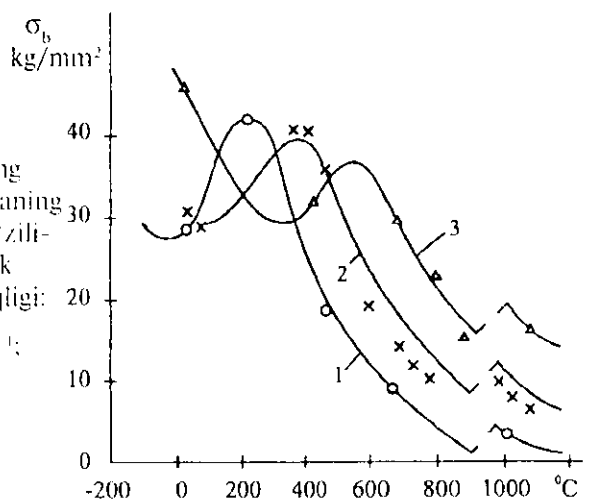
Aniqlangan bog'liqlik umumiy xarakterga ega bo'lib faqat yo'nish uchungina emas, balki boshqa har qanday ish turi (parmalash, qirralarni frezerlash, sidirish va h.k.) uchun ham to'g'ridir. Yuqorida aytib o'tilganlarga asoslanib, keskich bilan yo'l qo'yiladigan tezlik tashqi bo'ylama yo'nish paytida quyidagi ifodadan hisoblanishi mumkin:

$$\upsilon = \frac{C_{\upsilon}}{T^{m} S^{x_{\upsilon}} t^{y_{\upsilon}}} K_{\upsilon}, \text{ m / min}, \qquad (5.3)$$

bu yerda: C_{υ} – ishlov berilayotgan material va ishlov berish sharoitlarini xarakterlovchi koeffitsiyent; x_{υ}, y_{υ} – daraja ko'rsatkichlari, keskich materialiga bog'liq koeffitsiyentlar; K_{υ} – C_{υ} koeffitsiyenti qiymati berilgan ishlov berish sharoitlari o'zgarishiga qo'llaniladigan umumiy tuzatish koeffitsiyenti.

5.4. Turg'unlikning fizik tabiati

Kesish jarayonida harorat-tezlik omilni hisobga olish zarur, chunki kesish tezligi kesish haroratiga, u esa o'z navbatida deformatsiya tezligiga ta'sir ko'rsatadi. Kesuvchi asbobning turg'unligi va yeyilishi bilan bog'liq masalalarni ko'rib chiqishda mazkur qoida, faqat ishlov berilayotgan materiallarga emas, balki deformatsiya tezligiga ham bog'liq bo'lishi kerak.



5.7-rasm. Temirning harorat va deformatsiyaning nisbiy tezligidan cho'zilishida mustahkamlik chegarasining bog'liqligi:

1 – $\dot{\varepsilon} = 8{,}55 \cdot 10^{-5}$ c^{-1};

2 – $\dot{\varepsilon} = 0{,}51$ c^{-1};

3 – $\dot{\varepsilon} = 150$ c^{-1}.

Kesish tezligi qirindi hosil bo'lish hududida ishlov berilayotgan materialning ham, asbobsozlik materiallarining ham deformatsiyalanish tezligini belgilaydi. Kesish tezligi ortib borishi bilan kesilayotgan qatlamning deformatsiyalanish tezligi keskin o'sadi. Qirindi hosil bo'lish jarayoni uning elementlarining izchil siljishidan iborat bo'lgani tufayli asbobning ish yuzalariga tushadigan zo'riqish davriy xarakterga ega bo'ladi, bunda davrning tez takrorlanishi kesish tezligining ortib borishi bilan bog'liq holda ortib boradi. Ayni paytda shu narsa ma'lumki, metallarning mexanik xossalari faqat haroratgagina emas, deformatsiya tezligiga ham bog'liqdir.

5.7-rasmda temirning harorat va deformatsiyaning nisbiy tezligidan cho'zilishi paytidagi mustahkamlik chegarasining bog'liqliklari ko'rsatilgan. Har uchta egri chiziqda ham „ko'karib sinish bukrligi" ifodalangan. Ko'rinib turibdiki, deformatsiya tezligining ortishi bilan mustahkamlikning eng yuqori ko'rsatkichlari ancha yuqori harorat tomonga siljiydi, ularning absolut kattaligi kamayadi. Bunday ma'lumotlar po'latlar uchun ham mavjud.

Yeyilish — bu plastik deformatsiyalar va ishqalanuvchi yuzalar yupqa qatlamining buzilishi natijasi bo'lib, metall yeyilayotgan hajmining mexanik xossalariga bog'liq. Mustahkamlik va plastiklik haqidagi hozirgi zamon tasavvurlari dislokatsiyalar nazariyasiga asoslanadi. Bunda metallda erib ketuvchi aralashmalar atomlariga katta ahamiyat beriladi. Hajm bo'ylab tartibsiz ravishda tarqalib ketgan erigan atomlar deformatsiya jarayonida qattiq eritmaning mustahkamlanishi uchun xizmat qila olmaydi.

Muayyan sharoitlarda eng kam energiya miqdori prinsipidan kelib chiqib metallda erigan aralashma atomlari dislokatsiyalar atrofiga jamlanadi va bu dislokatsiyalarga to'sqinlik ko'rsatib, ularning harakatini to'xtatgan holda „Kottrell atmosferasi" deb ataluvchi atmosferani hosil qiladi. Shu sababli dislokatsiyalar atrofida „Kottrell atmosferalari" hosil bo'lgan sharoitlarda dislokatsiyalarning siljishi uchun zarur bo'lgan muvozanat kuchlanishlari o'sadi. Bunda „Kottrell atmosferalarini" hosil qilish uchun erigan elementlarning juda oz miqdori kifoyadir. Juda kuchli deformatsiyalangan metallarda dislokatsiyalar zichligining eng katta miqdori taxminan 10^{12} sm^{-2} bo'lganligi sababli dislokatsiya bo'ylab bir atom oralig'iga bitta erigan atom to'g'ri keladigan konsentratsiyaning hosil bo'lishi uchun erigan atomlar tarkibi hammasi bo'lib 0,1% ni tashkil etishi yetarlidir.

Sudralib siljish jarayonida sudralib siljishning berilgan tezligi uchun shunday harorat mavjudki, unda erigan atomlarning harakatchanligi dislokatsiyani ushlab qolish uchun kifoya va qotishmalar mustahkam bo'lib chiqadi. Ancha yuqori haroratlarda atomlarning harakatchanligi dislokatsiyalarni ushlab qolishga imkon bermaydigan darajada katta bo'ladi va metallning mustahkamligi buziladi. Mustahkamlikning eng yuqori ko'rsatkichi erigan modda siljiyotgan atomlarining tezligi dislokatsiya markazida dislokatsiyaning o'z siljish tezligiga teng bo'lganda kuzatiladi. Diffuziya koeffitsiyentining eng qulay qiymati siljishning tezligi bilan belgilanadi. Masalan, siljishning yuqori tezliklarida qotishmani mustahkamlovchi legirlovchi element past tezliklarda o'z samarasiga ko'ra boshqa elementlardan yomonroq bo'lib chiqishi mumkin, o'z navbatida mazkur elementlar siljishning yuqori tezliklarida samara bermaydi.

Uglerodli po'latlarni sinashda mustahkamlik — harorat egri chizig'ida „ko'karib sinish bukrliklari" ning mavjudligi ham „Kottrell atmosferalari" yordamida izohlanadi. Bunda dislokatsiyalar yo'lini to'sish qattiq eritmada joylashgan azot va uglerod atomlari tomonidan amalga oshiriladi. Deformatsiyaning ko'rsatib o'tilgan tezliklarida eng yuqori mustahkamlik shunday haroratda bo'ladiki, bunda azot va uglerod erigan atomlarining diffuzion siljish tezligi dislokatsiyalar harakati tezligiga teng bo'ladi. Yanada yuqori haroratda erigan atomlarning harakatchanligi dislokatsiyalarning harakat tezligidan ortiq bo'ladi va ular mazkur siljishlarga hech qancha sezilarli ta'sir ko'rsata olmaydi. Aksincha, harorat ancha past bo'lganda erigan atomlarning harakatchanligi yetarli bo'lmaydi va ular dislokatsiyalar bilan birga siljishga ulgura olmaydilar. Bu hol dislokatsiyalarning „Kottrell atmosferalari" dan uzilib qolishiga va ularning metallda u yoki bu darajada erkin harakat qilishiga olib keladi. Shunday qilib, deformatsiyalanish tezligi va haroratning muayyan birikmasi mavjud bo'lib, unda po'latning mustahkamligi eng yuqori qiymatga ega. Deformatsiyalanish tezligining ortishi bilan dislokatsiyalarning „Kottrell atmosferalari" tomonidan to'sib qo'yilishi ancha yuqori haroratlarda yuz beradi, shunga ko'ra eng yuqori mustahkamlik yanada yuqori haroratlar hududiga siljiydi.

Hozirgi paytda deformatsion eskirish yordamida (plastik deformatsiya jarayonida dislokatsiyalar zichligining ortishi va keyin ularning erigan atomlar bilan to'sib qo'yilishi) metallarni mexanik sinovdan o'tkazish vaqtida kuzatiladigan ko'p hodisalar aniq-

lanmoqda: „tish" hosil bo'lishi, oquvchanlik maydonchasining yuzaga kelishi, charchashning fizik chegarasi va boshqalar. Bu hodisalarning sababi soxta qayishqoq hududdagi qalinligi don o'lchamida bo'lgan yuza qatlamlaridagi plastik deformatsiyalar bilan izohlanadi. Yuza qatlamlarining yana ham oldingi oqimi qator sabablarga ko'ra yuz beradi: mahkamlanishning bir tayanch nuqtasiga ega bo'lgan yuzalar oldi dislokatsiyalar manbalarining mahkamlanish xususiyati; zo'riqish konsentratlarining mavjudligi va hokazo. Bunday plastik deformatsiya natijasida va deformatsion eskirishning dinamik jarayonlari hisobiga yuza qatlam bo'shashgan qatlamdan mustahkamlangan qatlamga aylanadi. Deformatsiyalanish davom etganda u dislokatsiyalarning metall hajmidan yuzaga chiqishiga to'siq bo'ladi. Yuza qatlamning to'siqlik effekti faqat deformatsiyalanish tezligining muayyan diapazonlarida namoyon bo'lishi kerak, chunki u dinamik effekt bo'lib, plastik deformatsiyaning, namunaning kesimi bo'ylab yuz berishi kinetikasi bilan bog'langan.

Metallarning mexanik xossalariga yuzada joylashgan metall va oksid pardalar ham salmoqli ta'sir ko'rsatadi. Yuza plyonkalar dislokatsiyalarning yuza manbalarini bosish hisobiga hamda plyonka bir qismining kuchli deformatsiyalangan yuza qatlamlarida erishi va undan keyin dislokatsiyalarning „Kottrell atmosferalari" bilan to'sib olinishi evaziga metallning mustahkamlanishini keltirib chiqarishi mumkin. Bunda natija deformatsiyalanishning harorat-tezlik sharoitlariga bog'liq bo'ladi.

Asosiy metall va pardaning qayishqoqlik modullarining muayyan nisbatlarida parda dislokatsiyalarning yuzaga chiqishini to'sib qo'yadi va dislokatsiyalar metall-parda chegarasida to'plana boshlashiga sabab bo'ladi. Bu hol mazkur hududda mikroyoriqlar hosil bo'lishi va metallning kichik deformatsiyalarda buzilishiga olib keladi. Harorat o'zgarishi bilan parda va asosiy metallning qayishqoqlik modullari o'rtasidagi nisbat o'zgaradi, shunga ko'ra pardaning „to'sqinlik effekti" xuddi mustahkamlangan yuza qatlami singari deformatsiyalanishning muayyan sharoitlarida namoyon bo'ladi.

Yuqorida aytib o'tilganlardan shunday xulosa qilish mumkin: plastik deformatsiyalar va ish yuzalarining buzilishi natijasi bo'lgan kesuvchi asbobning yeyilishi va turg'unligi, asbobsozlik materialining mexanik xossalari bilan tushuntiriladi va bu boshqa bir xil sharoitlarda kesuvchi asbob faol qismlarining zo'riqishining harorat-tezlik omillariga va oksid pardalarning yeyiladigan qismlarida oksidlarning mavjudligiga bog'liq bo'lishi kerak.

6-BOB | Moylash-sovitish texnologik muhitining kesish jarayoniga ta'siri

6.1. Muhit bilan kesish jarayoni o'zaro ta'sirlashgandagi fizik-kimyoviy hodisalar

Metallarni kesish jarayoniga ta'sir ko'rsatuvchi muhim omillardan biri moylash-sovitish texnologik muhitidir (bundan keyin qisqacha MSM atamasi qo'llaniladi, bunda moylash-sovitish muhitining keng spektri: suyuqlik, qattiq va gazsimon muhit ko'zda tutiladi).

Kesishda MSM ning qo'llanilishi ishlov berilgan yuza sifatini oshirishning samarali vositalaridan biri hisoblanadi. MSM ayiruvchi pardalar hosil bo'lishini ta'minlab ishqalanishni kamaytiradi, qirindi hosil bo'lish jarayonini yengillashtirib, kesish haroratini pasaytiradi va g'adir-budurlik, ishlov berish sifatini yaxshilaydi hamda ko'p hollarda kesuvchi asbobning turg'unligini oshirishga zamin tayyorlaydi. Biroq, ba'zi holatlarda MSM asbobning turg'unliligini pasaytiradi, ba'zan bu hol ancha sezilarli bo'ladi.

Moylash-sovitish texnologik muhiti metallarga ishlov beruvchi jihozlardan samarali foydalanishni va metallarga ishlov berishning yangi ilg'or usullari va texnologik jarayonlarini o'zlashtirishni ta'minlovchi vositalar majmuyining tarkibiy qismi hisoblanadi. Amaliy tajriba shuni ko'rsatadiki, MSM dan oqilona foydalanish hisobiga kesuvchi asboblarning turg'unliligini 1,3...5 va bundan ortiq martagacha, ishlov berilgan detallarning aniqligini va ishlov berilgan yuzalarning foydalanish xossalarini hamda mehnat samaradorligini 1,1...2 martagacha oshirish mumkin.

MSM va gaz muhitini qo'llash avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish sharoitida hamda issiqqa chidamli va zanglamaydigan po'latlarga kesib ishlov berishda alohida ahamiyat kasb etadi. Shuning uchun suyuqliklar va gaz muhitining yangi xillarini hamda ularni kesish hududiga uzatishning texnik vositalarini ishlab chiqishga katta e'tibor berilmoqda.

Kesishda mexanik energiyaning katta qismi issiqlikka aylanadi. Harorat alangalari paydo bo'luvchi submikrohajmlar kamida ishlov berilayotgan metallning erish haroratiga qadar qiziydi.

Ajralayotgan qatlamning o'ta jadal plastik deformatsiyasi metallning kristall ion panjarasiga ta'sir qiluvchi katta o'zgarishlarni vujudga keltiradi: u deformatsiyalanadi; uning parametrlari o'zgaradi

va shunga muvofiq ortiqcha ichki energiya to'planadi; qizish natijasida ionlar tebranishining amplitudasi ularning markaziy holatiga nisbatan o'zgaradi, bu ionlarning panjara tugunlaridan uzoqlashish ehtimolini oshiradi va katta miqdordagi vakansiyalar hamda dislokatsiyalangan atomlarning paydo bo'lishiga olib keladi; kristall panjaraning boshqa nuqsonlari soni ulkan miqyosda oshadi, bunda eng avvalo, dislokatsiyalar ko'payadi (sm^2 yuzaga 10^{12} gacha); erkin elektronlarning energetik spektri ular energetik saviyasining ko'tarilishi tomoniga o'zgaradi; atomlar va ionlarning elektron orbitalarida joylashgan elektronlarning energetik holati o'zgaradi — ular harakatga keladi, ularning atom yadrosi bilan aloqasi shu darajada zaiflashadiki, plastik deformatsiyalanayotgan metall yuzalardan elektronlar oqimini tarqatadi, bu jarayon metall bog'lanishlarning uzilishi hamda metall jismlar makro- va mikrohajmlarining birgalikda zarblanishi paytida jadalroq kechadi.

Metall yuzani tark etgan elektronlarning tashqi muhit molekulalari ustiga yog'dirilishi ularning ionlashuvi yoki kimyoviy jihatdan ancha faol bo'lgan radikallar — zarrachalarning hosil bo'lishiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Kesish paytida paydo bo'luvchi metall yuzalar atrof-muhitda sodir bo'layotgan qator boshqa jarayonlar uchun kuchli katalizator bo'ladi.

Kesishda hosil bo'lgan qirindi, ishlov berilayotgan detal va asbobdagi yuzalar hamda tashqi muhit zarrachalari juda kuchli faollashgan va aynan shuning uchun bir-biri bilan o'zaro faol ta'sirlashadi. Bunda yuz beruvchi va muvozanatsiz termodinamika qonunlari bilan tushuntiriladigan reaksiyalar va ularning tezligi odatdagi sharoitlarda mavjud bo'lishi mumkin bo'lmagan birikmalarning hosil bo'lishiga olib kelishi mumkin.

Hozirgi paytga kelib, harakatchan tutashuv vaqti mobaynida friksion juftlar chegaralarida asbob-detal keng miqyosdagi fizik-kimyoviy o'zaro ta'sirlarni u yoki bu darajada amalga oshirishga, ulgurishini tasdiqlovchi qator dalillar aniqlangan. Ularning barchasi birinchi navbatda ishqalanuvchi yuzalar va ularga yaqinroq bo'lgan tashqi muhit zarrachalarining o'ziga xos energetik holati bilan bog'liq.

Tashqi muhit komponentlari orasida kislorodning o'rni, ayniqsa muhimdir. Qirindining kontakt yuzasi ham, detalning ishlov berilgan yuzasi va asbobning kontakt yuzalari ham kislorod bilan reaksiyaga kirishadi. Tashqi muhit oson kirib boruvchi joylarda oksid pardalar hosil bo'ladi. Bunday joylar qatoriga kontakt maydon-

chalarning barcha perimetriga yondashgan hududlari kiradi. Kontakt maydonchalarning ichki qismida nisbatan yupqa oksid pardalarning orolchalari, kristall panjarada kislorodning qattiq eritmasi hududlari, kimyoviy sorbsiyalangan (singdirilgan) va fizik adsorbsiyalangan (singdirilgan) kislorodli hududlar paydo bo'ladi. Asbobda kislorod bilan reaksiyaga kirishish natijasida paydo bo'lgan tuzilmalar kesish jarayonida uzluksiz buziladi va qayta tiklanadi.

O'simta va yopishqoq qirindi qipiqlarining (nali plarning) hosil bo'lish jarayoni ham, metall yuzalarning kislorod bilan o'zaro ta'sir reaksiyalari ham ko'proq adgezion-diffuzion hodisalardir, ammo ular bir-biri bilan raqobatda bo'ladi. Demak, o'zaro ta'sir natijasi oxir-oqibatda mana shu ikki adgezion-diffuzion hodisalardan qaysi biri tezroq amalga oshishiga bog'liq bo'ladi.

MSM va gaz muhitining metallarning kesib ishlov berilishini orttirishga imkon beruvchi quyidagi asosiy fizik-kimyoviy ta'sirlar farq qiladi:

1) asbob ish yuzalarining qirindi va zagotovkaning ishlov berilayotgan yuzasi bilan ishqalanishini kamaytirish — moylovchi ta'sir;

2) asbob ish yuzalarining qizish haroratini pasaytirish — sovituvchi ta'sir;

3) plastik deformatsiya va kesiluvchi qatlamning buzilishi uchun zarur bo'lgan ish va kuchlanish kattaligini kamaytirish hisobiga kesish jarayonini yengillashtirish— dispergirlovchi (buzuvchi ta'sir);

4) qirindi va yeyilish zarrachalarini kesish hududidan olib ketish va uzoqlashtirish — yuvuvchi ta'sir;

5) kesish jarayonida hosil bo'lgan detal ishlov berilgan yuzalarini havo atmosferasining zararli ta'siridan kimyoviy himoya qilish. Mazkur MSM va gaz muhitlaridan foydalanish kesish jarayonining unumli va yuqori sifatli bo'lishini ta'minlaydi.

MSM dan ishlab chiqarish sharoitlarida samarali foydalanish uchun yuqorida aytib o'tilgan yuqori texnologik xususiyatlarning o'zi kifoya qilmaydi. Zarur bo'lgan yo'ldosh ekspluatatsion xususiyatlar ham ta'minlanishi kerak va ularga quyidagilar kiradi: korxona-iste'molchi sharoitlarida tayyorlashning osonligi, barqarorlik, tayyorlanayotgan detal va jihozga korroziyalovchi ta'sirning bo'lmasligi, operatsiyalar o'rtasidagi davrda ishlov beriluvchi detallar konservatsiyasi, dastgohning bo'yoq qoplamasiga erituvchi ta'sirning va elektr jihozlar qoplamasi izolatsiyasiga yemiruvchi ta'sirning bo'lmasligi, bakteriologik barqarorlik, sovuqqa

chidamlilik, qoniqarli tibbiy-gigiyenik xossalar, oqa suvlarga tashlash oldidan oson parchalanib ketish va hokazo. MSM ga qo'yiladigan bu talablarning bajarishining muhimligi to'xtovsiz ortib boradi va mazkur vazifa MSM ga yuqori texnologik xususiyatlar berishdan ko'ra murakkab.

MSM ning asbobning ish yuzalari va ishlov berilayotgan zagotovka yuzasining kontakt hududiga kirib borishi quyidagicha amalga oshadi:

1. Kimyoviy o'zaro ta'sir kuchlarining ta'sirida qirindi va asbobning old yuzasi o'rtasidagi molekular tartibdagi oraliq orqali. MSM ning kesish hududiga kirib borishiga davriy uzilish va o'simta hosil bo'lish jarayonlari ko'maklashadi. O'simta zarrachalarining uzilishi paytida bir lahzalik vakuum (bo'shliq) hosil bo'ladi va MSM ana shu vakuumga tortiladi.

Bundan tashqari ishqalanish jarayonida kontakt yuzalarda MSM ning kirib borishini ta'minlaydigan ko'p sonli kapillarlar paydo bo'ladi.

2. Bevosita kesish hududi orqali, qirindi hosil bo'lish hududida ultramikroskopik darzlar borligi tufayli.

Suyuqlik va gaz muhitlarining moylovchi ta'siri kesish jarayonida bir-biriga teguvchi yuzalarda moylash pardalari hosil bo'ladi. Mazkur parda asbob materiali yoki ishlov berilayotgan zagotovka materialiga o'xshash bo'lgani uchun katta bosim ham uni siqib chiqarolmaydi.

Suyuqlik yupqa qatlamining qalinligi 0,1 mkm dan kam bo'lmaganda suyuqlik ishqalanishi yuz beradi deb, hisoblanadi. Moylash qatlami 0,1 mkm dan kam bo'lganda chegara ishqalanish yuz beradi. Bundan ham yupqaroq qalinlikda (bir molekula qalinlikda) adsorbsion moylash yuz beradi.

Moylash pardalarining shakllanishi MSM yuzadagi faol tashkil etuvchilarning adsorbsiyasi jarayonlari natijasida sodir bo'ladi. Yuzaning faol moddalari (YUFM) asimmetrik tuzilishga ega bo'lib, qutbli va qutbsiz qismlardan iborat. Ularning qutbli guruhlari metall yuzalarda mustahkam bog'langan yo'naltirilgan qatlamlar hosil qiladi. Qutblilarga tarkibida oltingurgut, fosfor, galogenlar va OH, COOH, NH_2, SOOH guruhi bo'lgan qismlar kiradi. Qutbsiz qism C_nH_{2n} va C_nH_{2n+1} ning qandaydir uglerodli guruhidan tashkil topadi.

Hosil bo'lgan parda ishqalanish kuchlari va haroratni molekular ta'sir kuchlarini Vander-Vaals nazariyasiga ko'ra bir necha yuz baravar kam kuchga almashtirib pasaytiradi. Masalan, 50% li emulsiya EN481 dan yasalgan namunalarning VK8, T5K10 va T15K6 bo'yicha ishqalanishdagi yeyilishini 11...55 marta kamaytiradi.

Kesishning past tezliklarida moylash suyuqligi tishlashib qolish hodisalariga katta ta'sir ko'rsatadi.

Kesishning katta tezliklarida kontakt hududida yuqori haroratning hosil bo'lishi moylash desorbsiyasiga va ishqalanish koeffitsiyentining ortishiga olib keladi. Bunda moylash suyuqlik tomonidan emas, bug'lar tomonidan amalga oshiriladi. Asbob yuza qatlamlarining materiali bilan kimyoviy ta'sirlashib, ular qattiq moylovchi vazifasini bajaruvchi kimyoviy birikmalarning yupqa pardalarini hosil qiladi. Masalan, xlor va oltingugurt o'zaro ta'sirlashganda moylash ta'sirini tegishlicha 400°C va 800°C gacha saqlab qoluvchi xloridlar va sulfidlarning pardalari hosil bo'ladi. Yog' kislotalarning metall bilan o'zaro ta'siri o'zining moylash xususiyatlarini 200°C gacha saqlab qoluvchi metall sovunlarning hosil bo'lishiga olib keladi. MSM ning sovitish xususiyati ularning issiqlik o'tkazuvchanligi, issiqlik sig'imi va yashirin bug hosil qilish singari issiqlik-fizik xossalari bilan aniqlanadi. Metallarni ho'llash xususiyatiga ega bo'lgan suyuqlik issiqlikni yutadi va qaytaradi, bu bilan qirindi va kontakt yuzalardagi haroratni pasaytiradi.

Samaradorlik MSM ni kesish hududiga uzatish usuliga ham bog'liq. Masalan, yuqori bosim bilan oqim tarzida sovitish odatdagi quyish yo'li bilan sovitishdan samaraliroq.

Kesish jarayonini MSM ning fizik-kimyoviy ta'siri tufayli yengillashtirish ta'sir ko'rsatishning fizik mexanizmlariga ko'ra bir-biridan farqlanadigan uchta asosiy yo'nalish bo'yicha amalga oshiriladi.

Avvalo, tashqi muhit ishlov berilayotgan materialni o'zida eritishi mumkin. Bu jarayon kimyoviy frezalash va kimyoviy jilolashda keng qo'llaniladi.

Kesib ishlov berishda tashqi muhit ta'sirining ikkinchi mexanizmi, ya'ni mustahkamlikni pasaytirovchi adsorbsion effekt yoki Rebinder effektidan iborat mexanizm kengroq qo'llaniladi. Agar kesish hududiga kiritilgan tashqi muhit yuza energiyasining nisbatan kam kamaytirsa u holda yuza plastiklovchi effektga, ya'ni yupqa yuza qatlamda plastik deformatsiyaning osonlashuvi va lokallashuviga erishiladi. Bu hol shu bilan izohlanadiki, sirt-aktiv tashqi muhit dislokatsiyalarning yuzaga chiqishini osonlashtiradi, ularning harakati esa plastik deformatsiyaning mohiyatini tashkil etadi. Agar ishlov berish hududiga kuchli sirt-aktiv muhit olib kirilsa, qattiq jismning mo'rtlashuvi va uning buzilish jarayonining osonlashuviga erishiladi. Mazkur guruhga kiruvchi hodisalarning

fizik mohiyati quyidagicha. Qattiq jism buzilayotganda uning ichki bog'lanishlari uziladi va qayta kuriladi. Agar ularni yengil harakatchan tashqi muhitning atomlari bilan o'zaro ta'sirga jalb qilishga qisman muvaffaq bo'linsa, bu holda haligi aloqalar zaiflashadi va oson uziladi.

Rebinder effektining namoyon bo'lishiga oksid pardalar to'sqinlik qiladi. Ular dislokatsiyalarning yuzaga chiqish yo'lini bekitib qo'yadi, natijada dislokatsiyalar plyonka ostida to'planadi, bu esa mikroyoriqlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Ammo oksid pardalarning bunday ta'siri turli harakat-tezlik sharoitlarida birdek namoyon bo'lmaydi, shu sababli kesishning shunday harorat-tezlik sharoitlari borki, ularda oksid pardalarning musbat ekranlovchi effektida musbat Rebinder effekti ham paydo bo'lishi mumkin.

Kesishning alohida qat'iy sharoitlarida kuchli sirt-aktiv muhitning ishlov berilayotgan materialga ta'siri, asbobsozlik kesuvchi materialga bo'lgan ta'siri singari bo'ladi va olinadigan umumiy samara ancha pasayadi, bu esa kesuvchi asbob materialini maxsus tanlashni talab qiladi.

MSM ning yuvish ta'siri ishlov berilayotgan hududdan qirindilar va asbobning yeyilish mahsulotlarini to'xtovsiz uzoqlashtirishga qaratilgan. Kerosin, sodali va sovunli eritmalar singari kam qovushqoq suyuqliklar eng yaxshi yuvish xususiyatiga ega. Ular qirindi, abrazivlarning mayda zarrachalarini bir-biridan ajratuvchi juda yupqa pardalar hosil qiladi va ularning yopishib qolishiga yo'l qo'ymaydi. MSM ning yuvish ta'siri mayda qirindilar hosil qiluvchi cho'yan homashyolarga hamda ularga abraziv ishlov berishda o'ta mayda qirindilarning asbobga va ishlov berilgan yuzaga yopishib qolishining oldini olishda katta ahamiyatga ega.

Qirqish hududiga vaqt birligida beriladigan MSM miqdorini ko'paytirish va oqim tezligini oshirish MSM ning yuvuvchi ta'sirini oshiruvchi vositalardan biri hisoblanadi.

Maxsus muhitlarni qo'llab ularning himoya qiluvchi va mustahkamlovchi ta'siri tufayli detallarning ekspluatatsion xususiyatlarini orttirish mumkin. Himoyalovchi ta'sir gazsimon muhitlarni, masalan, argonni qo'llaganda yanada to'laroq namoyon bo'ladi. Qirqish hududida hosil bo'lgan zagotovkaning sof metall yuzasi atrof gaz muhitining molekulalarini, odatda, havoni tez adsorbsiya qiladi (yo'tib oladi) va oqibatda, mustahkamligini pasaytiradi. Maxsus gaz muhitlarining hosil qilinishi muhim himoya vazifasini bajaradi, masalan, titan qotishmalarining o'zgaruvchan

zo'riqishlarida mustahkamlikni oshiradi. Maxsus muhitlar tanlanganda sirt-aktiv muhitda kristall panjaralarning nozik ichki dispergirlanishi natijasida mustahkam yuza qatlam hosil qilish mumkin.

6.2. MSM turlari

Zamonaviy MSM – ko'p komponentli murakkab tizimlardir.

MSM ning keng tarqalgan guruhlari: moyli suyuqliklar; mineral moylarning suvli emulsiyalari , sintetik MSM. Ayrim hollarda MSM sifatida konsistent moylovchilar yoki grafit, molibden disulfidi va boshqa to'ldiruvchilar qo'shilgan pastalardan foydalaniladi.

Moyli MSM baza hisoblanuvchi mineral moydan tashkil topgan. Unga antifriksion, yeyilishga qarshi, tirnalishga qarshi qo'shilmalar, korroziya ingibitorlari, antioksidantlar, ko'piklashishga qarshi va tumanga qarshi qo'shilmalar qo'shilgan.

Moyli MSM da mineral moy 60...95% ni tashkil etadi. Odatda, bular juda toza naftenli va parafinli moylardir.

Mineral moylarning suvli emulsiyalari (odatda, 1...10%) emulsollardan tayyorlanadi. Ularning tarkibiga asosiy mineral moylar, emulgatorlar, bog'lovchi moddalar, korroziya ingibitorlari, bakteritsidlar, ko'piklanishga qarshi qo'shilmalar, qator holatlarda yeyilishga qarshi va tirnalishga qarshi qo'shilmalar kiradi. Emulsol tarkibida mineral moylar ulushi, odatda, 70...85% ni tashkil etadi, qolganlari boshqa qo'shimchalar bilan birga emulgatorlardir.

Sintetik MSMlar ikki turga bo'linadi: oligomerlar (odatda, 1...10% li) va sirt-aktiv moddalarning suvli eritmalari neorganik tuzlar turidagi yemirilish ingibitorlarining (odatda, 1...2%) suvli eritmalari. Universalligi, ekspluatatsion xususiyatlarining saqlash davomiyligiga ko'ra sintetik MSM emulsiyalardan ustun turadi. Sintetik MSM emulsiyalar singari konsentratlardan ishlatiladigan joylarda tayyorlanadi. Konsentratlar tarkibiga suvda eruvchi past molekularli polimerlar yoki YUAM, yemirilish ingibitorlari, bakteritsidlar, ko'piklanishga qarshi qo'shilmalar, yeyilishga va tirnashishga qarshi qo'shilmalar kiradi. Konsentratdagi komponentlarning umumiy miqdori 50...70% atrofida bo'lib, qolgani suvdir.

Gaz muhiti metallarni kesish jarayoniga katta ta'sir ko'rsatadi. Gaz texnologik muhitlari sifatida azot, argon, ko'mir angidridi, kislorod, suyuqliklarni purkash uchun siqilgan havo, sirt-aktiv moddalarning bug'lari qo'llaniladi. Biroq, gazsimon moddalar bilan sovitish usulini qo'llash cheklangan.

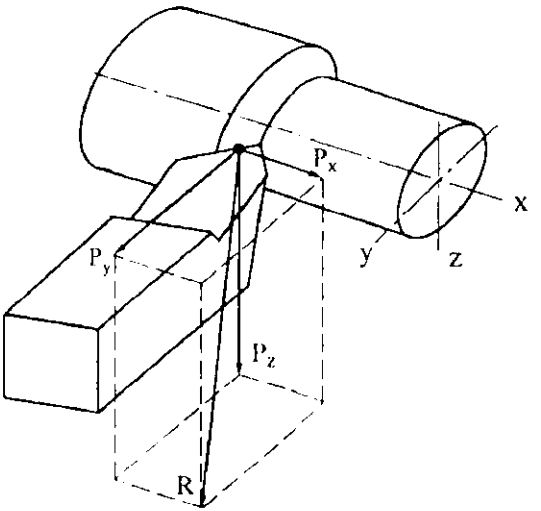
7-BOB | Kesish kuchlari

7.1. Kesish kuchlarini aniqlash

Kesish jarayonida asbob tig'iga mazkur metallning qirindi hosil bo'lish plastik deformatsiyasiga qarshilik kuchlari ta'sir qiladi. Kesish jarayonini amalga oshirish uchun keskichga beriladigan umumiy kuchning kattaligi o'sha metallning umumiy qarshilik ko'rsatish kuchini bartaraf qilish uchun yetarli bo'lishi kerak.

Kesishga sarflanadigan quvvatni aniqlashda keskichning mustahkamligi va bikrligini, dastgohning ayrim detallari hamda qismlarini hisoblashda kesish kuchi R uchta koordinata o'qlari Z, Y, Xga qo'yiladi va P_z, P_y, P_x tashkil etuvchilar hosil qilinadi (7.1-rasm). Z o'q vertikal (tik) yo'naltirilgan, Y va X o'qlar gorizontal tekislikda detal o'qiga mos ravishda perpendikular va parallel joylashgan. P_z kuchni aylana kuchi yoki kesish kuchining asosiy tashkil etuvchisi, P_y kuchni – radial kuch, P_x kuchni – o'q kuchi yoki surish kuchi deyiladi.

P_z kuch keskichga ta'sir qilib uni vertikal tekislikda egadi, uning reaksiyasi ham vertikal yo'nalishda detalni egadi. P_y kuch keskichni detaldan uning o'qiga perpendikular yo'nalishda itaradi. P_x kuchning reaksiyasi esa detalni gorizontal tekislikda egadi. P_x kuch dastgoh supportining detal o'qi bo'ylab harakatlanishiga qarshilik ko'rsatadi. Uning kattaligiga qarab, dastgohning surish mexaniz-



7.1-rasm. Yo'nib ishlashda kesish kuchlarining ta'siri sxemasi.

mining mustahkamligi hisoblanadi. P_x kuch keskichni gorizontal tekislikda egadi. P_x kuchning reaksiyasi detalni uning o'qi bo'ylab siljitadi. P_z kuchning kattaligi, asosan, keskichning old yuzasida harakat qiluvchi me'yoriy kuch bilan belgilanadi. P_y va P_x kuchlar ishqalanish kuchining kattaligi va yo'nalishiga bog'liq. Shuning uchun P_z, P_x va P_x kuchlar orasidagi nisbat ishlov berilayotgan detal materialining o'zgarishi, keskichning geometrik parametrlari va kesish rejimining o'zgarishiga bog'liq holda o'zgaradi.

Tadqiqotlar natijasida shu narsa aniqlandiki, odatdagi kesish sharoitlarida kesish kuchlari o'rtasida $\varphi = 45$, $\lambda = 0$, $\gamma = 15$ bo'lganda va $\frac{t}{s} > 10$ nisbatda quyidagi taxminiy o'zaro nisbatlar mavjud bo'ladi $P_z : P_x : P_x = 1 : 0{,}45 : 0{,}35$.

Teng ta'sir etuvchi kesish kuchi R ning kattaligi quyidagi ifodadan aniqlanishi mumkin:

$$R = \sqrt{P_z^2 + P_y^2 + P_x^2} = \sqrt{P_z^2 + (0{,}45P_z)^2 + (0{,}35P_z)^2} = 1{,}14P_z. \quad (7.1)$$

Muhit kuchi reaksiyasi kesishga qarshilik ko'rsatish momentini hosil qiladi va u kesishning burovchi momenti deyiladi:

$$M = \frac{P_z D}{2000}, \text{ kgs} \cdot \text{m} \quad (7.2)$$

Kesish jarayoni amalga oshishi uchun dastgohning aylantiruvchi momenti M_{ds} shpindel aylanishlarining muayyan sonida kesishning burovchi momentidan ko'p bo'lishi kerak, ya'ni $M_{ds} > M$.

Dastgohning effektiv quvvati kesishning aylana kuchi bo'yicha aniqlanadi:

$$N_e = \frac{P_z v}{102 \cdot 60}, \text{ kBt}, \quad (7.3)$$

bu yerda: $\upsilon = \frac{\pi D n}{1000}$, m/min, kesish tezligi; D – ishlov berilayotgan yuza diametri, mm; n – detalning minutdagi aylanishlari soni.

Kesishning o'q kuchi P_x yordamida surish harakatiga sarflanuvchi quvvat aniqlanadi:

$$N_x = \frac{P_x S}{102 \cdot 60}, \text{ kBt}.$$

Agar P_z va P_x kuchlar, hatto bir-biriga teng deb faraz qilinsa ham, qo'llanuvchi kesish rejimlarida N_x quvvatning tashkil etuvchisi har doim N_z ning tashkil etuvchisidan ko'p marta kichik bo'ladi. Shu sababli, dastgohning effektiv quvvati faqat aylana kuchi P_z bilan hisoblanadi.

Dastgohni asosiy harakatga keltiruvchi elektr dvigatel tomonidan sarflanadigan quvvat elektr dvigateldan shpindelgacha uzatishda yuz beruvchi yo'qotishlar miqdoriga sarflanuvchi effektiv quvvatidan katta. Bu yo'qotishlar harakatni uzatuvchi mexanizmlarning foydali ish koeffitsiyenti bilan aniqlanadi.

Nazariy keltirib chiqarilgan tenglamalar, faqat kesish kuchining rejim kuchlariga, geometrik va fizik parametrlariga bog'liqligini, sifat jihatdan tahlil qilish uchun mo'ljallangan bo'lib, muhandislik amaliyotida qo'llanilmaydi. Kesish jarayoni omillarining o'zgarishi bilan kesish kuchining tashkil etuvchilari orasidagi bog'liqlik tajriba yo'li bilan aniqlanadi. Kesish kuchining tashkil etuvchilarini o'lchaydigan asboblar *dinamometrlar* deb ataladi. Barcha dinamometrlarning ishlash prinsipi dinamometrning o'lchovchi elementlari kesish kuchining o'lchanayotgan tashkil etuvchilari qiymatiga proporsional bo'lgan qayishqoq deformatsiyani o'lchashga asoslangan. Bitta o'lchash elementi bo'lgan va odatda, P_z kesish kuchining vertikal tashkil etuvchilarini o'lchashda qo'llanadigan dinomometrlar *bir komponentli* deb ataladi. Ikkita o'zaro perpendikular joylashgan o'lchovchi elementi bo'lgan, misol uchun bir paytning o'zida vertikal P_z va gorizontal P_x tashkil etuvchilarni o'lchashda qo'llanadigan dinamometrlar *ikki komponentli* deb ataladi. Barcha uchta P_z, P_x, P_y tashkil etuvchilarni bir paytda o'lchash uchun o'zaro perpendikular joylashgan uchta o'lchash elementiga ega bo'lgan dinamometrlar *uch komponentli* deyiladi.

Ishlash prinsipiga ko'ra qayishqoq-mexanik, gidravlik va qayishqoq-elektrik dinamometrlar bo'ladi.

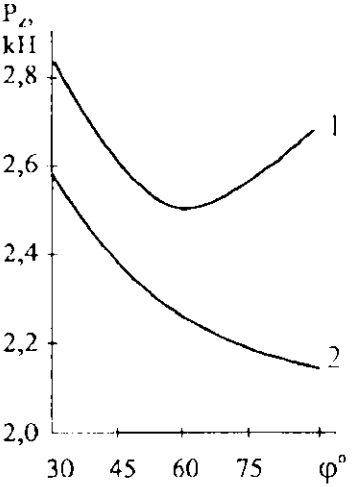
7.2. Kesish kuchlariga ta'sir qiluvchi omillar

Kesish kuchlariga ta'sir qiluvchi asosiy omillar quyidagilardir: ishlov berilayotgan materialning fizik-mexanik xossalari, kesuvchi asbobning geometrik parametrlari, kesish rejimi, moylash-sovitish texnologik muhiti.

O'zining kimyoviy tarkibiga ko'ra bir xil bo'lgan materiallar guruhi uchun mustahkamlanish ortayotganda siljish zo'riqishlarining ortishi, odatda, qirindi kirishuvi koeffitsiyentining kamayishini ancha ortda qoldiradi. Shuning uchun cho'zilishdagi mustahkamlik chegarasi ortganda yoki qattiqlik Brinnel bo'yicha ortganda kesish kuchining tashkil etuvchilari o'sadi. Plastik materiallarni kesishda kesish kuchining tashkil etuvchilari hisobi σ_b yoki HB bo'yicha yuritiladi, mo'rt materiallarni kesishda asos sifatida HB qattiqlik olinadi.

Old burchak o'lchamining kichrayishi qirindi kirishuvi va qirindi hosil bo'lish ishi koeffitsiyentini orttiradi. Bu hol kesish kuchi barcha tashkil etuvchilarning ortishiga olib keladi. Ammo bu ta'sir kesish kuchining tashkil etuvchilariga nisbatan bir xilda bo'lmaydi.

7.2-rasmda plandagi asosiy burchak φ ning kesish kuchi P_z ga ta'siri ko'rsatilgan. Plandagi asosiy burchak φ ning t va S doimiy bo'lganda kattalashuvi b/a nisbatning kamayishiga sabab bo'ladi, bu esa kuch P_z ning to'xtovsiz kamayishiga olib kelishi kerak. Bu tajriba orqali tasdiqlanadi (2-egri chiziq). O'tuvchi tig'li keskich bilan yo'nishda φ = 60° burchak qiymatidan boshlab P_z kuch kichraymaydi, aksincha, yana o'sadi. Bu hol shu bilan izohlanadiki, tig'ning r radiusli o'tuvchi yoysimon tig'ining ahamiyati ortadi, unda deformatsiyalanish sharoitlari va qirindi kesish asosiy tig'ga nisbatan ancha qiyin kechadi.

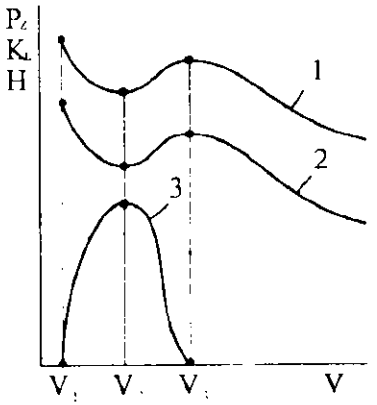


7.2-rasm. Po'latni yo'nishda plandagi asosiy burchakning P_z kuchga ta'siri (υ = 40 m/min; S = 0,48 mm/ayl; t = 2 mm); 1 – r = 2 mm, 2 – r = 0.

Qirindining bo'ylama qatlamlari o'tuvchi tig'ga perpendikular yo'nalishlarda old yuzada siljib, bir-biriga xalaqit beradi, kesilayotgan qatlamning deformatsiyalanish darajasini oshiradi, bu esa pirovard natijada P_z kuchning ortishiga olib keladi. Yumaloqlanish radiusi r kattalashgan sari P_x kuch ham ortadi, P_y kuch esa kamayadi.

Kesish chuqurligi t va surishning S o'zgarishi kesish kuchining barcha uchta tashkil etuvchilari P_z, P_x, P_y ning o'zgarishiga ta'sir qiladi. Chuqurlik va surish qancha katta bo'lsa, kesilayotgan qatlamning ko'ndalang kesim maydoni va deformatsiyalanayotgan metall hajmi, kesish kuchi va qirindi hosil bo'lishga qarshilik ham shuncha katta bo'ladi. Biroq kesish chuqurligi va surishning kesish kuchlariga ta'siri turlicha. Ko'p sonli tajribalar shuni ko'rsatadiki, kesish chuqurligi kesish kuchining tashkil etuvchilariga surishga qaraganda kuchliroq ta'sir qiladi.

Kesish tezligining o'zgarishi kesish kuchining tashkil etuvchilariga, qirindi kirishuv koeffitsiyentiga ta'sir ko'rsatgani singari ta'sir etadi. O'simta hosil qilmaydigan materiallarni kesishda kesish



7.3-rasm. Kesish tezligining o'simta balandligi (*3*), qirindi kirishuvi koeffitsiyenti (*2*) va kesish kuchiga (*1*) ta'siri.

kuchining tashkil etuvchilari kesish tezligi ortishi bilan bir me'yorda kamayib boradi. O'simta hosil qiluvchi materiallarni kesishda egri chiziq *1* xuddi egri chiziq *2* singari bir me'yorda bo'lmaydi (7.3-rasm). V_1 tezlikdan boshlab V_3 gacha o'simta balandligi o'sadi, P_z kuch kamayadi va o'simta rivojining eng yuqori darajasida o'zining eng kam qiymatiga erishadi. V_2 dan V_3 gacha kesish tezliklarida o'simta balandligi kamayadi P_z kuch yana o'sib boradi. V_3 dan katta kesish tezliklarida o'simta yo'qolib boradi, P_z kuch to'xtovsiz kamayadi.

Metallarni kesishda qo'llanadigan moylash-sovitish texnologik vositalari ishqalanishni kamaytiradi, qirindi hosil bo'lish jarayonini yengillashtiradi va demak, keskichga ta'sir qiluvchi kesish kuchlarini kamaytiradi. Bunda ko'proq, asosan, ishqalanish kuchiga bog'liq bo'lgan kesish kuchining gorizontal proyeksiyalari kamayadi.

Turli omillarning kesish kuchlariga ta'siri ancha murakkab. Shu sababli hisob-kitoblar uchun umumlashtirilgan ifodalarga ega bo'lish lozim, ularda kesish kuchining tashkil etuvchilari bir vaqtda barcha omillar bilan bog'langan. Umumlashtirilgan ifodalardan foydalanish amaliyoti shuni ko'rsatadiki, kesish rejimining parametrlarini (*V*, *S*, *t*) bevosita, qolgan omillar bilan birga hisobga olish qulayroq. Ifodaga shunday qo'shimcha koeffitsiyentlar kiritiladiki, ular kesish kuchlariga yetarli darajada kuchli ta'sir ko'rsatishi lozim va ularni aniqlash ishlab chiqarish sharoitlarida katta qiyinchiliklar tug'dirmaydi. Masalan, kesish kuchining asosiy tashkil etuvchisini hisoblash formulasi quyidagi ko'rinishga ega:

$$P_z = C_p\, t^{x_p} S^{y_p}\, \upsilon^{z_p}\, K_p \qquad (7.4)$$

bu yerda: K_p – kesish sharoitlarini P_z kuchning kattaligiga ta'sirini ifodalovchi C_p koeffitsiyentga kirmagan, qo'shimcha koeffitsiyentlarning ko'paytmasiga teng umumlashtirilgan qo'shimcha koeffitsiyent;

X_p, Y_p, Z_p – kesish rejimi parametrlari (t, S, υ) ning kesish kuchiga ta'sirini hisobga oluvchi daraja ko'rsatkichlari.

Barcha koeffitsiyentlar va daraja ko'rsatkichlari ishlov berish rejimi bo'yicha ma'lumotnomalar jadvallarga qarab aniqlanadi.

8-BOB | Yo'nish

8.1. Yo'nishning asosiy turlari va keskichlarning tasnifi

Yo'nish aylanib turgan jismlarning tashqi, ichki, silindrik, konussimon shakldor hamda chekka yuzalariga kesish yo'li bilan ishlov berishning asosiy usuli hisoblanadi.

Yo'nish turli xildagi tokarlik dastgohlarida amalga oshiriladi (universal, maxsus, karusel, revolver hamda raqamli boshqarish dasturi bo'lgan metall kesish dastgohlari).

Xarakteri va texnologik vazifasiga ko'ra yo'nish quyidagi turlarga bo'linadi: xomaki yo'nish, bunda qo'yimning katta qismi qirqiladi; qisman tozalab yo'nish; tozalab yo'nish; shakl beruvchi nozik yoki uzil-kesil yo'nish.

Xomaki yoki dag'al yo'nish pokovka, shtampovka va quymalarning havoiy chetga chiqishlari va nuqsonlarini kamaytirish maqsadida amalga oshiriladi. Xomaki yo'nishdan so'ng zagotovkaning aniqligi 12...16 kvalitet, ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligi R_a = 100...25 mkm bo'ladi. Qisman tozalab yo'nish 11...13 kvalitet bo'yicha aniqlikni, ishlov berilgan yuza g'adir-budurligi R_a = 50...12,5 mkm ta'minlaydi. Tozalab yo'nish so'nggi yoki oraliq ishlov berish sifatida 10...11 kvalitet aniqlik va R_a = 12,5...0,63 mkm g'adir-budurlikka erishish maqsadida o'tkaziladi. Nozik yo'nish oddiy keskichlardan foydalanganda 6...7 kvalitet aniqlik va ishlov berilgan yuza g'adir-budurligi R_a = 1,25...0,32 mkm bo'lishini ta'minlaydi. Olmos keskichlardan foydalanganda esa tegishlicha aniqlikning 5-kvaliteti va R_a = 0,04...0,016 mkm g'adir-budurlik ta'minlanadi.

Yo'nishda metall kesish jarayoni tokarlik keskichlari bilan amalga oshiriladi. Dastgoh supportidagi keskich-tutkichda mahkamlangan keskich bo'ylamasiga yoki ilgarilanma va ko'ndalang harakat qiladi, dastgoh shpindeliga mahkamlangan detal esa aylanadi.

Tokarlik ishlovi berishning asosiy operatsiyalari quyidagilardir: yo'nish, kesish, yonlarini kesish, tashqi chuqurliklarni o'yish, shakldor yo'nish, ichki yuzalarni yo'nish, faskalar ochish, keskich vositasida tashqi va ichki rezbalar kesish va hokazo.

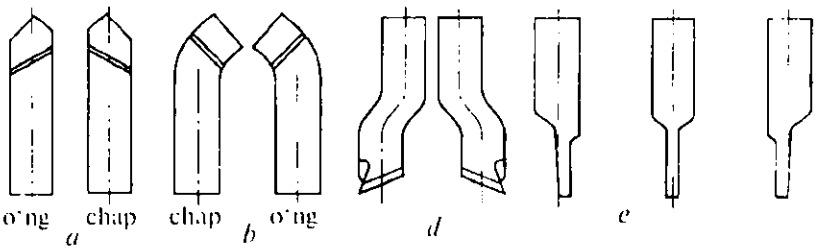
Yo'nishda tashqi silindrik va konussimon yuzalarga o'tuvchi keskichlar bilan ishlov beriladi; ichki silindrik va konussimon yuzalarga yo'nib kengaytiruvchi keskichlar bilan ishlov beriladi; yon yuzalarga qirqib oluvchi keskichlar bilan ishlov beriladi; tashqi va ichki rezbalar rezbali keskichlar yordamida qirqiladi; zagotovkani qismlarga bo'lish kesib tushiruvchi keskichlar yordamida amalga oshiriladi.

Tokarlik keskichlari kallakning shakli, surish yo'nalishi, kallakning bukilganligi, konstruksiyasi sterjen kesimi, vazifasi, ish qismining materiali va hokazolarga qarab bir nechta turga bo'linadi.

Kallak shakli va surish yo'nalishiga ko'ra keskichlar o'naqay va chapaqay keskichlarga bo'linadi. O'naqay keskichlar deb, shunday keskichlarga aytiladiki (8.1-rasm, *a*), agar ular ustiga o'ng qo'l kafti qo'yilsa, asosiy kesuvchi tig' bosh barmoq tomonda joylashgan bo'ladi, chap keskichlarda esa chap qo'lning kafti qo'yilganda asosiy kesuvchi tig' bosh barmoq tomonda bo'ladi. O'ng keskichlar o'ngdan chapga surish harakati, ya'ni orqa babkadan dastgoh shpindeliga surish harakati bilan ishlaydi, chap keskichlarda esa aksincha, surish harakati chapdan o'ngga shpindeldan dastgohning orqa babkasiga yo'nalgan bo'ladi.

Keskichlar chap yoki o'ngga bukilgan (8.1-rasm, *b*), yuqori yoki pastga qayrilgan (8.1-rasm, *d*), o'ng yoki chapga tortilgan (8.1-rasm, e) bo'lishi mumkin. Qayrilgan keskichlarda keskichning o'qi yon proyeksiyaga qayrilgan bo'ladi. Kallagi tortilgan keskichlarda kallakning kengligi, odatda, keskich tanasining kengligidan kichik bo'ladi.

Konstruksiyasiga ko'ra keskichlar *yaxlit* keskichlar va *tarkibiy* keskichlarga bo'linadi. Yaxlit keskichlarning kallagi va tanasi bitta materialdan yasaladi, tarkibiy keskichlarda esa masalan, tezkesar po'latdan yasalgan kallak kam uglerodli po'latdan yasalgan keskich-tutkichga tutashtirilib payvandlangan; plastinka kavsharlangan qattiq qotishmali yoki tezkesar po'lat; mexanik mahkamlangan qattiq qotishma, mineral-keramik va o'ta qattiq materiallardan yasalgan kesuvchi plastinkali keskich.



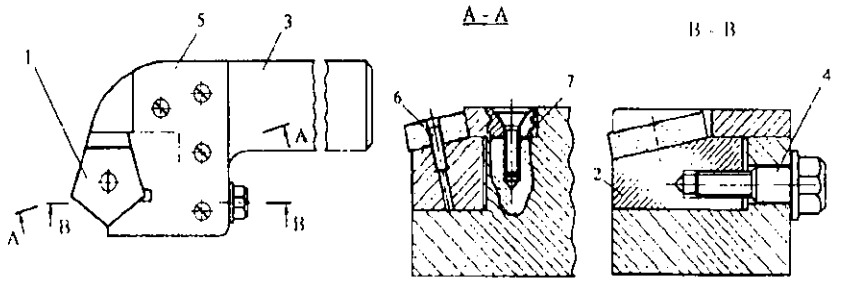
8.1-rasm. Keskich kallaklarining shakllari.

Hozirgi paytda tokarlik dastgohlarida detallarga, ko'pincha, kesuvchi qismlari qattiq qotishmalardan yasalgan standart plastinkalar bilan jihozlangan keskichlar bilan ishlov beriladi. Qattiq qotishmali plastinkalarning ikki guruhi mavjud. Bir guruh plastinkalar yeyilishning muayyan belgilangan darajasiga yetgandan so'ng qayta charxlanadigan keskichlarni jihozlash uchun mo'ljallangan. Boshqa guruh plastinkalarning bir necha ish cho'qqilari bo'lib, bitta cho'qqidagi tig' yoyilgandan so'ng burib yangi ish holatiga o'tkaziladi va navbatdagi cho'qqining tig'i bilan ishlov beriladi. Bu guruh plastinkalar ko'p qirrali qayta charxlanmaydigan plastinkalar deb ataladi.

Almashtiriladigan ko'p qirrali qattiq qotishmadan yasalgan plastinkali keskichlar raqamli boshqarish dasturi bo'lgan dastgohlarda tobora ko'proq qo'llanmoqda. Keskichlarning konstruksiyalari, turi, shakli, plastinka va tutkichni mahkamlovchi qismning ko'rinishi va foydalaniladigan plastinkalar shakliga qarab farqlanadi.

Keskichlarda foydalaniladigan almashinuvchi ko'p qirrali plastinkalar turlari xilma-xildir: to'g'ri ko'p qirrali, romblar, aylanalar, to'g'ri to'rt burchaklar va parallelogrammlar hamda galtellar va ariqchalarga ishlov beradigan maxsus shakldagi, shuningdek, kesib tushiradigan plastinkalar va h.k.

Qattiq qotishmali plastinkalar keskich-tutkichlarga jez yoki qizil mis kavshar yordamida kavsharlanadi. Tutkich materiali va qattiq qotishmalar turlicha kengayish harorati koeffitsiyentiga ega. Shuning uchun kavsharlashdan so'ng sovitish jarayonida qattiq qotishmali plastinka va keskich-tutkich kavsharlangan chok bo'ylab tutashuv

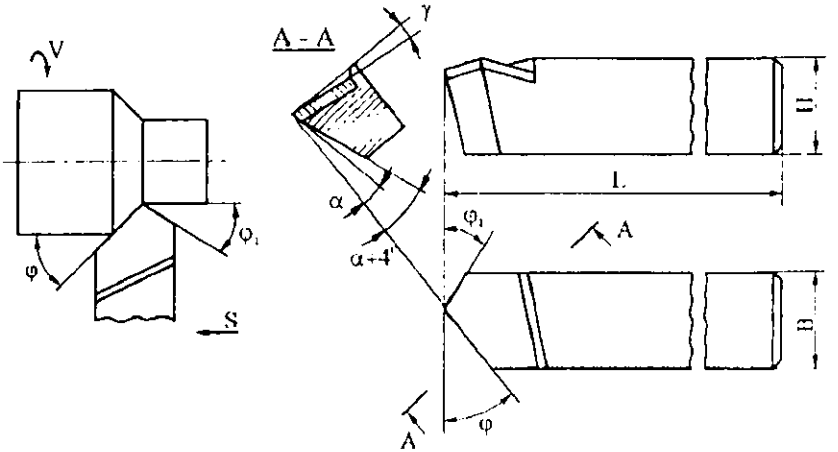


8.2-rasm. Mexanik mahkamlangan, qayta charxlanmaydigan ko'p qirrali plastinkali tokarlik o'tuvchi keskich:

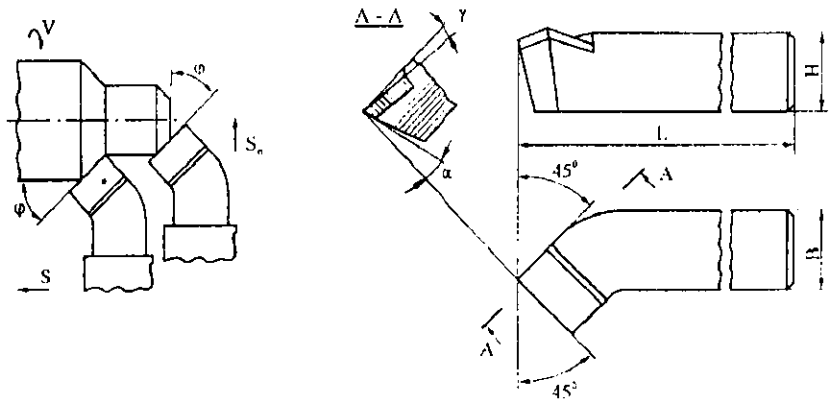
1 – qattiq qotishmali plastinka; *2* – ustuncha; *3* – tutkich; *4, 7* – vintlar; *5* – ponasimon planka; *6* – shtift.

zo'riqishiga uchraydi, bu esa plastinkada mikrodarzlar paydo bo'lishiga olib kelishi mumkin. Mexanik mahkamlanish plastinkalarni maxsus uyalarda mahkam ushlab turadi va mo'rt qattiq qotishma uchun xavfli bo'lgan ichki zo'riqishlar yuzaga kelmaydi. Ishlov berishning turli sharoitlari uchun qattiq qotishmali plastinkalarning mexanik mahkamlash konstruksiyalarining ko'p turlari ishlab chiqilgan.

Qattiq qotishmali plastinka *1* (8.2-rasm) keskich-tutkichga mexanik mahkamlanib, aniq ishlov berilgan quyi tayanch yuzaga ega bo'lishi kerak. Keskich-tutkich *3*, ustuncha *2* presslab mahkamlangan shtift *6* dan iborat. Unga ko'p qirrali plastinka *1* bemalol kiydiriladi.



8.3-rasm. Tokarlik o'tuvchi to'g'ri keskich.



8.4-rasm. Tokarlik o'tuvchi qayrilma keskich.

Plastinka vint 4 ni burib mahkamlanadi. Vint ustunchani plastinka oxiriga qadalguncha tutkichga vint 7 bilan mahkamlangan ponasimon planka 5 ga tortadi. Cho'qqilardan biri tig'ining orqa yuzasi yoyilgandan so'ng ko'p qirrali plastinka keskichning tutkichidan bo'shatiladi, keyin shunday buriladiki, bunda uning boshqa cho'qqisining tig'i ish holatida bo'lishi kerak va yana qotirib qo'yiladi.

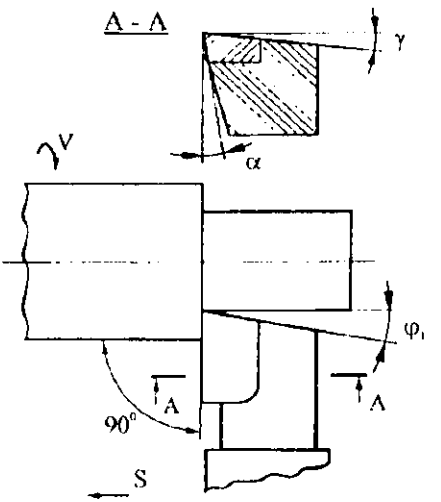
Tutkich sterjenining kesimiga ko'ra keskichlar to'g'ri to'rtburchakli, kvadrat va yumaloq keskichlarga ajratiladi.

Vazifasiga ko'ra o'tuvchi, ko'ndalang (podreznoy), kesib tushiruvchi, yo'nib kengaytiruvchi, galtel, shakldor va rezbali keskichlar bo'ladi.

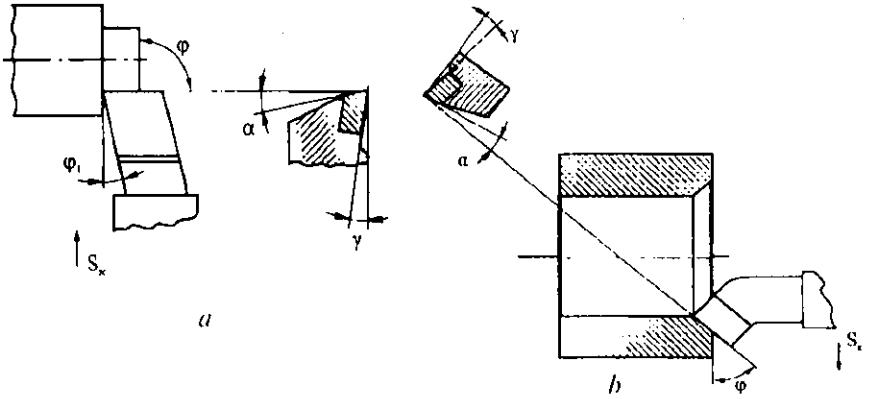
O'tuvchi to'g'ri (8.3-rasm) va qayrilgan (8.4-rasm) keskichlar tashqi silindrik va konussimon yuzalarga ishlov berishda qo'llanadi. Bu keskichlar geometrik va konstruktiv elementlarining qiymati ishlov berish sharoitlaridan kelib chiqib me'yorlar va GOST bo'yicha tanlanadi.

To'g'ri keskichlar uchun (8.3-rasm), odatda, plandagi bosh burchak $\varphi = 45...60^\circ$, plandagi yordamchi burchak $\varphi_1 = 10...15^\circ$. O'tuvchi qayrilgan keskichlarda plandagi burchaklar $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ (8.4-rasm). Bu keskichlar bo'ylamasiga uzatib o'tuvchi va ko'ndalangiga uzatib kesib oluvchi keskich sifatida ishlaydi.

Silindrik yuza va toressirtga bir vaqtda ishlov berishda o'tuvchi tirak keskichlardan foydalaniladi (8.5-rasm). Keskich bo'ylamasiga surilib ishlaydi. Plandagi bosh burchak $\varphi = 90^\circ$. Bunday o'tuvchi keskich bilan qattiq bo'lmagan vallarga ishlov berish tavsiya qiladi. Bu keskichlar bilan ishlov berilganda kesish kuchining radial tashkil etuvchisi $P_y = 0$ bo'lib, zagotovkaning deformatsiyasini pasaytiradi. Ko'ndalang (Podreznoy) keskichlardan zagotovkalar toreslarini kesishda qo'llanadi. Ular asbobning markaziga yo'nalgan ko'ndalang harakat (8.6-rasm, *a*) yoki markazdan (8.6-rasm, *b*) zagotovkaga yo'nalgan surish harakati bilan ishlaydi.



8.5-rasm. O'tuvchi tirak keskich.

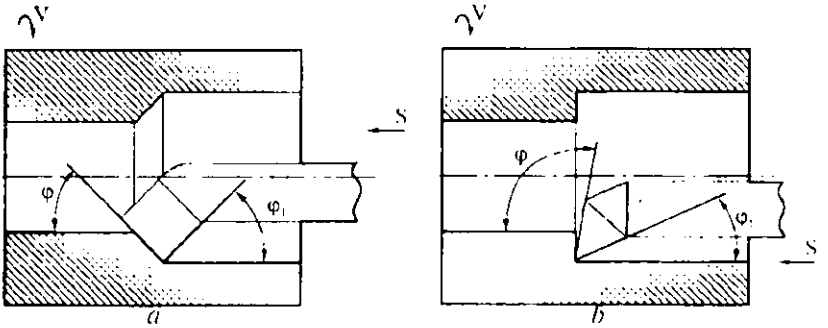


8.6-rasm. Ko'ndalang (podreznoy) tokarlik keskichlari:
a – zagotovkaning markaziga yo'nalgan surish harakati bilan;
b – zagotovka markazidan yo'nalgan surish harakati bilan.

Yo'nib kengaytiruvchi keskichlar quyib yoki shtampovka qilib hosil qilingan yoki oldindan parmalab ochilgan teshiklarni yo'nish uchun qo'llanadi. Yo'nib kengaytiruvchi keskichlarning ikki turi ishlatiladi: o'tuvchi – ochiq teshikni yo'nib kengaytirish uchun (8.7-rasm, *a*) va tiraluvchi berk teshikni yo'nib kengaytirish uchun (8.7-rasm, *b*).

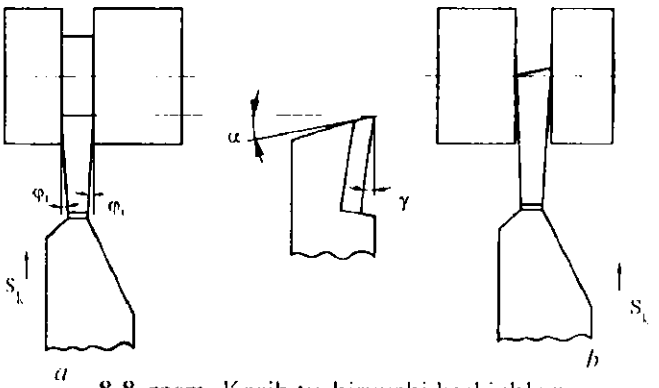
Keskichlar tig'ining shakliga ko'ra farqlanadi. O'tuvchi yo'nib kengaytiruvchi keskichlarda plandagi bosh burchak $\varphi = 45...60°$, tiraluvchi keskichlarda plandagi bosh burchak ancha katta – 90°. Yo'nib kengaytiruvchi keskichlarning mahkamlash qismi konussimon shaklga ega bo'lib, uning diametri tig'dan kvadrat yoki to'g'ri burchakli qilib ishlangan siquvchi qismiga qarab kattalashib boradi. Yo'nib kengaytiruvchi keskichlar, keskich-tutkichdan katta masofada joylashgan holda ishlaydi, bu esa sterjenli keskichga ko'ndalang kesimning katta maydonidan qirindini tushirish imkonini bermaydi. Katta chuqurlikka ega bo'lgan teshiklarni yo'nib kengaytirishda maxsus tutkichlarga mahkamlangan yo'nib kengaytiruvchi keskichlardan foydalaniladi.

Kesib tushiruvchi keskichlar zagotovkani qismlarga bo'lib kesishga, ishlov berilgan zagotovkani kesib tushirishga va ariqchalar ochishga mo'ljallangan. Kesib tushiruvchi keskichlar $\varphi = 90°$ burchak ostida joylashgan bosh kesuvchi tig'ga va $\varphi_1 = 1...2°$ burchakli ikkita yordamchi tig'ga ega (8.8-rasm, *a*). Kesish jarayonida ishqalanishni



8.7-rasm. Yo'nib kengaytiruvchi keskichlar:

a – ochiq teshikni yo'nib kengaytiruvchi;
b – orqasi berk teshikni yo'nib kengaytiruvchi.

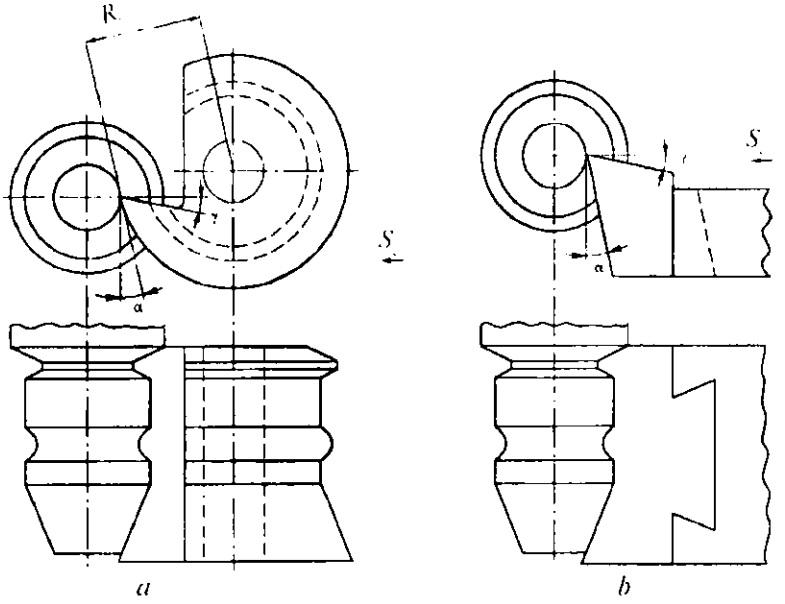


8.8-rasm. Kesib tushiruvchi keskichlar:

a – to'g'ri kesuvchi tig'li; *b* – qiya kesuvchi tig'li.

kamaytirish uchun yordamchi orqa yuzalar $\varphi_1 = 1°30'$ burchak ostida charxlanadi. Standart kesib tushiruvchi keskichlarda kesuvchi tig'ning eni $a = 3...10$ mm, u zagotovka diametriga bog'liq holda $a = 0,6\ D^{0,5}$ formula bo'yicha tanlanadi. Zagotovkani to'g'ri kesuvchi keskich bilan kesib olishda ($\varphi = 90°$) qirqib olingan zagotovkada buyincha qoladi, shuning uchun zagotovka chekkasini qo'shimcha kesishga to'g'ri keladi. Bu operatsiyani bartaraf etish uchun qiya kesish tig'iga ega bo'lgan kesib tushiruvchi keskichlardan foydalaniladi (8.8-rasm,*b*).

Shakldor keskichlar 30...40 mm uzunlikdagi kalta shakldor yuza hosil qilishda yuzalarga ishlov berish uchun qo'llanadi. Shakldor keskich kesuvchi tig'ining shakli detal profiliga mos bo'ladi. Shakl beruvchi keskichlar ko'p seriyali ommaviy ishlab chiqarishda



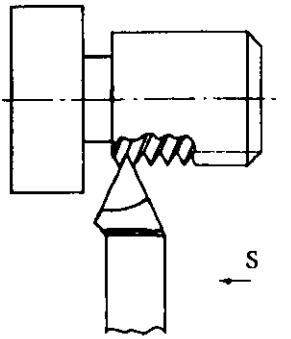
8.9-rasm. Shakldor keskichlar:
a – yumaloq; *b* – prizmatik radial.

qo'llaniladi. Aniq hisoblangan va tayyorlangan shakldor keskichlar yuqori samaradorlik, tayyorlanayotgan detallar o'lcham va shakllaridagi chetlanishlarning kam bo'lishini ta'minlaydi. Konstruksiyasiga ko'ra shakldor keskichlar yumaloq va prizma shaklida bo'ladi, surish harakatining yo'nalishi bo'yicha radial va tangensial keskichlarga ajraladi. Yumaloq shakldor keskichlarning turg'unligi yuqori bo'lib, kesuvchi tig'ining shakli va o'lchamlarini saqlagan holda, ko'p marta charxlash mumkin.

Yumaloq shakldor keskichlar mahkamlash uchun zarur bo'lgan teshik yoki quyrug'i bo'lgan aylanuvchi jismdan iborat. Orqa burchakni hosil qilish uchun keskich shunday o'rnatiladiki, bunda uning o'qi $h = R_1 \sin \alpha_b$ formula bilan aniqlanadigan h kattalikda zagotovka o'qidan yuqori joylashishi kerak. Bu formulada R_1 – keskichning tashqi radiusi, mm; α_b – tish cho'qqisidagi orqa burchak (8.9-rasm, *a*).

Surishning radial harakati bilan ishlovchi shakldor keskichlarni zagotovkaga nisbatan keskichning orqa burchagi hisoblanuvchi α burchak ostida qiya o'rnatiladi. Keskich cho'qqisi qat'iy zagotovka markaziga o'rnatiladi.

Rezba ochuvchi keskichlarning (8.10-rasm) quyidagi shakldagilari mavjud: to'g'ri burchakli, uchburchakli, trapetsiya ko'rinishidagi ichki va tashqi rezbalar ochish uchun xizmat qiladi. Rezba ochuvchi keskichlar qirquvchi tig'ining shakli kesilayotgan rezbalar ko'ndalang kesimining profili va o'lchamlariga mos bo'ladi. Rezba ochuvchi keskichlar sterjenli, yumaloq va prizmatik keskichlarga bo'linadi.



8.10-rasm. Rezba ochuvchi keskich.

Qattiq qotishmali rezba keskichlarda profil burchagi ε (plandagi cho'qqi yonidagi burchak) rezba profiliga qaraganda 30° ga kam charxlanadi, chunki kesishning yuqori tezliklarida rezba ochish uning profilining birmuncha buzilishiga olib keladi. Tezkesar po'latlardan yasalgan keskichlarda profil burchagi ε rezba burchagiga teng.

Prizmatik rezba ochuvchi keskichlar o'ramalarining ko'tarilish burchagi uncha katta bo'lmagan uchburchakli tashqi rezbalar qirqishda qo'llaniladi. Bunday keskich kesimida tegishli rezba profili bo'lgan prizmatik ustunchadan iborat. Ustuncha (keskich) doimiy orqa burchagi $\alpha=15°$ bo'lgan maxsus tutkichga mahkamlanadi.

Yumaloq rezba ochuvchi keskichlar yoki grebenka (taroq)lar yirik seriyali va ommaviy ishlab chiqarish sharoitlarida qo'llanadi. Rezba ochuvchi grebenka (taroq)lar qirqilayotgan rezba profiliga mos bo'lgan bir necha rezba keskichning birlashtirilganidan iborat. Dastlabki ikki keskich $\varphi = 25...30°$ burchak ostida qirqilgan bo'lib, kesuvchi qismni, qolganlari kalibrlovchi qismni tashkil etadi. Grebenkali keskichlardagi o'ramlar grebenka o'rtasida zo'riqishning bir tekis bo'lishini ta'minlaydi va rezba qirqishda eng kam o'tishlarni talab etadi, bu esa jarayonning samaradorligini ancha oshiradi.

8.2. Raqamli boshqarish dasturi bo'lgan dastgohlar uchun keskichlar

Raqamli boshqarish dasturi (RBD) bo'lgan dastgohlar uchun keskichlar muayyan tipli konstruksiyalarga ega. Ularning barchasi yig'iladigan bo'lib, qattiq qotishma, mineral keramika va o'ta qattiq materiallardan yasalgan ko'p qirrali plastinkalar bilan jihozlangan. RBDli dastgohlar uchun keskichlar quyidagi talablarga javob berishi kerak:

1) asbob korpusiga mexanik mahkamlangan qayta charxlanmaydigan plastinkalardan iloji boricha uzoq vaqt foydalanish. Bu uning konstruktiv va geometrik parametrlarining doimiyligini ta'minlaydi;

2) plastinkalarning eng ratsional, asbobning universalligini ta'minlovchi shakllaridan foydalanish, ya'ni bitta keskich bilan ko'p sonli detaldagi turli xil yuzalarga ishlov berish;

3) asbobning asosiy biriktiruvchi o'lchamlarini bir tizimga solish imkonini berishi; plandagi turli burchakli keskichlar aynan bir xil asosiy koordinatalarga ega bo'lishi kerak, bu texnologik operatsiyalarni programmalashtirish uchun qulaylik yaratadi;

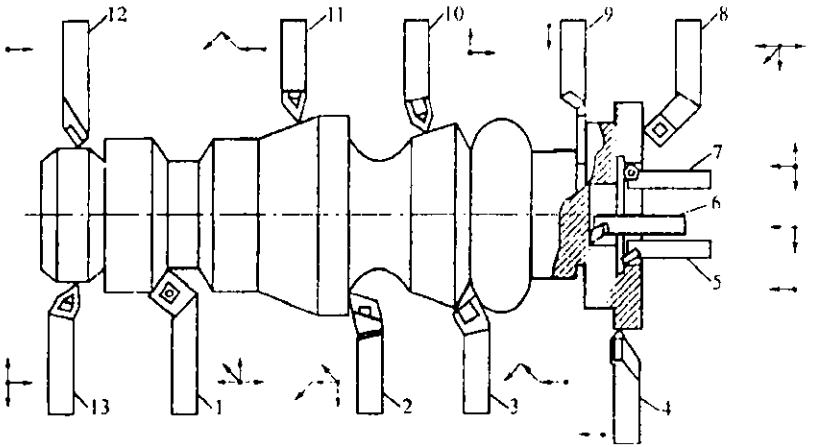
4) barcha asboblarni to'g'ri va ag'darilgan holatlarda ishlashiga yo'l qo'yish;

5) chapaqay keskichni qo'llashni ko'zda tutish;

6) asbobning, xususan, keskichga qo'yiladigan qismlarning qo'l bilan boshqariladigan dastgohlar uchun mo'ljallangan universal asbobga qaraganda yuqori aniqlikda ishlashini ta'minlash; bu asbob ishini dastlabki yo'lga qo'yishning aniqligini oshirish va asbob dastgohga yoki keskich blokiga mahkamlangandan keyin uni „o'lchamga" qo'yish uchun zarurdir;

7) qirindini qoniqarli tarzda shakllantirish va qattiq qotishmaning pishirilishi va jipslanishi jarayonida hosil bo'lgan yoki plastinkaning old yuzalarida olmos charx bilan o'yilgan chuqur izlar bo'ylab haydash.

RBD li tokarlik dastgohlari uchun asboblar majmuasiga, odatda, quyidagi keskichlar kiradi (8.11-rasm).



8.11-rasm. RBD dastgohlarida almashinuvchi ko'p qirrali plastinkali tokarlik keskichlari bilan asosiy yuzalarga ishlov berish chizmasi.

1 — φ = 40° li o'naqay qiyrilgan o'tuvchi keskichlar, ular bilan tashqi yo'nish, chekkalarni kesish, ariqcha yo'nish, faskalar olib tashlash mumkin;

2 — φ = 9...95° li parallelogramm shaklidagi plastinkalari bo'lgan konturli keskichlar, ular bilan detalni silindri va konusi bo'ylab yo'nish, teskari konusni yo'nish, radiusli yuzalarga va galtellarga ishlov berish, detalning markazidan tashqi diametriga qarab yo'nalgan harakat bilan chekkalarini yo'nish kabi ishlarni amalga oshirish mumkin;

3 — φ = 63° li parallelogramm shaklidagi plastinkalari bo'lgan konturli keskichlar, ular yordamida yarim sferali yuzalar va konuslarga ishlov berish mumkin;

4 — qamrab tutkich yordamida yuqoridan mahkamlangan romb shaklidagi plastinkali rezba ochuvchi keskichlar. Bu keskichlar bilan 2 mm dan 6 mm gacha bo'lgan qadamli rezbalar ochiladi. Profil burchagi plastina shakli bilan ta'minlanadi;

5 — ichki rezbalar ochish uchun keskichlar, qadami 2 mm gacha bo'lgan toretsiga yaqin joyda rezba ochish imkonini beradi;

6 — ochiq teshiklar va ariqchalarni yo'nishda ishlatiladigan, φ = 95° li romb shaklidagi plastinkalari bo'lgan yo'nib kengaytiruvchi keskichlar;

7 — diametri 22 mm va undan ortiq teshiklarni yo'nishga imkon beruvchi, φ = 92° li yo'nib kengaytiruvchi keskichlar;

8 — tashqi yo'nish, detallarning chetlarini yo'nish, ariqchalarni yo'nish, faskalar olib tashlash uchun kvadrat plastinkali φ = 45° li o'tuvchi chapaqay keskichlar;

9 — kengligi 1 dan 6 mm gacha, chuqurligi kengligiga teng bo'lgan tashqi to'g'ri ariqchalarni yo'nish uchun keskichlar. Maxsus shakldagi plastinkalar, qamrab tutkichlar yordamida mahkamlanadi;

10 — silindrik va shakldor yuzalarni yo'nishga imkon beruvchi konturli uch qirrali to'g'ri shaklga ega plastinkali, φ = 93° bo'lgan keskichlar. Bularning afzalligi shundaki, bularda parallelogramm shaklidagi plastinkali keskichlardagi singari ikkita emas, balki uchta ish cho'qqisidan foydalaniladi. Biroq bunda plastinkalarning mahkamlanish bikrligi kamayadi;

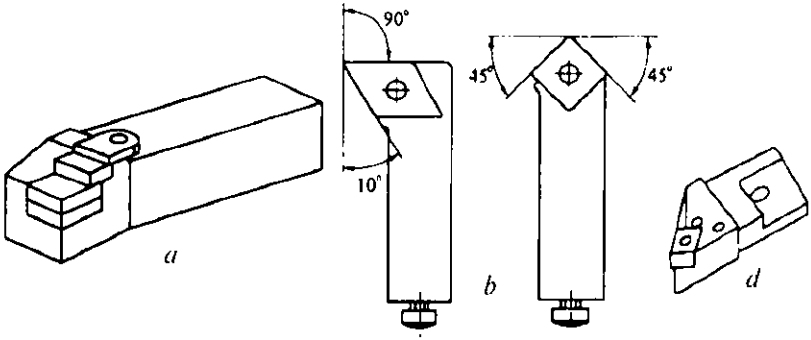
11 — φ = 63° li, uch qirrali shakldagi plastinkaga ega konturli keskichlar;

12 — qadami 2 mm gacha bo'lgan tashqi rezbalar qirqish uchun rezba ochuvchi keskichlar. Qirquvchi to'g'ri burchakli plastina tutkichga qamrab ushlagich yordamida mahkamlanadi. Keskich cho'qqisining profili plastinkani rezba profili burchagiga teng burchak ostida charxlab ta'minlanadi;

13 — pog'onali yuzalar, faskalar, toreslarni tashqi diametrdan detal markaziga yo'nalgan harakat bilan yo'nishga imkon beruvchi, φ = 93...95° li uch qirrali noto'g'ri shakldagi plastinkali o'tuvchi tirama keskichlar.

RBD li dastgohlarda uch ijrodagi keskichlar qo'llanadi: 1) to'liq o'lchamli; 2) keskich-qo'ymalar; 3) elementlari rostlanadigan kaltalashtirilgan keskichlar.

Barcha ijrodagi to'liq o'lchamli keskichlar ishlab chiqarishda, asboblar bloklari bo'lgan dastgohlarda (ularda asbob dastgohdan



8.12-rasm. Tokarlik keskichlari:

a –to'la o'lchamli o'tuvchi; *b* –rostlanadigan vintli keskich-qo'yma; *d* –kaltalangan keskich-qo'yma.

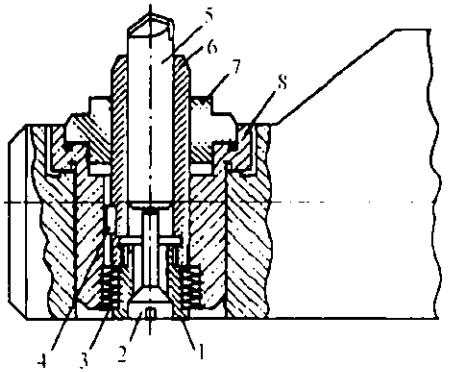
tashqarida sozlanadi) yoki supportli dastgohlarda (8.12-rasm, *a*) keng qo'llanadi.

To'liq o'lchamli keskichlar kabi keskich-qo'ymalar konstruktiv jihatdan istalgan shakldagi plastinali qilib ishlanishi mumkin. Quyma toretsidagi vint keskichni osongina rostlash imkonini beradi (8.12-rasm, *b*).

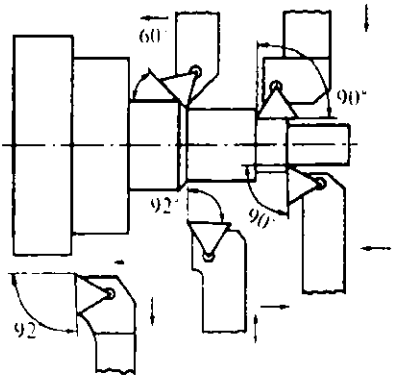
Unifikatsiyalangan, kaltalangan keskich-qo'ymalar (8.12-rasm, *d*) opravkalarda turli-tuman biriktirish usullarida mahkamlanadi. Keskich qo'ymalarning plandagi turli burchaklilari, plastinkalarning turli parametrlari va ularni korpuslarda mahkamlash usullari: vintlarsiz rostlovchi prizmatik; keskichlarning ko'ndalang va o'q bo'ylab rostlash uchun vintlar bilan sozlangan turli konstruktiv ijrolari mavjud.

Diametri aniqligi 0,05...0,01 mm bo'lgan, yo'nib kengaytiruvchi keskichlarning ishini rostlash uchun quloch mikrometrik rostlanadigan keskich-qo'ymalardan foydalaniladi (8.13-rasm). Bunday qo'ymalar yo'nib kengaytiruvchi opravkaning uyasiga o'rnatiladi.

Keskich *5* mahkamlangan tutkich *6* „o'lchamga qo'yish" paytida limb *7* aylanganda vtulka *8* da siljiydi. Shponka *4* tutkichning burilishiga to'sqinlik qiladi. Tutashgan joylardagi tirqishlarni bartaraf qilish uchun likopchasimon prujinalar to'plami *3* bo'lib, u vtulka *8* ning ariqchasida joylashgan. Prujinalar tutkichga burab kiritilgan vtulka *1* bo'rtig'iga tiraladi va uni pastga siljitishga intiladi. Vint *2* keskichni o'lchamga dag'al rostlab qo'yish uchun xizmat qiladi. Bo'linmalar qiymati 0,01 mm bo'lgan limbni burish orqali aniq rostlanadi. Vtulka *8* toretsida nonius bo'lib, u keskich siljishini 1 mkm aniqlikkacha hisoblash imkonini beradi. O'lcham 0,5 mm dan ortiq o'zgarganda, vint *2* dan foydalaniladi.



8.13-rasm. Yo'nib kengaytiruvchi opravkaga mikrometrik qo'yma.



8.14-rasm. Uchburchak shaklidagi plastinali keskichlarni qo'llash sxemasi.

Amalda yo'nishning turli xillari uchun bir xil shakldagi plastinali tutkichlarni qo'llab, keskichlar nomenklaturasini cheklashga harakat qilinadi (8.14-rasm).

Asbobsozlik ishlab chiqarishi to'g'ri yo'lga qo'yilganda, almashtiriladigan ko'p qirrali plastinali asboblarni qo'llash orqali katta texnik-iqtisodiy samaraga erishish mumkin: kavsharlangan keskichlarga nisbatan turg'unlik 25...30% oshadi; qattiq qotishmani kavsharlashga va asbobni qayta charxlashga hojat qolmaydi; qattiq qotishma tejaladi; bitta tutkichda turli rusumdagi qattiq qotishmalardan yasalgan plastinalardan foydalanish mumkin bo'ladi (ishlov berilayotgan materialga bog'liq ravishda) jumladan, volframsiz qattiq qotishmalar va yeyilishga chidamli qoplamali ko'p qirrali plastinalardan; plastina almashtirilayotganda yoki aylantirilganda ish balandligi o'zgarmaydi; kesuvchi tig' uzunligining o'zgarmasligi; ish cho'qqilari koordinatalari va qirquvchi tig'ning tayanch yuzalarga nisbatan o'zgarmasdan qolish.

8.3. Kesish rejimlarini tanlash tartibi

Kesish chuqurligi, surish, kesish tezligi va asbob turg'unlik davri qiymatlarining yig'indisi *kesish rejimini* tashkil etadi. Ishlov berilayotgan detal sifatiga qo'yiladigan barcha talablar bajarilganda, ular eng kam tannarx bilan bajarilgan operatsiya uchun mumkin bo'lgan eng yuqori samaradorlikni ta'minlaganda, kesish rejimlari oqilona bo'ladi. Kesish rejimi parametrlari o'zaro bog'langan va shuning uchun qolgan boshqa rejimlarni tegishlicha o'zgartirmay

turib, ularning hatto bittasini ham o'zboshimchalik bilan o'zgartirish mumkin emas. Rejimlarni tanlash va tayinlash paytida barcha parametrlarning qiymatlarini foydalanilayotgan metall kesish dastgohida realizatsiya qilish maqsadida uning imkoniyatlarini hisobga olgan holda tegishlicha muvofiqlashtirishni amalga oshirish zarur.

Kesish rejimi elementlarini tayinlash izchilligining asosiy qoidalari ishlab chiqilgan. Samaradorlikni oshirish uchun asbob turg'unligining berilgan davrida kesilayotgan qatlamning mumkin qadar katta yuzalari bilan $t \times S$ va mazkur kesim yuzasiga mos keluvchi kesish tezliklarida ishlash kerak.

Shunday qilib, kesish rejimini tayinlashda:

1) mumkin qadar eng yuqori texnologik yo'l qo'yilgan kesish chuqurligi beriladi;

2) tanlangan kesish chuqurligida eng yuqori texnologik yo'l qo'yilgan uzatish tayinlanadi;

3) tanlangan kesish chuqurligi va surishga ko'ra asbobning turg'unlik davrining muayyan kattaligi olinib, yo'l qo'yilgan kesish tezligi aniqlanadi.

Kesish tezligi mazkur texnologik operatsiyani bajarishga qoldirilgan metall qo'yimi bilan bog'liq. Qo'yimni asbobning bir ish o'tishida olib tashlash maqsadga muvofiqdir. Dastgoh yetarli quvvatga ega bo'lmaganda va ishlov berilgan yuzaning o'lchamlari va sifatiga yuqori talablar qo'yilganda qo'yim, asbobning bir necha ish yurishida olib tashlanadi.

Xomaki ishlov berishda zagotovkaning o'lchamlari va tayyorlanish usullari bilan qo'yim 7 mm dan ortiq bo'lishi mumkin. Kesish tezligining ayrim muvozanat qiymatlari orttirilganda butun DMAD (dastgoh-moslama-asbob-detal) tizimida tebranishlar paydo bo'lishi mumkin. Shu sababli, qo'yim 7 mm dan ortiq bo'lganda, uni asbobning ikki yoki ko'proq o'tishda kesiladi, bunda kesish chuqurligi har bir o'tishda bir xil bo'lishi yoki izchil kamaytirilishi mumkin.

Qisman tozalab ishlov berishda qo'yim 0,5...5 mm atrofida o'zgaradi. Tozalab ishlov berishda qo'yim 0,5 mm dan ortiq bo'lmaydi.

Mexanik ishlov berish samaradorligini oshirish uchun yo'l qo'yilgan surishning eng katta qiymatini tayinlash maqsadga muvofiqdir. Yo'l qo'yiladigan surishning eng yuqori qiymati, odatda, quyidagilar bilan chegaralanadi: effektiv quvvat yoki dastgohning aylantirish momenti; dastgoh surish mexanizmi

zaif zvenosining mustahkamligi; ishlov berilayotgan zagotovkaning bikrligi; asbobning mustahkamligi va bikrligi, ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligi.

Xomaki ishlov berishda surish tezligi S = 0,4...0,7 mm/ayl atrofida tanlanadi, ammo bunda u albatta, dastgoh surish mexanizmlari detallarining mustahkamligi, ba'zan esa zagotovkaning mustahkamligi va bikrligi jihatidan tekshirib ko'riladi.

Qisman tozalab ishlov berishda surish S = 0,1...0,4 mm/ayl atrofida belgilanadi.

Qisman tozalab ishlov berishda surish berilgan aniqlik va ishlov berilgan yuza g'adir-budurligi bo'yicha aniqlanadi. Bunda surish quyidagi formuladan hisoblanadi:

$$S = C_s R_z^y r_n^u / t^x \varphi^z \varphi_1^z, \qquad (8.1)$$

bu yerda: C_s — ishlov berilayotgan material xossalariga bog'liq koeffitsiyent; R_z — ishlov berilgan yuza g'adir-budurligi parametri; r_n — keskich cho'qqisidagi mahkamlash radiusi; x, y, z, u — daraja ko'rsatkichlari.

Hisoblangan yoki tanlangan surish kattaligi dastgohning pasport ma'lumotlari bo'yicha $S \leq S_{pasport}$ shartiga muvofiq tuzatiladi. Kesish chuqurligi va surishni shu tariqa tanlab, kesish tezligi ushbu tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$\upsilon = \frac{C_v}{T^m t^x S^y (HB/200)^{n_v}} K_v, \qquad (8.2)$$

bu yerda: C_v — ishlov berish sharoitlari va xarakterini hisobga oluvchi koeffitsiyent; T — keskich turg'unligi, bu ma'lumotnoma materiallarining tavsiyalariga ko'ra bajarilayotgan operatsiya va asbobsozlik materiali tabiatiga bog'liq holda belgilanadi, HB — ishlov berilayotgan materialning qattiqligi. HB/200 nisbat birdan kam farq qilishi tufayli (8.2) tenglamadagi ifodalar tartib bo'yicha qiyoslanadigan son qiymatlariga ega bo'lishi uchun HB/200 nisbat bilan olinadi; K_v — ishlov berish sharoitlariga tuzatish koeffitsiyenti; m — nisbiy turg'unlik ko'rsatkichi; x_v, y_v, n_v — daraja ko'rsatkichlari.

Hisoblab chiqilgan kesish tezligi V_{his} bo'yicha ishlov berilayotgan zagotovkaning berilgan diametri D uchun dastgoh shpindelining aylanish chastotasi $n = 1000\upsilon/\pi D$ (ayl/min) tenglamaga ko'ra aniqlanadi.

Shpindel aylanish chastotasining qiymati dastgoh pasporti bo'yicha tuzatiladi. Shpindel aylanishining ish chastotasi dastgoh tezliklari qutisi tomonidan ta'minlanadigan qiymatlar sonidan

olinadi, bunda hisoblangan aylanish chastotasi $n_{i\,dis.} < n < n_{i+1\,dis.}$ chastotalar oralig'ida joylashishi mumkin. Bunda shpindel aylanish chastotalarining kattaroq va kichikroq qiymatlarini tanlash mumkin bo'lganligi tufayli, mazkur tanlash mantiqiy mulohazalarga bo'ysundirilishi, ishlov berilayotgan detallarning sifati va ishlov berish samaradorligiga qo'yiladigan talablarni hisobga olishi lozim.

Shpindel aylanishining tanlangan chastotasi n, ayl/min, bo'yicha amaldagi kesish tezligi $\upsilon = \pi Dn/1000$, m/min, hisoblab topiladi.

Surish, kesish chuqurligi va kesish tezligining to'g'ri tanlanishi dastgoh quvvatidan kelib chiqib tekshirib ko'riladi. Kesishga sarflanadigan effektiv quvvat quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$N_e = \frac{P_z V}{60 \cdot 102}, \text{ kBt}. \qquad (8.3)$$

N_e — kesish jarayonini amalga oshirish uchun bevosita sarflanadigan effektiv quvvat bo'lib, umumiy holda kesish jarayonida kesish kuchining R barcha P_x, P_y, P_z tashkil etuvchilari tomonidan sarflangan quvvatining yig'indisidir (7.1-rasm). Kesish kuchining o'qiy tashkil etuvchisining quvvati $N_{ex} = P_x nS$, bu yerda n — ishlov berilayotgan detalning aylanish chastotasi; S — bo'ylama surish. Kesish kuchlari radial tashkil etuvchisining quvvati $N_{ey} = P_y V \cos 90^\circ = 0$, chunki P_y vektor V vektorga perpendikulardir. Yo'nalishi kesish yo'nalishiga mos bo'lgan vertikal tashkil etuvchi P_z ning quvvati $N_{ez} = P_z V$ tenglama bilan aniqlanadi. Shunga ko'ra effektiv quvvat mazkur tenglamalardan foydalanilgan holda $N_e = N_{ex} + N_{ey} + N_{ez} = P_x nS + P_z V$ tarzda aniqlanadi. Surish tezligi nS ko'paytmasi bilan ifodalanib, kesishning aylana tezligi V dan qariyb ikki yuz marta kichik bo'ladi. Shu sababli, N_{ex} quvvat barcha sarflangan effektiv quvvatning 2% ga yaqinini tashkil etadi. Effektiv quvvatning asosiy qismi N_{ez} tashkil etuvchiga to'g'ri keladi. Shu bilan bog'liq ravishda effektiv quvvatni hisoblash, R kattalik o'rniga kesish kuchlarining P_z tashkil etuvchisi shartli qabul qilingan tenglama (8.3) bo'yicha amalga oshiriladi. Metall kesish dastgohi kinematik zanjirlarining foydali ish koeffitsiyenti $\eta > 1$ ni hisobga olganda elektr dvigatel quvvati quyidagi formula bo'yicha aniqlanishi mumkin:

$$N_{ed} = \frac{N_e}{\eta}. \qquad (8.4)$$

Hosil qilingan quvvat dastgoh elektr dvigateli quvvatidan ortiq bo'lmasligi kerak:

$$N_{ed} \le N_{ed\,dast.}$$

Ko'p keskichli tokarlik dastgohlari va yarim avtomatlarda, agregatli, ko'p maqsadli dastgohlarda bir emas, bir necha asboblar ishlaydi, bu esa asbobdan foydalanish bilan bog'liq chiqimlarni ko'paytiradi. Shuning uchun ko'p asbobli ishlov berishda kesish rejimi elementlari maxsus usulda aniqlanadi.

8.4. Kesish jarayonini optimallashtirish

Asbobning optimal ish rejimlarini aniqlash mashinasozlik sohasida muhim texnik-iqtisodiy masala hisoblanadi. Mashinasozlik ishlab chiqarishining keng miqyosda avtomatlashuvi, raqamli boshqarish programmasi bo'lgan dastgohlarning, avtomatik liniyalarning, ko'p operatsiyali dastgohlarning qo'llanishi, shu bilan birga, odatda, kesib past ishlov beriladigan yangi materiallarni keng foydalanish bilan mazkur vazifaning ahamiyati yanada ortadi.

„Optimal" so'zi keng ma'noda ayrim effektivlik mezoni nuqtayi nazaridan eng yaxshi degan ma'noni anglatadi. Bunday izohlashda har qanday asoslangan tizim optimal bo'lib chiqadi, chunki qandaydir tizimni tanlashda uning qandaydir jihatdan boshqa tizimlarga nisbatan yaxshiroqligi anglanadi. Tanlash uchun olingan mezonlar (optimallik mezonlari) har xil bo'lishi mumkin.

Hisoblab chiqilgan yoki tayinlangan turli kesish rejimlarini qo'llagan holda metallarga kesib ishlov berilganda yetakchi omillar sifatida quyidagilar olinadi: tannarxning eng kam miqdori, bir smenada bajariladigan eng ko'p ish, ishlov berilgan yuzalarning sifati va aniqligi, asbobning turg'unlik davri, ishlov berilayotgan hududdagi harorat, o'ng chekka kesish kuchini, asosiy yuritma elektr dvigateli quvvatidan to'liq foydalanish va hokazo. Turli ishlab chiqarish sharoitlarida yuqorida tilga olingan omillar optimallashtirish mezonlari, ya'ni ekstremal yoki eng so'nggi chegara qiymatlari hamda optimallashtirish mumkin bo'lgan sharoitlar, chegaralarni aniqlaydigan cheklovchi omillar sifatida namoyon bo'lishi mumkin.

Metallarni kesish nazariyasi rivojining ilk bosqichlarida olish mumkin bo'lgan axborot hajmi cheklanganligi tufayli optimallik muayyan ma'noda ishlov berish jarayonini boshqarish muammosini hal qilishda ichki sezgi va tajriba asosida qabul qilingan. Hozirgi paytda kiritilayotgan axborot hajmi shunchalar ulkanki, mazkur axborotlarni muayyan bir qaror qabul qilish maqsadida qayta ishlash avtomatlashni joriy etmasdan turib mumkin emas. Optimal yechimni qabul qilish masalasini hal etishda yana ham katta qiyinchiliklar yuzaga keladi.

Matematik programmalashtirishning mazmuni chiziqli yoki chiziqli bo'lmagan cheklashlar (tenglik va tengsizliklar) bilan belgilanadigan funksiyalarning ko'pgina ekstremumlarini topish haqidagi masalani hal etishning nazariya va usullaridan iborat. Matematik programmalashtirish masalalari ishlab chiqarish jarayonlarini loyihalash va boshqarish muammolarini hal etishda shu jumladan, kesish jarayonining avtomatlashtirilgan boshqaruvida va uning texnologik tayyorlanishini loyihalashda qo'llanilmoqda.

Kesib ishlov berish jarayonini optimallashtirishda quyidagi asosiy bo'limlar ajratiladi va ular matematik programmalashtirishdagi modellarning an'anaviy tasnifiga mos keladi: 1) chiziqli programmalashtirish, bunda maqsadli funksiya (yoki optimallash mezoni) chiziqli, maqsadli funksiya ekstremumi izlanadigan ko'plik esa tengsizliklarning chiziqli tengliklari tizimidan beriladi; 2) chiziqli bo'lmagan programmalashtirish, bunda maqsadli funksiya va cheklashlar chiziqli emas; 3) yaxlit sonli programmalash, bunda o'zgaruvchilarga yaxlit sonlilik sharti qo'yiladi.

Kesish jarayonining optimal boshqariluvchi parametrlarini tanlash vazifasining matematik jihatdan qo'yilishi chiziqli programmalashtirish vazifasi sifatida quyidagilardan iborat:

$$\min \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \text{ ni topish,} \tag{8.5}$$

cheklashlarni bajarishda

$$x_i \geq 0, \quad \left(i = \overline{1, n} \right) \tag{8.6}$$

$$\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_i \geq b_j, \quad \left(j = \overline{1, m} \right), \tag{8.7}$$

bunda: n – boshqariluvchi parametrlar yoki o'zgaruvchilar soni; m – masalaning cheklashlar soni; a_{ij} va b_j – konstantalar.

Kesish tezligini optimallashtirish masalasini bo'ylama yo'nishda kesish rejimini hisoblash misolida ko'rib chiqamiz. Bunda optimallik mezoni sifatida minimal bo'lgan asosiy texnologik ishlov berish vaqtini qabul qilamiz.

Tenglama $t_0 = \frac{l}{nS}$ minimal bo'lishi uchun ko'paytma nS maksimal qiymatga ega bo'lishi kerak. Shuning uchun baholovchi sifatida

$$f = nS = \max \tag{8.8}$$

funksiya qabul qilinishi mumkin.

Jarayonni boshqaruvchi parametrlar koeffitsiyentlari bilan darajali funksiyalar cheklashlarni tashkil etadi:

1) keskichning kesish xususiyati

$$V = \frac{C_v K_v}{T^m t^{x_v} S^{y_v}} = \frac{\pi D n}{1000},$$

bundan

$$n S^{y_v} = \frac{318\, C_v K_v}{D T^m t^{x_v}}; \qquad (8.9)$$

2) dastgohning effektiv quvvati

$$N_e = \frac{PV}{6120} \le N_{tab.}$$

kesish tezligini D va n orqali ifodalab quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{C_p K_p t^{x_p} S^{y_p} \pi D n}{6120 \cdot 1000} \le N_{tab.},$$

bundan

$$n S^{y_p} \le \frac{195 \cdot 10^4 \cdot N_{tab.}}{C_p K_p D t^{x_p}}; \qquad (8.10)$$

3) ishlov berilgan yuza g'adir-budurligining yo'l qo'yiladigan balandligi

$$R = \frac{C_R t^{x_R} S^{y_R} K_{\varphi}^{z_R} K_{\varphi_1}^{z_R}}{T^{m_R}} \le R_{zad},$$

bundan

$$S^{y_R} \le \frac{R_{zad} T^{m_R}}{C_R t^{x_R} (\varphi\varphi_1)^{z_R}}; \qquad (8.11)$$

4) dastgoh surish mexanizmi uzellarining mustahkamligi yo'l qo'yadigan eng katta kuch

$$P_s = C_{p_s} K_{p_s} t^{x_p} S^{y_p} \le P_{max},$$

bundan

$$S^{y_p} \le \frac{P_{max}}{C_p K_p t^{x_p}}; \qquad (8.12)$$

5) dastgohning minimal surish tezligi $S \ge S_{dist\,min}$; (8.13)

6) dastgohning maksimal surish tezligi $S \le S_{dist\,max}$; (8.14)

7) dastgoh shpindeli aylanish sonining minimal miqdori $n \geq n_{dist\,min}$; (8.15)

8) dastgoh shpindeli maksimal aylanish miqdori $n \leq n_{dist\,max}$; (8.16)

Cheklashlar tizimi va baholash funksiyasini chiziqli programmalashtirish masalasiga aylantirish uchun, o'ng va chap qismlarini logarifmlash kerak (8.8)...(8.16). Natijada quyidagini hosil qilamiz:

$$f = \ln n + \ln S = \max$$

$$\ln n + Y_v \ln S = \ln \frac{318 C_v K_v}{D T^{m_T} t_v};$$

$$\ln n + Y_p \ln S \leq \ln \frac{195 \cdot 10^4 N_{elast}}{C_{P_z} K_{P_z} D t^{x_z}};$$

$$Y_R \ln S \leq \ln \frac{R_{z\,max}\, d^{y_z}}{C_R t^{x_R} (\varphi\varphi_1)^{z_R}};$$

$$Y_{P_1} \ln S \leq \ln \frac{P_{min}}{C_{P_1} K_{P_1} t^{x_{P_1}}};$$

$$\ln S \geq \ln S_{dist\,min};$$
$$\ln S \leq \ln S_{dist\,max};$$
$$\ln n \geq \ln n_{dist\,min};$$
$$\ln n \leq \ln n_{dist\,max}.$$

$\ln n = x_1$, $\ln S = x_2$ va ifodaning o'ng tomonlarini b orqali tegishlicha indekslar bilan belgilab, optimal kesish rejimining matematik modelini hosil qilamiz:

$$f = x_1 + x_2 = \max. \tag{8.17}$$

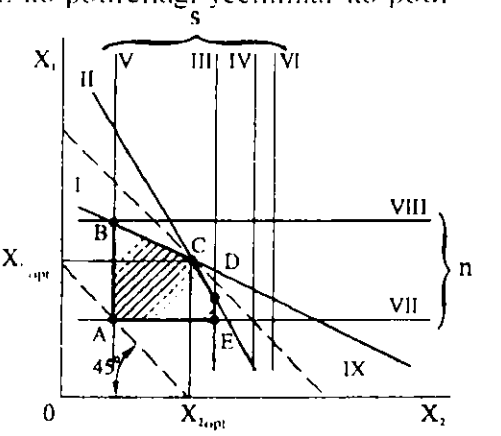
$$\begin{aligned}
x_1 + Y_v x_2 &= b_1;\\
x_1 + Y_p x_2 &\leq b_2;\\
Y_p x_2 &\leq b_3;\\
Y_{P_1} x_2 &\leq b_4;\\
x_2 &\geq b_5;\\
x_2 &\leq b_6;\\
x_1 &\geq b_7;\\
x_1 &\leq b_8.
\end{aligned} \tag{8.18}$$

Kesib ishlov berishning aniq operatsiyalarini izchil tayyorlashni bir necha bosqichda o'tkazish lozim, ular quyidagilardan iborat: asbobni tayinlash (kesuvchi qismining materialini va geometrik parametrlarini); umumiy qo'yimni har bir ish yurishiga bo'lib chiqish; mazkur yurishlarning har biri uchun texnologik talablarni tayinlash; chiziqli dasturlashtirishning qator masalalarini yechish orqali, har bir ish yurishi uchun optimal rejimlarni tayinlash.

Kesishning optimal rejimi matematik modelining geometrik talqini 8.15-rasmda ko'rsatilgan.

x_1x_2 koordinatalar sistemasida I...VIII chiziqlar tegishlicha cheklovchi bog'lanishlar tenglamasini tasvirlaydi. Kesishuvda ular i nuqtalar sonini aniqlab beradi. Parallel to'g'ri chiziqlarning kesisha olmasligi tufayli to'rt nuqtani chiqarib tashlagan holda sakkiz elementning ikkitadan biri bilan belgilanadigan miqdorni ko'rsatadi $i = C_{8-4}$.

Mazkur nuqtalar orasida shundaylari ham borki, ular qo'yilgan cheklashlarning barcha tenglamalarini qanoatlantiradi. Abssissa o'qiga 45° burchak ostida og'dirilgan *IX* uzuq chiziq bilan, optimallashtirish lozim bo'lgan, baholash funksiyasi tasvirlangan. Agar cheklashlar tizimi qarama-qarshi bo'lmasa, unda sistemaning mumkin bo'lgan yechimlar sohasi x_1x_2 koordinatalarda qavariq ko'pburchak tarzida chizilgan. Ko'pburchak cho'qqilarining koordinatalari sistema tenglamalarining hamkorlikdagi yechimining ildizidir, ko'pburchak ichidagi nuqtalar esa barcha cheklashlarni qanoatlantiradi. Cheklashlar sistemasining ko'plab yechimlari orasidan optimal yechimni topish uchun ko'pburchak nuqtalari orasidan shunday nuqtalarni topish kerakki, ular uchun baholovchi funksiyaning chiziqli shakli eng yuqori qiymatga ega bo'lsin. Masalan, shtrixlangan *ABCDE* ko'pburchagi yechimlar ko'pbur-



8.15-rasm. Kesib ishlov berishda optimallashtiruvchi parametrlarning yo'l qo'yilish sohasi.

chagi bo'lsin, deylik. U shpindel aylanishlari sonining eng kam miqdori chiziqlari va eng kam surish miqdori, surish chizig'i, ishlov berilgan yuza g'adir-budurligining yo'l qo'yiladigan balandligi, keskichning kesish qobiliyati va dastgohning effektiv quvvati chiziqlari bilan cheklangan. IX to'g'ri chiziqni koordinatalar boshidan o'ziga parallel holda ko'pburchakning A nuqtasiga siljitilsa, baholovchi funksiyaning chiziqli shakli o'zining minimal qiymatiga ega bo'ladi. Siljitish davom ettirilganda chiziqli shakl o'sib boradi va koordinatalari x_{1opt} va x_{2opt} bo'lgan C nuqtada maksimal qiymatga erishadi. Mazkur koordinatalar shu tarzda sistemaning optimal yechimiga mos bo'ladi.

Masala EHM yordamida yechilganda, avvalo, to'g'ri chiziqlar barcha kesishuv nuqtalarining x_1 va x_2 koordinatalari tenglamalar sistemasi ildizlari formulasi bo'yicha aniqlanadi. Keyin x_1 va x_2 ning qaysi qiymatlari tizimning barcha cheklash tenglamalarini qanoatlantirishi aniqlanadi. Oxirida ko'pburchakning koordinatalari aniqlanadiki, buning uchun ularning yig'indisi maksimal qiymatga ega bo'ladi:

$$x_{1opt} + x_{2opt} = \max$$

$$x_{1opt} = \ln n_{opt}, \; x_{2\,opt} = \ln S,$$

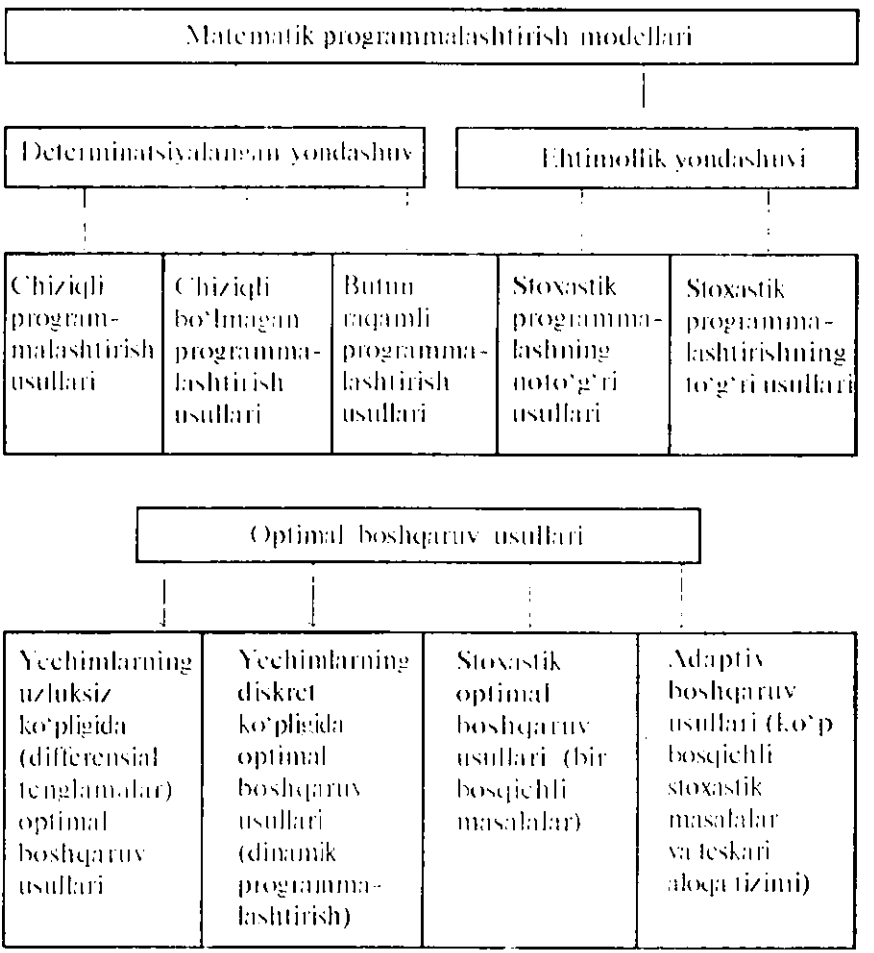
shuning uchun

$$n_{opt} = e^{x_{1\,opt}}, \; S_{opt} = e^{x_{2\,opt}}$$

bo'ladi.

Ko'pincha chiziqli programmalash masalasining ekstremumini topish, masalani aniqlash sohasining chekka nuqtalarini yoki ko'p burchak cho'qqilarini topishga yo'naltirishni ko'zda tutadi. Bu g'oya simpleks-usulda o'z ifodasini topgan, ancha ishlangan va keng tarqalgan bu usul yo'l qo'yiluvchi sohaning eng chekka nuqtasini (yoki ko'pburchak cho'qqisini) topish hamda u maqsadli funksiyaning ekstremum nuqtasi ekanligini aniqlash imkonini beradi. Agar u ekstremum nuqta bo'lmasa, u holda qo'shni cho'qqiga o'tish ta'minlanadi va bunda maqsad funksiyasining qiymati ilgarigidan kattaroq (yoki kichikroq) bo'ladi. Shu tariqa yechimni topish uchun yaqinlashtiruvchi qadam qo'yiladi. Masalalarning yechimi qadamlarning so'nggi sonidan keyin topiladi yoki mavjud emas deb tan olinadi (masalan, masalaning cheklashlari mos kelmaganda). Chiziqli programmalash masalasi uchun ekstremumni topish usulining tugalligi uning eng muhim xususiyatidir, chunki,

ancha murakkab masalalarni, jumladan, chiziqli bo'lmagan programmalash masalalarini yechish usullari tugal emas va shundan kelib chiqib ular faqat taxminiy yechimlarnigina bera oladi. Amalda jarayon modeliga kiruvchi tengsizliklarning barchasini (8.8)...(8.16) ko'rinishlarda taqdim etish mumkin emas. Agar funksiyalarning hech bo'lmaganda bittasi darajali funksiyadan farq qilsa, u holda model chiziqli bo'lmagan programmalash modeliga mansub emas. Jumladan, agar regressiv tahlil usullari orqali biz (8.8)...(8.16) funksiyalardan biri uchun ikkinchi tartibdagi polinomni hosil qilsak, unda chiziqli bo'lmagan programmalash masalasiga ega bo'lamiz.



8.16-rasm. Kesish jarayonini optimallashning model va usullari sistemasi.

Boshqaruvning turli masalalarini yechish uchun turli sinflarga mansub EHM lardan foydalanishning shunday taxminiy chizmasi taklif etiladi [11] (8.1-jadval).

Matematik jihatdan optimal loyihalash, asosan, chiziqli bo'lmagan programmalash masalalariga kelib taqaladi. Masalalarning bu sinfi ancha kengroq, ammo chiziqli programmalash masalalaridan murakkabroqdir. Ularning yechilish uslublarini qidirish (iteratsion) usullarga mansubdir.

8.1-jadval

Kesish jarayonini boshqarish masalalari uchun EHM dan foydalanish

Masala turi	O'zgaruvchanlar soni (masalaning o'lchamliligi)	Operativ xotira hajmi, Kbayt *Davomi*									
		mikro EHM		mini EHM					ES EHM		
		32	56	32	64	124	248	512	512	1024	1024 dan ortiq
Rejimlarning normativlar bo'yicha hisobi											
Chiziqli programmalashtirish	2 gacha										
	10 gacha										
	30 gacha										
Chiziqli bo'lmagan programmalashtirish	2 gacha										
	10 gacha										
	30 gacha										
Real vaqt rejimida diagnos qilish	2										
	2 dan ortiq										

Optimal boshqaruv	2 gacha faza koordinatalari va 10 ta o'zgaruvchanlar										
	2 tadan ortiq faza koordinatalari va 10 ta o'zgaruvchanlar										
Stoxastik programmalashtirish	5 gacha										
	5 dan ortiq										
Stoxastik optimal boshqaruv	2 tagacha faza koordinatalari va 5 ta o'zgaruvchanlar										
	2 tadan ortiq faza koordinatalari va 5 ta o'zgaruvchanlar										

Optimallovchi parametrlar sonining ortishi va kesish jarayonini optimallashtirishning oddiy modellaridan ancha murakkab modellariga o'tish adekvatlikning ortishi bilan bir qatorda EHM ga magnitli tashuvchilardagi operativ tashqi xotira hajmi, ular orasidagi axborot almashinuv, vaqt birligidagi operatsiyalar soni bo'yicha tobora yuqori talablar qo'yadi.

Operativ xotirasi 65 Kbayt gacha bo'lgan shaxsiy foydalanish uchun chiqarilgan mikro EHM larda kesish rejimini tayinlash me'yoriy materiallardan, ya'ni, formulalar bo'yicha hisoblashlardan hamda chiziqli programmalashtirish modellari bo'yicha, tarkibida uchtadan ortiq o'zgaruvchi bo'lmagan optimal kesish rejimlarini tanlashdan foydalangan holda amalga oshiriladi.

Kesish jarayonini optimallashning chiziqli bo'lmagan programmalashtirish masalalari singari yechiluvchi (o'zgaruvchilar soni o'ntadan ortiq bo'lmagan) masalalari hamda real vaqt rejimida hal etiluvchi diagnostikalash masalalari operativ xotirasi hajmi 512 Kbaytdan kam bo'lmagan mini EHM larda yechilishi mumkin.

Kesish jarayonini optimal boshqarish masalalari yoki boshqariluvchi o'zgaruvchanlar soni o'ntadan ortiq bo'lgan chiziqli programmalashtirish masalalari hamda stoxastik programmalash va stoxastik optimal boshqaruv masalalarini bir turkumdagi, operativ xotirasi hajmi kamida 512 Kbayt bo'lgan, faoliyat tezligi yuqori mashinalarda yechish maqsadga muvofiqdir.

9-BOB | Parmalash

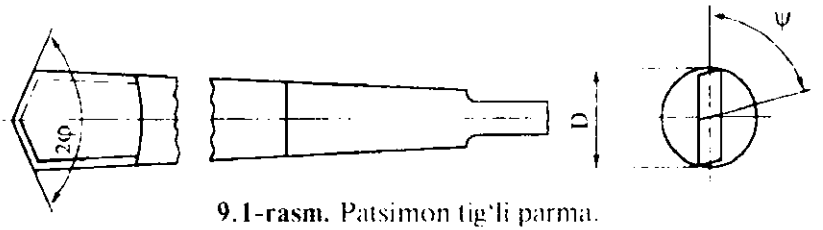
9.1. Parmalarning vazifasi va asosiy turlari

Parmalash — mashinasozlikda teshiklarga ishlov berishda asosiy va keng tarqalgan texnologik jarayondir. Ishlov berilayotgan zagotovkaning yaxlit materialida ochiq yoki oxiri berk teshiklar hosil qilishda parmalashdan foydalaniladi. Parmalangan teshiklar, odatda, mutlaq to'g'ri silindrik shaklga ega bo'lmaydi. Ko'ndalang kesimda ular oval shaklga, bo'ylama kesimda esa ozgina konussimonlikka ega bo'ladi.

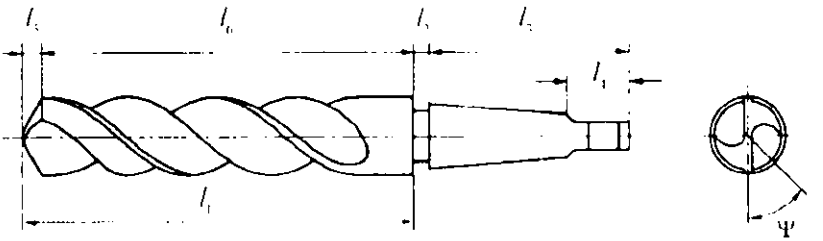
Hosil qilingan teshiklar diametrlari hamma vaqt shu teshiklarni ochgan parma diametridan katta bo'ladi. Parmalar diametri bilan ular hosil qilgan teshiklar diametri o'rtasidagi farq parma diametrining 1% ini tashkil etadi va teshik razbivkasi deb ataladi. Razbivka bo'lishiga sabab parmalarni nosimmetrik charxlash ham parma va parmalash dastgohi shpindeli o'qlarining noo'qdoshligidir.

Parmalashdan so'ng ishlov berish ko'zda tutilmaganda ochilgan teshiklar boltli birikmalar va keyinchalik rezba kesish ko'zda tutilgan hollar uchun qoldiriladi.

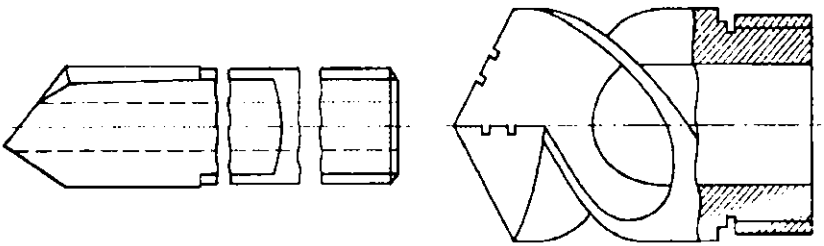
Konstruktiv belgilariga ko'ra: parmalar patsimon tig'li (9.1-rasm), vintsimon yoki spiral (9.2-rasm), chuqur parmalash uchun (9.3-rasm), markazlovchi (9.4-rasm) va maxsus (9.5-rasm) parmalarga bo'linadi.



9.1-rasm. Patsimon tig'li parma.



9.2-rasm. Spiral parma.

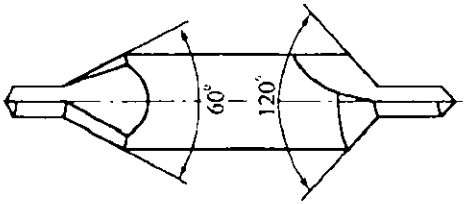


9.3-rasm. Chuqur parmalash uchun parmalar.

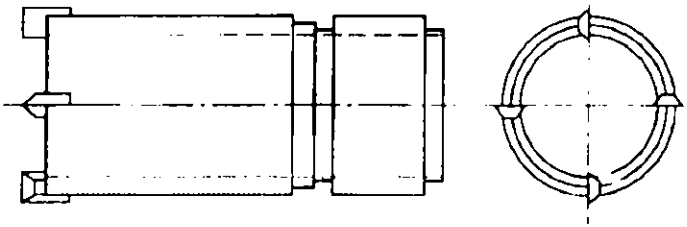
Patsimon tig'li parmalar konstruksiyasiga ko'ra oddiy, biroq ish unumi, hosil qilingan teshiklarning aniqligi pastligi, qirindi qaytarish sharoitlarining yomonligi sababli juda kam qo'llanadi.

Markazlovchi parmalardan detallar markazida diametri 1 dan 10 mm gacha bo'lgan teshiklar hosil qilishda foydalaniladi.

Chuqur parmalash uchun (l>10D) maxsus parmalardan foydalaniladi. O'qi to'g'ri chiziqdan ozgina chetga chiqqan chuqur teshiklar bir qirrali va u o'qqa nisbatan siljitilgan cho'qqili kesish tishli parmalar yordamida hosil qilinadi (miltiq parmasi) (9.3-rasm, *a*). Bunday surilish parmalash jarayonida duch keladigan konusni hosil qiladi. Mana shu hol hamda parma o'zining yo'naltiruvchi plastinkalari bilan teshikning yon yuzasiga tayanib turishi uning o'qining to'g'ri chiziqdan kichik og'ishini ta'minlaydi. Chuqur bo'ylab parmaning ish qismiga moylash-sovitish texnologik muhiti uzatiladi, mazkur muhit qaytish yo'lida parmaning tashqi



9.4-rasm. Markazlovchi parma.

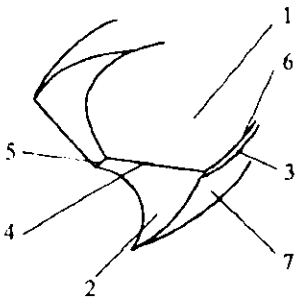


9.5-rasm. Halqasimon parma.

ariqchalari bo'ylab qirindini olib ketadi. Bir qirrali va ikki qirrali parmalar ham qo'llaniladi, ularda qirindi markaziy teshik orqali olib ketiladi (9.3-rasm, *b*).

Diametri 80...200 mm va undan ortiq bo'lgan ochiq teshiklar halqasimon parmalar bilan ochiladi (9.5-rasm). Bunday parma bilan faqat halqa qismi qirqiladi, teshik markazida esa zagotovka sifatida foydalanishga yaroqli sterjen qoladi.

Parmalarning eng ko'p tarqalgan turi spiralsimon (vintsimon) parmalardir. 9.2-rasmda konussimon quyruqli spiral parma konstruksiyasi ko'rsatilgan. Parma ish qism l_1, bo'yincha l_2 va panja l_4 li quyruq l_3 dan tashkil topgan. Ish qismi ikki qismga bo'linadi: kesuvchi l_5 va yo'naltiruvchi l_6. Kesuvchi qismda parmaning kesuvchi tig'lari joylashgan. Yo'naltiruvchi qismda ikkita yo'naltiruvchi faskalar (tasmachalar) bo'lib, ular yordamida parma teshikka markazlashadi. Bundan tashqari, yo'naltiruvchi qismda qirindini teshikdan olib chiqish uchun xizmat qiladigan ikkita spiral qirindi ariqchalar ham bor.

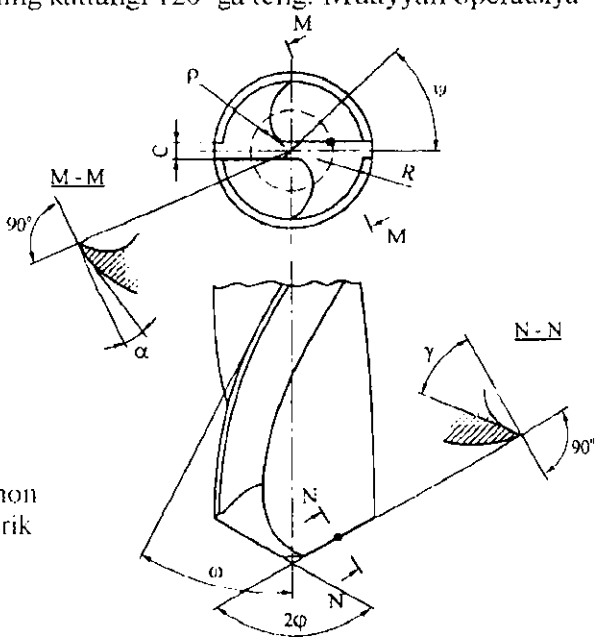


9.6-rasm. Spiralsimon parmaning yuzalari va ish qismining tig'i.

9.6-rasmda parma kesuvchi qismining yo'naltiruvchi qismga o'tish joyi ko'rsatilgan. Old yuza l_1 qirindi ariqchasining ish bajarmaydigan qismining egri

chiziqli vint yuzasi bilan ohista qo'shilib ketuvchi, chiziqli vintsimon yuzasidan iborat. Orqa yuza *2* konussimon, chiziqli vintsimon yuzali yoki tekis bo'lishi mumkin. Orqa yuzasi o'q bilan muayyan burchak ostida kesishuvchi konussimon yuzaning bir qismini tashkil etuvchi parmalar keng tarqalgan parmalardir. Yordamchi orqa yuza *3* (faska), o'qi parma o'qiga mos, konusligi kichik bo'lgan konussimon yuzaning bir qismini tashkil etadi. Ishqalanishni kamaytirish uchun parma va teshik devori o'rtasida parma suyanchig'i *7* balandligi faskaga nisbatan pastlatilgan. Parmaning asosiy tig'i *4* ni aniq to'g'ri chiziq deb hisoblash mumkin. Orqa yuzalarning kesishuvi natijasida ko'ndalang tig' yoki (peremichka) deb ataluvchi tig' *5* hosil bo'ladi. Agar parmaning orqa yuzalari konussimon shaklda bo'lsa, ko'ndalang tig' ikkilangan qiyshiq chiziqdan iborat. Yordamchi tig' *6* kichik konuslikka ega konussimon vint chiziqdir. Shunday qilib, parma ikkitadan old, orqa va yordamchi orqa yuzalarga, ikkita asosiy va yordamchi hamda ko'ndalang tig'larga ega.

9.7-rasmda spiralsimon parmaning parametrlari ko'rsatilgan. Asosiy tig'lar plandagi *ikkilangan burchak* deb ataluvchi 2φ burchak ostida kesishadi. Plandagi ikkilangan burchak asosiy tig'larga parma o'qi orqali parallel o'tuvchi tekislikda asosiy tig'larning proyeksiyalari o'rtasidagi burchakdir. Standart parmalarda plandagi ikkilangan burchakning kattaligi 120° ga teng. Muayyan operatsiya-



9.7-rasm. Spiralsimon parmaning geometrik parametrlari.

lar uchun loyihalashtirilgan maxsus parmalarda 2φ burchakning kattaligi ishlov berilayotgan detal materialining qattiqligi va mustahkamligiga bog'liq. Bunday hollarda 2φ burchak 90...140° oralig'ida bo'ladi.

Parmaning teshikda siqilib qolishining oldini olish uchun, uning yo'naltiruvchi qismi 100 mm parma uzunligining 0,04...0,1 mm ni tashkil etuvchi teskari konus shaklida yasaladi.

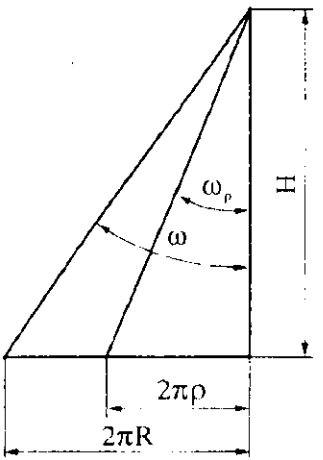
Burchak ψ kashak (peremichka) ning *qiyalik burchagi* deyiladi. Bu burchak asosiy tig' va parma o'qiga perpendikular tekislikdagi kashaklar proyeksiyalari o'rtasida joylashgan. Burchak ψ kattaligi 50...55°.

Burchak ω *vint ariqchasining qiyalik burchagi* deyiladi. Bu burchak ariqchaning vint chizig'iga o'tkazilgan urinma bilan parma o'qi o'rtasida joylashgan. Vint yuzasining ma'lum xossalari tufayli vint ariqchasining qiyalik burchagi asosiy tig'ning turli nuqtalarida o'zgartirilgan. 9.8-rasmda tekislikda yoyilgan vint chiziqlari tasvirlangan, ular asosiy tig'ning R radiusli eng chekka nuqtasiga va ρ radiusli silindrda joylashgan asosiy tig' nuqtasiga mos keladi. Mazkur ariqcha vint chiziqlarining qadami H ga teng. Ikkita uchburchakni yechib, quyidagilarga ega bo'lamiz:

$$\mathrm{tg}\omega = \frac{2\pi R}{H}; \quad \mathrm{tg}\omega_\rho = \frac{2\pi\rho}{H}.$$

Ikkinchi ifodani birinchiga bo'lib:

$$\mathrm{tg}\omega_\rho = \frac{\rho}{R}\mathrm{tg}\omega. \qquad (9.1)$$



9.8-rasm. Ariqcha vint chiziqlarining tekislikda yoyilishi.

Turli materiallar uchun ω burchak 15...45° atrofida qabul qilinadi.

Parmaning old burchagi γ asosiy tig'ga normal bo'lgan tekislikda o'lchanadi. Bu old yuzaga tegib turuvchi tekislik bilan parma o'qiga asosiy kesuvchi tig' orqali parallel o'tuvchi tekislik o'rtasidagi burchakdir. Old burchak old yuzaning NN normal tekisligi bilan kesishishi natijasida hosil bo'lganligi sababli, uning kattaligi vint yuzasining parametrlari orqali aniqlanadi:

$$\mathrm{tg}\gamma = \frac{\rho}{R}\cdot\frac{\mathrm{tg}\omega}{\sin\varphi}. \qquad (9.2)$$

Bu formuladan shunday xulosaga kelish mumkin, vint ariqchasining qiyalik burchagi singari parmaning old burchagi ham asosiy tig' uzunligi bo'ylab o'zgaruvchandir va u tig'ning kashakka yaqinlashuvchi nuqtalarida kichrayadi. Parmalarning chizmalarida old burchak belgilanmaydi, chunki old yuzaning shakli N qadam va vint ariqchasining ω_v qiya burchagi bilan to'liq xarakterlanadi.

Burchak α parmaning orqa burchagidir (9.7-rasm). Orqa yuzaga urinma tekislik bilan parma o'qiga perpendikular tekislik o'rtasidagi burchak *orqa burchak* deyiladi. Parmaning orqa burchaklari ham o'zgaruvchandir. Ammo, agar old burchak kashakka yaqinlashgan sari kichraysa, orqa burchak esa, aksincha, kattalashadi. Parma chizmasida orqa burchak asosiy tig'ning chekka nuqtasida beriladi, chunki mazkur nuqtada uni o'lchash oson.

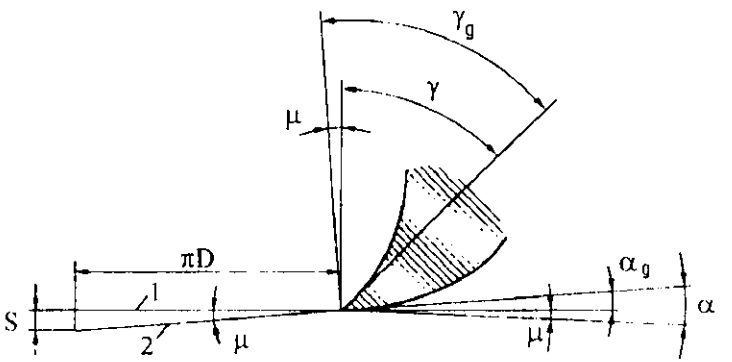
Kesish jarayonida parmaning aylanma va ilgarilanma harakati natijasida kesishning vint yuzasi hosil bo'ladi. Shu sababli haqiqiy (kinematik) burchaklar γ_v α o'zgaradi (9.9-rasm). Old burchak kattalashadi, orqa burchak esa kichrayadi va ular tenglashadi:

$$\gamma_v = \gamma + \mu; \ \alpha_v = \alpha - \mu .$$

9.9-rasmda chiziq *1* – statikdagi kesish trayektoriyasining yeyilishini (S=0); chiziq *2* – kesishning kinematikadagi trayektoriyasi ($S \neq 0$)ni ko'rsatadi. Kinematikadagi kesish tekisligi *2* statikadagi kesish tekisligi *1* ga nisbatan μ burchakka burilgan bo'lib, quyidagiga teng:

$$\mathrm{tg}\mu = \frac{S}{\pi D},$$

bunda: S – parmaning surilish tezligi; D – parma kesuvchi tig'ining mazkur nuqtasi joylashgan diametr.



9.9-rasm. Kesish jarayonida old va orqa burchaklar.

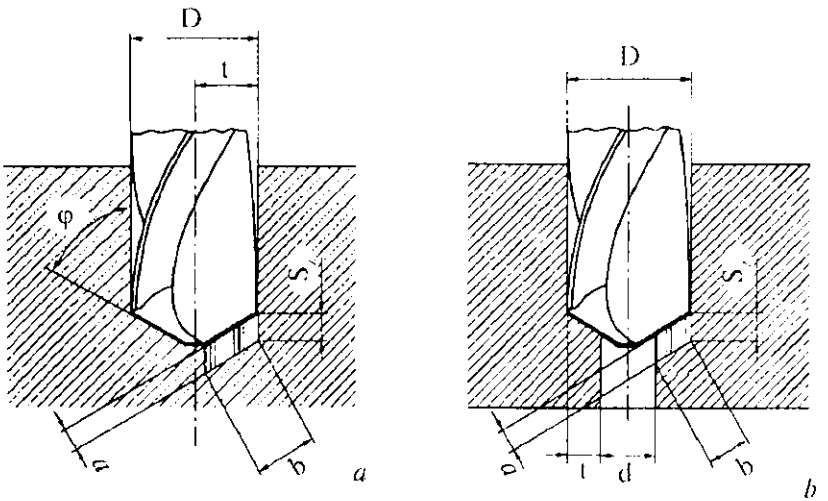
9.2. Parmalashda kesish jarayoni elementlari

Parmalash ham yo'nish kabi bir me'yordagi ikkita harakatning, (aylanma va ilgarilanma) qo'shilishiga asoslangan bo'lib, bitta prinsipial kinematik sxema bilan xarakterlanadi. Asbob yoki detal tomonidan amalga oshiriluvchi aylanma harakat kesish harakati bo'ladi. Asbobning ilgarilanma harakati surish harakatidir. Mazkur harakatning bir minutdagi tezligi minutlik surish S_m deyiladi va mm/min da o'lchanadi. Minutlik surishdan tashqari, parma yoki detalning surilishi $S = S_m/n$, mm/ayl, formula bilan aniqlanadi va asbob tishiga surilishi $S_z = S/z$ (bunda $z = 2$) farqlanadi.

Parmalashda kesish chuqurligi parma diametrining yarmiga teng: $t = D/2$. Har bir kesuvchi tishda bir nechta kesuvchi tig' borligi sababli butun kesish chuqurligini $t = t_2 + t_n$ tarzida tasavvur etish mumkin, bunda t_2 — asosiy kesuvchi tig'lar tomonidan kesilayotgan hudud chuqurligi; t_n — kashak tig'i tomonidan kesilayotgan hudud chuqurligi:

$$t_2 = \frac{D}{2} - \frac{C'}{2\sin\psi}; \quad t_n = \frac{C'}{2\sin\psi}.$$

Asosiy tig' bilan kesilayotgan qatlam qalinligi $a_2 = \frac{S}{2}\sin\varphi$ ga teng, kashak tig'i bilan kesilayotgan qatlam qalinligi esa $a_n = \frac{S}{2}$.



9.10-rasm. Parmalashda (*a*) va parmalab kengaytirishda (*b*) kesiluvchi qatlam o'lchamlari.

Asosiy tig' bilan kesilayotgan qatlam kengligi

$$b_2 = \frac{\sqrt{D^2 - C^2} - C\text{ctg}\psi}{2\sin\varphi}.$$

Kashak tig'i bilan kesilayotgan qatlam kengligi

$$b_n = t_n = \frac{C}{2\sin\psi}.$$

Parmaning har bir tishi bilan kesilayotgan qatlam kengligi

$$b = b_2 + b_n = \frac{\sqrt{D^2 - C^2} - C\text{ctg}\psi}{2\sin\varphi} + \frac{C}{2\sin\psi}.$$

Bir aylanishda kesiluvchi qatlam ko'ndalang kesimining maydoni, yo'nishdagi kabi, surishdagi kesish chuqurligi hosilasiga teng: $f = tS = SD/2$. Demak, parmaning bitta tishiga to'g'ri keluvchi kesim maydoni $f_1 = f/2 = SD/4$.

9.3. Parmalashda kesish kuchlari

Yo'nish jarayoniga xos barcha asosiy hodisalar (ishlov berilayotgan materialning qayishqoq va plastik deformatsiyasi, qirindining kirishishi, kesuvchi tig'da o'simta hosil bo'lishi, issiqlik ajralib chiqishi va hokazo) parmalash jarayoniga ham xosdir. Shu bilan birga parmalash bir qator o'ziga xos xususiyatlarga ega: qirindi hosil bo'lish jarayoni ancha og'ir sharoitlarda o'tadi; qirindini chiqarish, shuningdek, moylash-sovitish texnologik muhitining berilishi ham qiyinchilik bilan kechadi. Kesish tezligining, old va orqa burchaklar qiymatining, kesish tig'ining uzunligi bo'ylab o'zgaruvchan qiymatga ega ekanligi qirindi hosil bo'lish tabiatiga kuchli ta'sir ko'rsatadi. Ko'ndalang kesuvchi tig' («kashak») 90° dan katta kesish burchagiga ega, kesish tezligi esa qariyb nolga teng, shu sababli amalda «kashakda» materialni kesish emas ezish yuz beradiki, bu parmaning kuchli yeyilishiga olib keladi.

Spiral parma ko'p tig'li kesish asbobi hisoblanadi, chunki unda kesish ikkita asosiy, ikki yordamchi va bitta ko'ndalang tig'lar bilan bajariladi. Kesish paytida chiqayotgan qirindining old yuzaga, ishlov berilayotgan materialning orqa yuzasiga bosimi paydo bo'ladi, qirindining old yuzaga, orqa yuzaning kesish yuzasiga hamda parmaning silindrik yuzasida joylashgan tasmaning teshik devoriga ishqalanishi yuz beradi, parmaning ko'ndalang kashagidan aylanuvchi moment va o'q bosimi hosil bo'ladi.

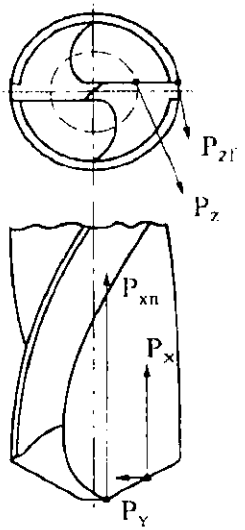
Tig'larning har birida kesish kuchlarini uchta o'zaro tashkil etuvchilarga bo'lib ko'rish mumkin (9.11-rasm). Asosiy tig'da ta'sir qiluvchi kesish kuchini tig' nuqtasi joylashgan aylanaga teguvchi P_z kuchga, parma o'qi orqali o'tuvchi P_x va parma o'qiga parallel bo'lgan P_x kuchlarga bo'lib qo'yamiz. Boshqa asosiy tig'da ham xuddi shunday kuchlar tizimi harakat qiladi.

Kashakning yarmiga ta'sir qiluvchi kesish kuchi ham uchta tashkil etuvchi kuchlarga bo'lib qo'yilishi mumkin. Biroq P_{xn} tashkil etuvchidan tashqari ikkita tashkil etuvchining parmalashda kuch xarakteristikalariga ta'siri nisbatan kam bo'lganligi sababli, ular e'tiborga olinmaydi. Yordamchi tig' qirindi kesishda katta ahamiyatga ega emas.

Biroq parma faskalarida yordamchi orqa burchak nolga teng bo'lgani uchun ular bilan teshik devori o'rtasida ishqalanish bo'ladi. Kesish kuchini tashkil etuvchi urinma rasmda P_{zf} kuch bilan belgilangan. Parma o'qi bilan mos keluvchi X o'qqa ta'sir etuvchi proyeksiyalar yig'indisi quyidagini tashkil etadi:

$$\Sigma X = 2P_x + 2P_{xn} = P_o.$$

Proyeksiyalarning mazkur yig'indisi *parmalashdagi o'q kuchi* deb ataladi. O'q kuchi surish harakatiga qarshi harakat qiladi. Mazkur kuch bo'yicha, parmalash dastgohi surish mexanizmi detallarining mustahkamligi hisoblanadi. Quloch katta bo'lganda o'qiy kuch parmaning bo'ylama buralishini hosil qiladi.



9.11-rasm. Spiral parma tig'lariga ta'sir qiluvchi kuchlar.

X o'qiga nisbatan ta'sir etuvchi kuchlar momentlarining yig'indisi quyidagicha:

$$\Sigma M_x = 2P_{zf}P + 2P_z\frac{d}{2} = M_{ayl}.$$

Mazkur momentlar yig'indisini parmalashda kesishga qarshilik ko'rsatishning aylantiruvchi momenti deyiladi. Kesish jarayonini amalga oshirish uchun dastgohning aylantiruvchi momenti kesishning aylantirish momentidan katta bo'lishi lozim, ya'ni, $M_{das} > M_{ayl}$. Surish harakatini amalga oshirish uchun sarflanayotgan quvvat juda kam bo'lganligi uchun, dastgohning effektiv quvvatini (kesishga sarflanayotgan quvvati) faqat kesishning burovchi momenti bo'yicha aniqlanadi:

$$N_e = \frac{Mn}{9750}. \qquad (9.3)$$

Kesishning aylantirish momenti bo'yicha shpindel va dastgohning asosiy harakat mexanizmi detallarning mustahkamligi va bikrligi hisoblanadi.

Parmaning har ikki asosiy tig'larida ta'sir qiluvchi va bir-biriga yo'nalgan P_x kuchlar nazariy jihatdan muvozanatlashishi kerak. Biroq parmani charxlashdagi noaniqlik (φ plandagi burchaklar kattaligining va asosiy tig'lar uzunligining bir xil emasligi) sababli, P_x kuchlar teng emas. Shuning uchun kattaroq kuch tomonga yo'nalgan teng ta'sir qiluvchi ΛP_y kuch paydo bo'ladi. Teng ta'sir qiluvchi kuchning ta'sirida teshikning taqsimlanishi – „razbivkalash" yuz beradi (teshik diametri parma diametriga qaraganda kattalashadi). „Taqsimlanish" boshqa bir makrogeometrik nuqsonni keltirib chiqaradi. Parma o'qining teshik geometrik o'qidan chetlashishi „taqsimlanishni" keltirib chiqaradi. „Taqsimlanish", ya'ni teshikning geometrik o'qdan chetlashishi har doim ikki tig'li spiralsimon parmalar bilan parmalashga xosdir.

Parma geometrik va konstruktiv elementlarining kesish jarayonining kuch xarakteristikasiga ta'siri turlichadir. O'qiy kuch va burash momentiga vint ariqchasining qiyalik burchagi, parmaning plandagi ikkilangan burchagi va kashakning qiyalik burchagi asosiy ta'sir ko'rsatadi. Vint ariqchasi qiyalik burchagining kattalashuvi o'q kuchini ham, burash momentini ham kamaytiradi, bunda o'q kuchi kamayishi jadalroq kechadi. Tajribada aniqlangan ω burchakning o'q kuchiga va burash momentiga ta'siri shu bilan bog'liqki, ω burchakning kattalashuvi parma old burchagining kattalashuviga sabab bo'ladi, bu esa asosiy tig'dagi va uning tashkil etuvchilaridagi kesish kuchini kamaytiradi. Plandagi 2φ ikkilangan burchakning parmalashdagi P_o va M_{bur} ga ta'siri φ burchakning yo'nishdagi P_x va P_z kuchlarga ta'siri kabidir. 2 φ burchak kattalashganda b/a nisbat – kesilayotgan qatlam kengligining qalinligiga nisbati kamayadi. Bu asosiy tig'dagi P_z kuchni kamaytirishi va, buning oqibatida, burash momentining kattaligi ham kamayishi kerak. Xuddi yo'nishdagi kabi parmalashda ham 2φ burchakning kattalashuvi asosiy tig' bilan surish harakati yo'nalishi o'rtasidagi burchakning kattalashuviga olib keladi, bu esa asosiy tig'lardagi kesish kuchlarining o'qiy tashkil etuvchilarini va o'q kuchini orttiradi.

Kashakning og'ish burchagi o'q kuchi va burash momentiga murakkab ta'sir ko'rsatadi. Bir tomondan, ψ burchakning kattalashuvi kashak uzunligining kamayishiga olib keladi, bu burash

momentini birmuncha, o'q kuchini esa ancha kamaytirishi kerak. Boshqa tomondan, ψ burchak kattalashganda asosiy tig'larning uzunligi va ularning statik old burchak kattaligi oz bo'lgan hududlari kattalashadi. Bu so'nggi hol burash momentining ham, o'q kuchlarining ham ortishiga olib kelishi kerak. ψ burchakning bunday qarama-qarshi ta'siri shunga olib keladiki, u kattalashganda o'q kuchi uzluksiz ortadi, burash momenti esa avval ozayadi, keyin esa o'sib boradi. Burash momentining eng kam miqdori $\psi = 50...55°$ ga teng bo'ladi.

Parmaning optimal geometrik parametrlari muayyan guruhdagi materiallarga ishlov berishda juda tor doirada o'zgarganligi uchun P_o va M_{ayl} ni aniqlash formulalarida qo'shimcha kuch koeffitsiyentlari tomonidan faqat ishlov berilayotgan materialning mexanik va qo'llaniluvchi moylash-sovitish texnologik muhitining xossalari hisobga olinadi:

$$P_o = C_p D^{x_p} S^{y_p} K_p; \qquad (9.4)$$

$$M_{ayl} = C_m D^{x_m} K_p, \qquad (9.5)$$

bu yerda $K_p = K_m K_w$.

Doimiylar C_p, C_m, K_m, K_w va darajalar ko'rsatkichlarining kattaliklari parmalashda kesish rejimlari ma'lumotnomasida mavjud.

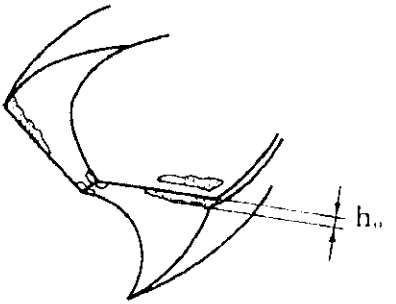
9.4. Spiralsimon parmalarning yeyilish tabiati

Parmalarning yeyilishi orqa yuzalarning kesish yuzasiga, qirindining old yuzaga, yo'naltiruvchi tasmalarning ishlov berilgan yuzaga ishqalanishi hamda ko'ndalang tig'ning ezilishi natijasida yuz beradi.

Spiralsimon parmalar po'latlarga ishlov berishda old va orqa yuzalar bo'ylab yeyiladi (9.12-rasm). Kashakning yeyilishi me'yoriy emas deb hisoblanadi; bu hol parma noto'g'ri charxlanganda yoki asbobsozlik materialining qattiqligi, termik ishlov berilgandan so'ng yetarli darajada emasligi oqibatida sodir bo'ladi. Orqa yuza asosiy tig' bo'ylab bir tekisda yeyilmaydi. Yeyilish maydonchasining kengligi parma kashakdan uzoqlashgan sari uzluksiz ortib boradi. Yeyilish chuqurchasi butun asosiy tig' bo'ylab hosil bo'lmaydi. U parmaning burchagi yonida, asosiy tig' yordamchi tig'ga o'tuvchi joyda paydo bo'ladi. Yordamchi orqa yuza ham yeyiladi, unda parma burchagi oldida chiziqlar hosil bo'ladi. Teshikning chuqurligi ortib borgan sari issiqlik tarqalishi yomonlashishi va ishqalanish kuchlarining ortishi bilan yeyilish kuchayadi.

Eng xavfli yeyilish – burchaklar va tasmalar bo'ylab yeyilishidir, chunki katta yeyilganda qayta tiklash uchun parmaning katta qismini charxlashga to'g'ri keladi.

Orqa qirradagi yeyilish kattaligi h_o ga kesish tezligi katta, surish esa ancha kam ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun katta surish va kichik kesish tezliklarida ishlash foydalidir.



9.12-rasm. Parmaning yeyilish tabiati.

Parmalashda yo'l qo'yiladigan kesish tezligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v. \qquad (9.6)$$

Bu yerda D – parma diametri; T – parmaning turg'unlik davri; m – turg'unlik ko'rsatkichi; C_v, q_v, y_v – daraja ko'rsatkichlari; K_v – tuzatish koeffitsiyenti.

Parmalashda turg'unlik davri parma diametriga bog'liq holda tanlanadi. Tezkesar parmalar uchun turg'unlik davri 6...16 min (5 mm gacha diametrlar uchun) va 100...210 min (60...80 mm li diametrlar uchun) oralig'ida o'zgaradi.

Parmalashda yo'l qo'yiladigan kesish tezligiga asbobsozlik materialining xususiyatlari katta ta'sir ko'rsatadi. Tezkesar po'latdan tayyorlangan parmalar, asbobsozlik uglerodli yoki legirlangan po'latlarga qaraganda ikki marta katta tezlikda kesadi. Qattiq qotishmadan tayyorlangan plastinkalar bilan jihozlangan parmalar bilan ishlaganda kesish tezligi tezkesar po'latdan ishlangan parmalarga qaraganda ikki-uch marta katta bo'lishi mumkin.

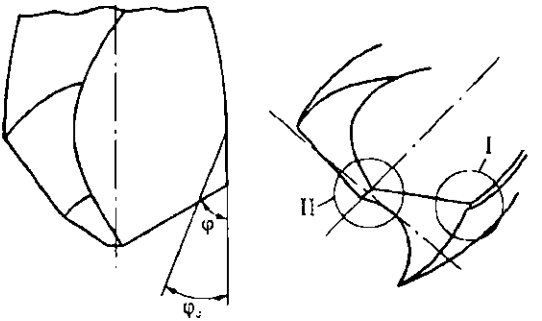
Uch diametrdan ortiq uzunlikdagi teshiklarni parmalashda yo'l qo'yiladigan kesish tezligini kamaytiruvchi tuzatish koeffitsiyentini kiritish zarur.

Moylash-sovutish texnologik muhitini (MSTM) qo'llash kesish hududidagi haroratni va kesish kuchlarini kamaytiradi, parmalarning turg'unligini yoki yo'l qo'yiladigan kesish tezligini (berilgan turg'unlikda) oshiradi. MSTM ning ta'siri, ayniqsa, plastik metallarga ishlov berishda va chuqur parmalashda samarali bo'ladi. MSTM ni qo'llash detallarni parmalashda kesish tezligini 15...25% oshirish imkonini beradi. Parma ishini yengillashtirish

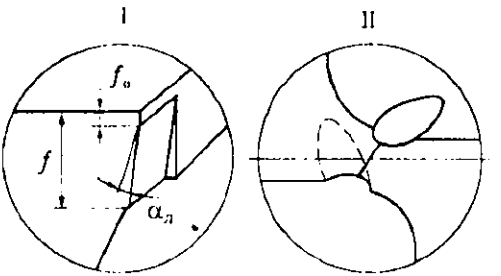
va, xususan, qiyin ishlanadigan materiallarni kesishda asbob maxsus charxlanadi, bundan maqsad — ko'ndalang tig'da qulay burchaklarni hosil qilish va uni qisqartirishdan iborat. Shu tarzda ularning turg'unligini oshirish yoki kesish tezligini orttirish (turg'unlik doimiy bo'lganda) mumkin. Bunga parmalarni ikkilantirib charxlash, kashak, silindrik tasmani biroz charxlab olish va boshqa yo'llar bilan erishiladi.

9.13-rasmda parmani ikkilantirib charxlash ko'rsatilgan. Asosiy burchak $2\varphi = 116...118°$ va ikkinchi burchak, odatda, $2\varphi = 70°$. Ikkilantirilgan charxlash qirindi kengligini orttiradi, natijada kesuvchi tig'lardan issiqlik tarqalish sharoitlari yaxshilanadi.

Tasmani charxlash (9.14-rasm, *I*) o'zaro urinma maydonni kamaytirish va, shundan kelib chiqib, *f* kenglikdagi tasma yuzasining parmalanayotgan teshikning silindrik yuzasi bilan ishqalanishini kamaytirish maqsadida o'tkaziladi. Charxlashdan keyin ≈0,2D uzunlikdagi ensiz yo'lcha f_0 qoladi, uning kengligi taxminan 0,1...0,3 mm bo'lib, tasmaning qolgan qismi tekislik bo'ylab $\alpha_1 = 3...8°$ burchak ostida charxlanadi. Parmalar har ikkala tishlaridagi tasmalarni charxlash ular turg'unligini ikki-uch marta oshiradi.



9.13-rasm. Parmalarni ikkilantirib charxlash.



9.14-rasm. Parmalarni tasmalar (*I*) va kashak bo'ylab charxlash (*II*).

Kashakni charxlash parmaning metallga kesib kirib borishiga qarshilik qiluvchi o'qiy kuchlarni kamaytirish maqsadida amalga oshiriladi (9.14-rasm, *II*). Har bir tishda asosiy kesuvchi tig' uzunligining kichik qismi va qo'shni tish orqasining bir qismi charxlanadi. Natijada kashak qisqaradi va shu tarzda o'qiy kuchni taxminan 70% ga kamaytirish mumkin.

9.5. Parmalashda kesish rejimlarining vazifasi

Kesishning oqilona rejimi teshikka ishlov berishning texnologik sharoitlaridan kelib chiqib, ya'ni talab qilinadigan aniqlik va yuza tozaligini hosil qilishni hisobga olib hamda mazkur teshikka turli asboblar bilan navbatma-navbat ishlov berishni ko'zda tutib aniqlanadi. U, asosan, kesish jarayonini eng samarali va tejamli tarzda amalga oshirishga imkon beruvchi surish va kesish tezligini aniqlashdan iborat.

Teshikni parmalashda kesish chuqurligi yaxlit materialda $t = D/2$ mm bo'ladi. Teshishda kesish chuqurligi ishlov berishga qoldirilgan qo'yim va texnologik talablarga ko'ra belgilanadi. Teshikka xomaki ishlov berishda kesish chuqurligi bir o'tishda kesiladigan qo'yimga teng qilib olinadi. Teshikka aniq ishlov berishda butun qo'yimni ikki yoki bir necha o'tishda olib tashlash maqsadga muvofiqdir, bunda kesish chuqurligi har bir navbatdagi o'tishda kichikroq bo'lishi kerak.

Yo'l qo'yiladigan eng katta surishning miqdori tegishli ma'lumotnomalar bo'yicha ishlov berilayotgan material, asbobsozlik materiali, ishlov berish turi va sharoitlariga qarab tanlanadi yoki quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$S = C_s D^{\gamma} K_s, \text{ mm/ayl},$$

bu yerda: C_s – ishlov berilayotgan materialning mexanik xossalarini va texnologik omillarni xarakterlovchi koeffitsiyent; D – parma diametri, mm; K_s – teshik uzunligini hisobga oluvchi tuzatish koeffitsiyenti.

Parmalab kengaytirish uchun parmalashga qaraganda 1,5...2 marta katta surish qabul qilinadi.

Topilgan surish dastgoh pasporti bo'yicha tuzatiladi va hisoblab chiqilgan $S_d \leq S$ ga eng yaqin kichik S_a amaldagi surish deb qabul qilinadi.

Kesishning yo'l qo'yilgan tezligi yuqorida keltirilgan formula bo'yicha (9.6), berilgan turg'unlik davri, ma'lum diametr va amaldagi surishda tuzatish koeffitsiyentini hisobga olib aniqlanadi.

Topilgan kesish tezligi bo'yicha asbobning aylanish chastotasi aniqlanadi: $n = 1000V/\pi D$, ayl/min. Dastgoh pasporti bo'yicha tuzatilib, hisoblanganga eng yaqin bo'lgan amaldagi kichikroq aylanishlar soni n_a qabul qilinadi: $n_a \leq n$.

Asbobning topilgan amaldagi aylanishlar soni bo'yicha kesishning amaldagi tezligi hisoblanadi: $V_a = \pi D n_a/1000$, m/min. Keyin kesish rejimining tanlab olingan asosiy elementlari dastgohning surish mexanizmi va asosiy harakat mexanizmining eng zaif qismining mustahkamligiga ko'ra tekshirib ko'riladi: $P_d > P_o$; $M > M_{ayl}$.

10-BOB | Frezalash

10.1. Frezalash haqida umumiy tushuncha

Frezalash – kesish yo'li bilan mexanik ishlov berishning keng tarqalgan va samarali jarayonidir. Frezalash yo'li bilin: gorizontal, vertikal, qiya tekisliklar, profil kesimdagi ariqcha va pazlar, turli profildagi shakldor yuzalar, aylanish jismining yuzasi hosil qilinadi. Frezalash ko'p tig'li kesuvchi asbob–freza yordamida amalga oshiriladi. Freza aylanuvchi jism bo'lib, uning chekkalari yoki yonlarida kesuvchi elementlar–freza tishlari joylashgan.

Frezalashning o'ziga xos xususiyati uning uzluksizligidir. Frezaning har bir kesuvchi tishi kesish jarayonida aylanishning ma'lum qismi davomidagina keyingi kesishgacha zagotovka bilan kontaktda bo'ladi. Natijada, frezalash kesish jarayonining bir me'yorda emasligi bilan xarakterlanadi, bu tebranishlar hosil bo'lishiga, tishlarning jadal yeyilishiga va boshqa salbiy hodisalarga olib keladi.

Frezalash jarayoni bir paytda ta'sir ko'rsatuvchi ikkita: aylanma va ilgarilanma harakatlarning qo'shilishiga asoslangan. Asbobning o'q atrofida aylanishi asosiy harakat bo'ladi, surish harakati esa dastgoh stoliga mahkamlangan zagotovkaning oldinga qarab siljishidir.

Freza tashqi diametri D nuqtalarining V(m/min) tezligi kesish tezligi bo'lib hisoblanadi.

Bunda $V = \frac{\pi D n}{1000}$. n – shpindel aylanishlari chastotasi, ayl/min; D – frezaning tashqi diametri,mm.

Zagotovkaning frezaga nisbatan bir tekis ilgarilanma siljishi son jihatdan surish qiymati bilan beriladi, mazkur qiymat frezalashda S_z, mm/tish, $S_o = S_z Z$, mm/ayl, kattaliklar bilan aniqlandi,

bunda Z – freza tishlari soni, $S_{min} = S_o n$, bu yerda n – frezaning aylanish chastotasi, ayl/min.

S_o tishga surish qiymatlaridan frezalash bo'yicha nazariy tadqiqotlarda va kesish rejimlarini hisoblashda foydalaniladi. Ishlab chiqarish sharoitlarida minutlik surish S_{min} dan foydalaniladi. Bu hol shu bilan bog'liqki, ko'plab frezalash dastgohlarida shpindel aylanishi va surish mexanizmi o'rtasidagi kinematik aloqa mavjud emas.

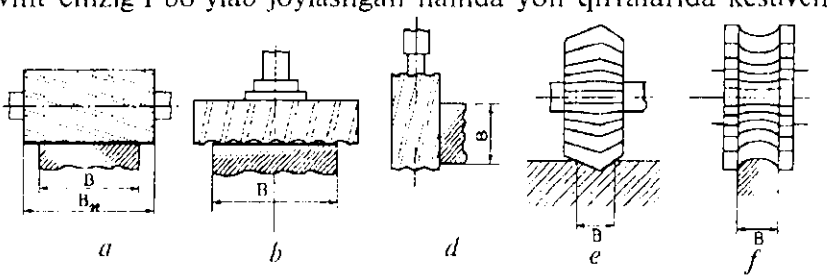
10.2. Frezalarning asosiy turlari va ularning vazifasi

Frezalashda standart va maxsus frezalarning keng nomenklaturasidan foydalaniladi. Turli tipdagi frezalar o'zining tashqi ko'rinishi, o'lchamlari, konstruksiyasiga ko'ra bir-biridan farq qiladi va muayyan shakl, o'lchamlardagi yuzalarga ishlov berishga mo'ljallangan.

Silindrik frezalar (10.1-rasm,*a*) gorizontal frezerlash dastgohlariga o'rnatishga mo'ljallangan bo'lib, yassi yuzalarga ishlov berish uchun xizmat qiladi. Bunday frezalar o'ng va chap vint ariqchali qilib ishlanadi. Silindrik frezalarda shponkali ariqchasi bo'lgan markaziy baza teshiklar bor. Dastgohning opravkasiga kiydirilgan silindrik frezalar halqalar o'rasiga olinib gaykani burab siqib qo'yiladi.

Torets frezalar (10.1-rasm,*b*) balandligi bo'yicha bitta va har xil yuzalarda yotuvchi yassi yuzalarga ishlov berish uchun mo'ljallangan. Standart torets frezalar $D = 60...600$ mm diametrli bo'ladi. Katta diametrli torets frezalar bilan bir o'tishda 500 mm gacha kenglikdagi zagotovkalarga ishlov berish mumkin.

Uchli (konsevaya) frezalar (10.1-rasm, *d*) pazlar, chiqiqlar, belgi chiziq bo'yicha qiyshiq chiziqli konturlar va kopirlarga ishlov berish uchun qo'llaniladi. Uchli frezalar silindrik qismi, odatda, vint chizig'i bo'ylab joylashgan hamda yon qirralarida kesuvchi



10.1-rasm. Frezalarning asosiy turlari.

tig'larga ega bo'ladi. Uchli frezalar, asosan, vertikal frezalash dastgohlarida ishlash uchun mo'ljallangan, ammo ulardan gorizontal frezalash dastgohlarida ham foydalanish mumkin.

Burchak frezalar (10.1-rasm, *e*), odatda, asbobsozlik ishlab chiqarishida profil burchak ariqchalarini frezalashda ishlatiladi.

Shakldor frezalar (10.1-rasm, *f*) murakkab shaklli yuzalarga ishlov berish uchun mo'ljallangan. Shakldor frezaning profili ishlov berilayotgan detal profiliga mos bo'lishi kerak.

Frezalashda D = 6...110 mm diametrli diskli frezalardan foydalaniladi. Diskli frezalarning kesuvchi tishlari tashqi silindrik yuzada, hamda bir (bir tomonlama) yoki (ikki tomonlama) yon yuzalarda qilinadi. Diskli frezalar V = 6...16 mm kenglikdagi turli vazifalarni bajarishga mo'ljallangan ariqchalarni frezerlashda foydalaniladi.

Shlitsli, qirqib tushiruvchi, shponkali va rezbali frezalar ham keng qo'llanadi.

10.3. Frezalarning geometrik o'lchamlari

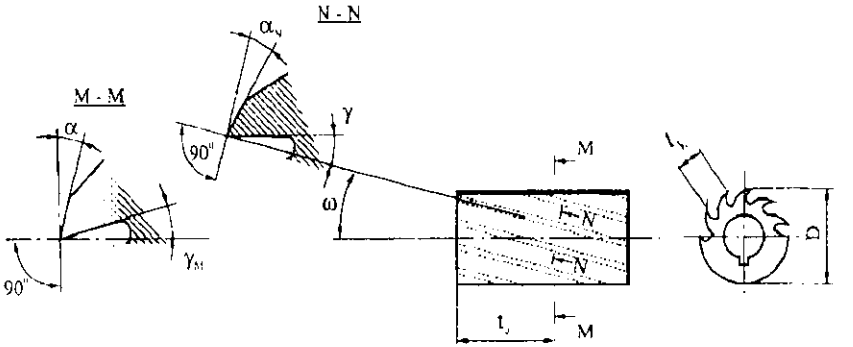
Silindrik va torets frezalarning geometrik o'lchamlarini ko'rib chiqib, bu ta'riflar frezalarning boshqa xillari uchun ham to'g'ri deb hisoblash mumkin.

Silindrik freza (10.2 -rasm) erkin kesish sharoitlarida ishlaydi, shuning uchun har bir tishda faqat bitta asosiy tig' bo'ladi. Freza tishlarining soni uning diametri D ga bog'liq holda $Z = m\sqrt{D}$ formula bo'yicha tanlanadi. Bunda m – proporsionallik koeffitsiyenti bo'lib, frezaning konstruksiyasi va vazifasiga bog'liq. Yirik tishli yaxlit frezalar uchun m = 1,05, mayda tishlilar uchun m = 2; qo'yma tishli frezalar uchun ω = 20° bo'lganda, m = 0,9 va ω = = 45° da m = 0,8.

Po'lat zagotovkani bir tishga to'g'ri kelgan S_z surish va t qirqish chuqurligi bilan frezalashda qirindining qirindi ariqchasida erkin joylashishi uchun frezaning maksimal tishlar soni quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Z = \frac{0{,}2D}{t_{max}^{0,5} \cdot S_{z\,max}^{0,5}}.$$

Ifodadan kelib chiqadiki, qirqish chuqurligi va surish ortganda freza tishlari soni kamayishi kerak. Freza tishlarining soni 6...14 oralig'ida bo'ladi.



10.2-rasm. Silindrik frezaning geometrik parametrlari.

Freza tishlarining kesilayotgan qatlamga silliq kirib borishi va chiqishi, hamda bir paytda ishlovchi tishlar sonini ko'paytirish uchun frezalarda vintsimon qirindi ariqchalari bo'ladi. Demak, asosiy tig' vintsimon chiziqlar hisoblanadi va ularning freza o'qiga qiyaligining ω burchagi vint ariqchasining *og'ish burchagi* deyiladi.

Dastgoh shpindelining aylanish yo'nalishlariga bog'liq holda o'ng qirquvchi va chap qirquvchi frezalar bo'ladi (yoki o'ngkesar va chapkesar). Agar frezaga qaralganda u soat mili bo'ylab aylansa, u chapkesar, agar soat miliga teskari yo'nalishda aylansa, o'ngkesar freza deyiladi. Qirqish jarayonida frezaga, uning o'qiga parallel ta'sir qiluvchi kuch bikrligi yuqori bo'lgan shpindel tayanchiga yo'naltirilgani ma'qul. Shunga ko'ra, chapkesar frezalarda vint ariqchasi yo'nalish bo'ylab o'ng bo'lishi kerak, o'ngkesar frezalarda esa chap bo'lishi lozim.

Standart frezalarda vint ariqchasining og'ish burchagi 25...35° oralig'ida bo'ladi, muayyan kenglikdagi detallarni frezalash uchun mo'ljallangan maxsus frezalarda, bir me'yordagi frezalashni ta'minlash uchun ω burchak hisoblanadi.

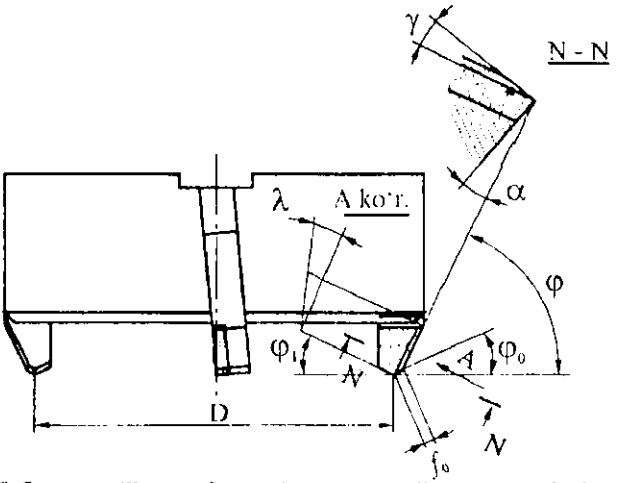
Toretsdagi ikkita tish o'rtasidagi t_k masofa *torets qadami* deyiladi:

$$t_k = \frac{\pi D}{Z}.$$

Frezaning o'qi bo'ylab joylashgan ikkita tish o'rtasidagi t_o masofa *o'q qadami* deb ataladi. O'q va torets qadamlar orasidagi bog'lanish

$$t_o = t_k \operatorname{ctg} \omega$$

ifoda bilan aniqlanadi. Frezani nazorat qilish va charxlash qulay bo'lishi uchun uning old burchagi, tig'ga perpendikular *NN* tekislikda o'lchanadi. Old yuzaga urinma tekislik bilan silindrik yuzaga



10.3-rasm. Torets frezaning geometrik parametrlari.

urinma tekislik o'rtasidagi burchak *old burchak* γ deb ataladi. Uning kattaligi ishlov berilayotgan detal materialining qattiqligi va mustahkamligiga bog'liq.

Orqa α burchak *MM* tekislikda o'lchanadi. Tishning orqa yuzasiga va silindrsimon yuzaga urinma tekisliklar o'rtasidagi burchak *orqa burchak* deb ataladi.

Torets old burchak γ_m va normal orqa burchak α_N kattaliklari quyidagi formulalardan topiladi:

$$\mathrm{tg}\gamma_m = \frac{\mathrm{tg}\gamma}{\cos\omega}; \quad \mathrm{tg}\alpha_N = \frac{\mathrm{tg}\alpha}{\cos\omega}.$$

Torets freza (10.3- rasm) korpusdan iborat bo'lib,unga tishlar qo'yilgan. Har bir tish qattiq qotishmadan ishlangan plastinka bilan jihozlangan. Freza diametri frezalanayotgan detal kengligi *B* ga bog'liq va $D = (1,4...1,5)B$ ga teng. Po'latni frezalashda freza tishlarining soni agar $D < 200$ mm bo'lsa, $Z = (0,04...0,06)\ D$, agar $D>200$ mm bo'lsa, $Z = (0,04...0,06)D + 2$ olinadi. Cho'yanni frezalashda freza diametridan qat'iy nazar $Z = (0,08...0,1)\ D$.

Silindrik frezalarga qaraganda torets frezalar tishlarining soni ancha kam bo'lib, ularning soni frezalashga sarflanadigan quvvatni kamaytirib belgilanadi.

Torets frezaning har bir tishi, xuddi randalovchi keskich tig'i singari keskichdan iborat. Ularning farqi shundaki, randalovchi keskich to'g'ri chiziqli , freza tishlari esa davriy aylanma harakat qiladi. Shuning uchun freza tishlarining shakli va parametrlari keskichning shakli va geometrik parametrlaridan kam farq qiladi.

Freza tishining tig'i asosiy o'qqa perpendikular bo'lgan tekislikka nisbatan plandagi asosiy φ burchak ostida og'gan.

Yordamchi tig' o'sha tekislik bilan plandagi φ_1 yordamchi burchakni hosil qiladi.

f_0 = 1,5...2 mm uzunlikdagi to'g'ri chiziqli o'tuvchi tig', $\varphi_0 = \varphi/2$ plandagi o'tish burchagiga ega.

Orqa va old burchaklar xuddi keskichda bo'lgani singari asosiy kesuvchi *NN* tekislikda o'lchanadi.

Tish asosiy tig'ining cho'qqisi qirqilayotgan qatlam bilan birdaniga urinmasligi uchun asosiy tig'ni λ musbat burchak ostida og'diriladi.

Hisob-kitoblar shuni ko'rsatadiki, frezalashda mavjud qirqish tezligi va surish tezligi nisbatlarida haqiqiy ish burchaklari γ_1, α_1 charxlash burchaklari γ, α ga teng va λ_1 freza vint ariqchasining og'ish burchagi ω ga teng.

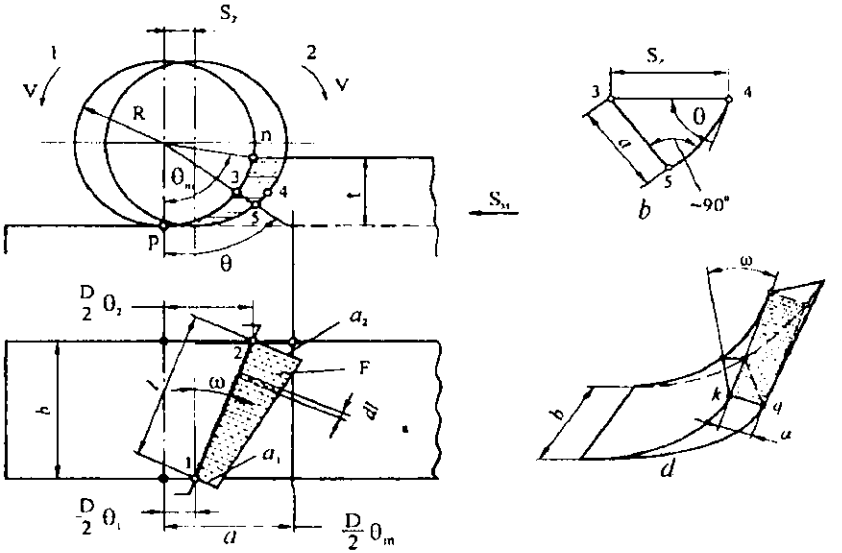
10.4. Frezalashda kesish jarayoni elementlari

Freza o'qiga perpendikular bo'lgan tekislikda amalga oshuvchi aylanma va ilgarilama harakatlarning qo'shilishi natijasida, silindrsimon freza tig'ining istalgan nuqtasi nisbiy ish harakatining trayektoriyasi cho'zilgan sikloida (traxoida) bo'ladi.

Detalning harakat tezligi bilan freza aylanish tezligining frezalashda paydo bo'luvchi nisbatlarda traxoida yoyi, o'z shakliga ko'ra, aylanma yoyidan kam farq qiladi. Shuning uchun, frezalashda qirqilayotgan qatlam o'lchamlarining matematik ifodasini soddalashtirish maqsadida, traxoida diametrini freza diametriga teng bo'lgan aylana bilan almashtirish mumkin. Mazkur almashinuvdan kelib chiqadigan xato 1% dan oshmaydi.

Detaldan olib tashlanayotgan material qatlamining *t* o'lchami, qirqish chuqurligi bo'ladi. Qirqish yuzasi aylanma silindrning bir qismidan iborat bo'ladi. Frezalashda frezaning aylanish va detalning siljish harakati yo'nalishlarini birlashtirishning ikki usuli foydalanilishi mumkin. Agar qirqish tezligi va surishning vektorlari qarama-qarshi tomonga yo'nalgan bo'lsa (I variant), bunday frezerlash qarshi keluvchi, bir tomonga yo'nalgan bo'lsa (II variant), yo'lakay deyiladi.

Freza tishi *p* nuqtada ishga tushadi va *n* nuqtada kesilayotgan qatlamdan uziladi (10.4-rasm, *a*). Shunday qilib, freza bir marta aylanganda tish ikki siklni amalga oshiradi; *pn* yoyiga mos keluvchi ish va *np* yoyiga mos keluvchi salt sikllar. Qirqish jarayonining



10.4-rasm. Silindrsimon freza bilan frezalashda qirqish elementlari.

davriy va uzlukli ekanligi frezalashning asosiy o'ziga xos xususiyatidir. Freza tishi ish siklining boshlanishi va tugashiga mos keluvchi θ_m markaziy burchak kontaktdagi eng katta burchak deyiladi. Uning kattaligini quyidagi ifoda bo'yicha aniqlash mumkin:

$$\cos\theta_m = \frac{R-l}{R} = 1 - \frac{2l}{D}.$$

Kesish yuzasida freza tishi tig'i nuqtasining oniy holatini tishni kesilayotgan qatlamga kirish nuqtasidan hisoblanuvchi oniy kontakt burchagi θ bilan aniqlash mumkin. Qirqish yuzasi bo'ylab siljish paytida freza tishi o'zgaruvchan qalinlikdagi material qatlamini kesadi. Freza o'qiga perpendikular tekislik kesimida kesilayotgan qatlam vergul shaklida bo'ladi.

Kesilayotgan *a* qatlamning kesish yuzasining qo'shni holatlari o'rtasidagi masofa sifatida ta'riflanuvchi oniy qalinligi *345* uchburchakdan topilishi mumkin (10.4-rasmlar, *b*,*d*). Mazkur uchburchakni taxminan tishga S_z surishga teng gipotenuzali to'g'ri burchak deb hisoblash mumkin, *a* katet ro'parasida joylashgan burchak esa, oniy kontakt burchagi θ ga teng. Uchburchakdan quyidagini hosil qilamiz:

$$a = S_z \sin\theta. \qquad (10.2)$$

Kesilayotgan qatlamning oniy qalinligi vint ariqchasining ω qiyalik burchagiga bog'liq emas. 10.4- rasm, *d* da ko'rsatilganidek, kesish yuzasining shakli frezaning to'g'ri chiziqqa (o'qqa parallel) yoki vint ariqchasiga ega ekanligi bilan bog'liq holda o'zgarmaydi. Shuning uchun vint ariqchasining istalgan og'ish burchagi ω uchun, shu jumladan, nolga teng burchak uchun ham ,bir xil oniy kontakt burchakka mos keluvchi kesilayotgan qatlam qalinligi o'sha bitta k_q kesim bilan aniqlanadi.

Ifodadan (10.2) kelib chiqadiki, tishning qirqish yuzasida siljib borishi bilan tig'ning berilgan nuqtasida kesilayotgan qatlam qalinligi uzluksiz o'zgarib boradi. $\theta = 0$ bo'lganda, $a = 0$, $\theta = \theta_m$ bo'lganda, $a = a_{max} = S_z \sin\theta$. Kesilayotgan qatlam qalinligining o'zgaruvchanligi frezalashning ikkinchi o'ziga hos xususiyatidir.

Quyi proyeksiyadagi (10.4-rasm, *a*) tekislikda yoyilgan qatlamning kesilish yuzasi to'g'ri burchak shaklida tasvirlangan. Uning tomonlari eng katta kontakt burchakka mos keluvchi yoyilgan yoy va frezalash kengligi, ya'ni qirqilayotgan shu qatlamning kengligi *B* hisoblanadi. Freza tishi vint tig'ining oniy holati qirqish yuzasida to'g'ri chiziq *12* bilan tasvirlangan bo'lib, u freza o'qiga vint ariqchasining ω og'ish burchagi ostida og'dirilgan. Tig' qiya holatda joylashganligi sababli, oniy kontakt burchaklari $\theta_1$va θ_2 va ularga mos bo'lgan *1* va *2* tig'lar chekka nuqtalarining kontakt yoylari bir xil bo'lmaydi. Rasmdan ko'rinib turibdiki $\theta_2 > \theta_1$, shuning uchun qirqilayotgan qatlamning qalinligi nuqta *2* da $a_2 = S_z \sin\theta_2$ bo'lib, qirqilayotgan qatlamning nuqta *1* dagi $a_1 = S_z \sin\theta_1$ qalinligidan katta. Tig'ning boshqa hamma nuqtalarida qirqilayotgan qatlam qalinliklari a_1 dan katta va a_2 dan kichik bo'ladi. Qirqilayotgan qatlam qalinligining freza tishi tig'ining har bir nuqtasida o'zgarishi frezalashning uchinchi o'ziga xos xususiyatidi.

Tig'ning ishlab turgan *l* hududi tig'ning ish uzunligidir. Tig'ning ish uzunligi uning chekka nuqtalari *1* va *2* oniy kontakt burchaklarining qiymati bilan aniqlanadi.

$$l = \frac{D(\theta_2 - \theta_1)}{2\sin\omega}.$$

Ifodadan ko'rinib turibdiki, tish qirqish yuzasida siljib borgan sari uning ish tig'i muayyan maksimumga qadar, keyin esa yana no'lga qadar o'zgaradi. Frezalashning berilgan kengligi uchun tig' ish uzunligining mumkin bo'lgan eng katta miqdori

$$l_{max} = \frac{B}{\cos\omega}.$$

Tig' ish uzunligining o'zgaruvchanligi frezerlashning o'ziga xos to'rtinchi xususiyatidir.

Qirqilayotgan qatlam F_1 kesim maydoni 10.4-rasm, *a* da tasvirlangan epura maydoniga teng. Unda tig'ning elementar uzunligi dl ga mos keluvchi dF maydonni ajratamiz, ya'ni $dF = a\,dl$, bunda a – dl uzunligi chegaralarida o'zgarmas deb qabul qilinuvchi qirqilayotgan qatlamning oniy qalinligi. Ifodalardagi θ_2 va θ_1 oniy kontakt burchaklarning ixtiyoriy tanlangan farqi l ni aniqlash uchun θ orqali belgilash mumkin. U holda

$$l = \frac{D\theta}{2\sin\omega} \text{ va } dl = \frac{D d\theta}{2\sin\omega}.$$

Qirqilayotgan qatlamning oniy qalinligi $a = S_z \sin\theta$. Bu ifodalarni qo'yib

$$dF = \frac{S_z D}{2\sin\omega}\sin\theta\, d\theta$$

ni hosil qilamiz.

Epura maydonini dF elementar maydonlarini jamlash orqali topamiz, ya'ni

$$F = \int_{\theta_1}^{\theta_2} dF = \frac{S_z D}{2\sin\omega}\int_{\theta_1}^{\theta_2}\sin\theta\, d\theta.$$

Integralni yechib, quyidagini hosil qilamiz:

$$F = \frac{S_z D}{2\sin\omega}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2).$$

Bu ifodadan kelib chiqadiki, qirqilayotgan qatlamning kesim maydoni ham o'zgaruvchandir.

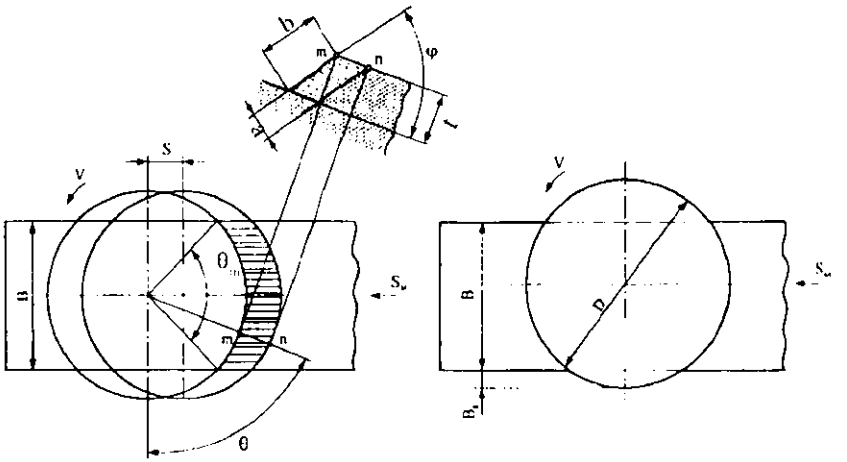
Bir paytning o'zida bittadan ortiq tish ishlashi mumkinligi tufayli qirqilayotgan qatlam kesimining jamlangan maydoni

$$F_{umr} = \frac{S_z D}{2\sin\omega}\sum_{1}^{Z_0}(\cos\theta_1 - \cos\theta_2),$$

bunda Z_0 – frezaning ishda ishtirok etayotgan tishlari soni.

Bir paytning o'zida, ishda ishtirok etayotgan freza tishlarining soni quyidagi ifodadan aniqlanadi:

$$Z_0 = \frac{\theta}{360} + \frac{B\,\mathrm{tg}\omega}{\pi D}.$$



10.5-rasm. Torets frezani detal, kesish elementi va qirqilayotgan qatlam qalinligiga nisbatan o'rnatish.

Torets frezalash silindrsimondan farqli ravishda erkin bo'lmagan qirqish jarayonidir. Frezaning ishlov berilayotgan detalga nisbatan qanday o'rnatilganligi bilan bog'liq ravishda frezalash simmetrik (10.5-rasm, *a*) va nosimmetrik bo'lishi mumkin (10.5-rasm, *b*).

Har ikki holda ham qirqilayotgan qatlam qalinligi freza tishi qirqilayotgan qatlamga kirgan paytda nolga teng emas. Eng katta kontakt burchagi θ_m frezalash kengligi B ga bog'liq bo'ladi va simmetrik frezalashda

$$\sin\left(\frac{\theta_m}{2}\right) = \frac{B}{D} \qquad (10.3)$$

ifoda yordamida aniqlanishi mumkin.

Torets frezalashda qirqish yuzasidan qirqib olinayotgan qatlam kesimining shakli xuddi randalovchi keskichning ishi paytidagi singari a qalinlik va b kenglikdagi parallelogrammdan iborat bo'ladi. Farqi shundaki, qalinlik o'zgaruvchan bo'ladi va tishning qirqish yuzasidagi holati bilan belgilanadi. 10.5- rasm, *a* dan ko'rinib turibdiki, qirqilayotgan qatlamning oniy qalinligi $a = mn \sin\varphi$. Silindrsimon frezalar bilan frezalashdagi singari mn qirqim $S_z \sin\theta$ ga teng va unda

$$a = S_z \sin\varphi \sin\theta. \qquad (10.4)$$

Frezaning bitta tishi bilan qirqilayotgan metall qatlamining maydoni $F = S_z\, t \sin\theta$ ishlayotgan freza tishlari bilan qirqilayotgan

maydonning eng katta yig'indisi F_{yig} quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$F_{yig.\,max} = S_z t \sum_{1}^{z_{max}} \sin\theta.$$

Frezaning ishlab turgan maksimal tishlari soni

$$Z_{omax} = \frac{\theta_m}{360} Z + 1.$$

Oldindagi tish qirqilayotgan qatlamdan uzilganda ishlab turgan tishlar soni birmuncha vaqt mobaynida bittaga kamayadi. Shu sababli, qirqilayotgan qatlam qirqim maydonining yig'indisi eng kam qiymatgacha kamayadi

$$F_{yig.\,min} = S_z t \sum_{1}^{z_{omin}} \sin\theta.$$

bunda

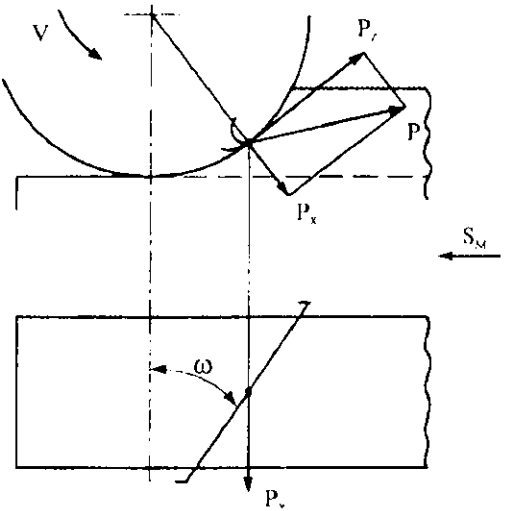
$$Z_{omin} = \frac{\theta}{360} Z.$$

Natijada xuddi silindrsimon frezalar bilan frezalashdagi singari torets frezaga ta'sir qiluvchi kuch va issiqlik zo'riqishlari uning ishlashi davomida davriy ravishda maksimal qiymatdan minimal qiymatgacha o'zgarib turadi.

10.5. Frezalashda kesish kuchlari

Frezalashda ta'sir qiluvchi kuchlar metallarga boshqa asboblar bilan ishlov berilgandagi kabi frezaning har bir tishi zagotovkadan qirindi qirqib olayotgan paytda paydo bo'ladigan deformatsiya qirindi va zagotovkada yangi yuzalar hosil bo'layotganda metall kristall strukturasining buzilishi bilan belgilanadi.

10.6-rasmda silindrsimon freza tishi qirqilayotgan qatlamga ta'sir qiluvchi kuchlar tasvirlangan. Qirqish kuchi P ning reaksiyasi, tegishlicha, urinma bo'ylab freza aylanasiga, unga normal bo'ylab va freza o'qi bo'ylab yo'naltirilgan uchta P_z, P_x va P_y tashkil etuvchilarga bo'lib qo'yilgan. Aylana kuchi P_z (qirqish kuchining asosiy tashkil etuvchisi) qirqishga qarshilik ko'rsatish momentini yengib o'tuvchi aylantirish momentini hosil qiladi. Freza tishining qirqish yuzasi bo'ylab harakati paytida qirqilayotgan qatlamning kesim maydoni o'zgaradi, shu sababli qirqish kuchining barcha tashkil etuvchilari, aylantiruvchi moment hamda effektiv quvvati



10.6-rasm Silindrsimon freza tishiga ta'sir qiluvchi kuchlar sxemasi.

ham o'zgaradi. Shuning uchun, qirqish rejimini hisoblashda, o'rtacha aylana kuchi bilan aniqlanuvchi o'rtacha aylantirish momenti va effektiv quvvat bilan ish ko'riladi

$$M_{ar} = \frac{P_z D}{2000}, \quad N_{ear} = \frac{P_z V}{6120}.$$

P_z, P_x va P_y kuchlar o'rtasidagi nisbatlar bir xil emas va frezaning geometrik parametrlari hamda qirqish rejimiga bog'liq. P_x / P_z nisbat freza tishlari qirqayotgan qatlam qalinligiga va vint ariqchasining og'ish burchagiga bog'liq. U qirqilayotgan qatlam qalinligi kamayganda o'sadi va ω burchak kattalashgan sari kichrayadi. ω = 25...35° burchakli frezalar uchun va tishga beriladigan surishlarda kuchlar o'rtasidagi o'rtacha nisbat quyidagi ko'rinishda bo'ladi P_x = =(0,4...0,6) P_z.

P_y / P_z nisbat, asosan, vint ariqchasining og'ish burchagi bilan aniqlanadi va og'ish burchagi kattalashgan sari o'sib boradi. Mazkur nisbat o'rtacha R_n = (0,2...0,4) $R_z$tg ω ga tengdir.

Frezalashda qirqish kuchi tajribada maxsus dinamometrlar bilan o'lchanadi.Qirqish kuchlari asosiy tashkil etuvchilarining tajriba orqali tadqiq etishning umumlashtirilgan natijalari quyidagi formuladan topiladi:

$$H_z = \frac{C_p t^x S_z^y Z_p B}{D^n}, \qquad (10.5)$$

bunda t — frezalash chuqurligi; S_z — tishga uzatilish; Z_p — frezaning bir paytda ishlaydigan tishlari soni; B — frezalash kengligi; D — freza diametri.

Dastgoh shpindelidagi aylantiruvchi moment quyidagiga teng:

$$M_{ayl} = C_m t^x S_z^y Z_p B D^{q-1}. \qquad (10.6)$$

C_p va C_m koeffitsiyentlarning son qiymatlari va daraja ko'rsatkichlari frezalashda kesish rejimlarining me'yorlariga qarab ma'lumotnomalardan olinadi. Qirqish tezligi va freza tishlari old burchagining qiymatlari (10.5) va (10.6) tenglamalar bo'yicha hosil qilingan sonni K_v va $K\gamma$ tuzatish koeffitsiyentlariga ko'paytirib hisoblanadi.

Freza ishlayotgan paytda aylana kuchi va aylantirish momentining o'zgarib turishi frezalashning kamchiligi hisoblanadi. Qirqilayotgan qatlamning jamlangan kesim maydonining doimiy emasligi kuchlar bir xil bo'lmasligining asosiy sababi bo'lib hisoblanadi.

Frezalash kengligi freza o'qiy qadamidan butun son marta ortiq bo'lganda, bir me'yorda frezalash yoki ko'ndalang kesim F ning maydoni doimiy bo'lganda frezalashga erishish mumkin.

$$\frac{B}{t_o} = K; \quad K = 1, 2, 3 \ldots$$

Bu ifoda bir me'yorda frezalash tenglamasi , K soni esa bir tekislik koeffitsiyenti deb ataladi.

Frezalash kengligi har doim ishlov berilayotgan detal o'lchamlari bilan berilganligi sababli, bir me'yorda frezalash tenglamasini tegishlicha diametr, freza tishlari soni va vint ariqchasining og'ish burchagini tanlab amalga oshirish mumkin.

O'qiy qadamning $t_o = t \operatorname{ctg}\omega = \frac{\pi D}{Z} \operatorname{ctg} \omega$ qiymatini qo'yib

$$K = \frac{BZ}{\pi D \operatorname{ctg}\omega} \qquad (10.7)$$

ni hosil qilamiz. Vint ariqchasining og'ish burchagi

$$\operatorname{ctg} \omega = \frac{BZ}{\pi DK} \qquad (10.8)$$

ifoda bilan aniqlanuvchi frezani konstruksiyalash orqali bir tekis frezalash ancha oson.

Bir tekislik koeffitsiyenti istalgan raqam bo'lishi mumkin, ammo shunday bo'lishi kerakki, burchak $\omega \leq 45°$ bo'lsin. Vint ariqchasining og'ish burchaklari katta bo'lgan frezalar yasash tavsiya qilinmaydi, chunki bunda turg'unlik keskin kamayadi.

Tekis harakatdagi frezalash nazariy jihatdan aylana kuchi va aylantirish momentining doimiyligini ta'minlaydi. Amalda aylanish kuchi doim tishlarning aylana qadamining bir tekis bo'lmasligi

hamda tishlarning freza o'qiga nisbatan nokonsentrikligi va freza opravkasining urib turishi oqibatida tebranib turadi. Biroq tekis frezalashda kuch va moment tebranishi eng minimal bo'ladi.

Silindrsimon frezalar bilan frezalashdan farqli o'laroq, bir tekis torets frezalash mumkin emas. Har qanday sharoitlarda jamlangan aylanish kuchi va aylantirish momenti freza ishlab turganda o'zgaruvchan bo'ladi. Lekin frezalash notekisligi eng kam bo'lgan sharoitlarni tanlash mumkin.

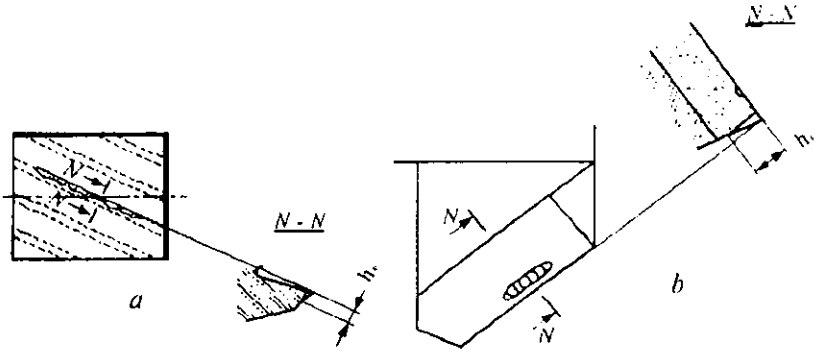
10.6. Frezalarning yeyilish tabiati

Yuqorida ta'kidlab o'tildiki, frezalashning bir-biridan farq qiluvchi xususiyatlari freza har bir tishining ish va salt sikllari almashinishining davriyligi hisoblanadi. Ish sikli davomida qirqilayotgan qatlam qalinligiga, tig' yuzalari o'rtasidagi ishqalanishga, tushayotgan qirindi va qirqish yuzasiga proporsional bo'lgan energiya sarflanadi. Sarflangan energiyaning taxminan 95%i issiqlikka aylanadi. Tig' yuzasida harorat eng yuqori qiymatga yetadi.

Ish va salt sikllarning davriyligiga bog'liq ravishda issiqlik hodisalarining rivojlanishi, frezalashda yo'nish yoki parmalashdagidan ko'ra boshqacha tabiatga ega bo'ladi. Ish sikli davomida freza har bir tishining tig'i qariyb 400 C gacha qiziydi, bu parma va keskichdagi qizishga nisbatan taxminan ikki marta pastdir. Salt sikl vaqtida freza tishining tig'i soviydi, ish sikl davomida olingan issiqlik freza massasining ichiga va atrof-muhitga tarqaladi. Hatto, ish sikli davridagi haroratning ko'tarilishini hisobga olganda ham, harorat qiymati frezalar yeyilishi jadalligini sezilarli oshirish uchun yetarli darajada katta emas.

Freza tishlari tig'larining siklik harorati zo'riqishi sharoitlarida, salt siklda ularning aralashishi sodir bo'ladigan muhit muhim rol o'ynaydi. Quruq frezalashda tig'lar harorati farqi ish va salt sikllarda uncha katta emas, chunki havo muhitining issiqlik haydashga ta'siri kam. Frezaga sovituvchi suyuqlik quyish, freza tig'ini ancha jadal sovitish imkonini beradi.

Silindrsimon, uchli va disksimon frezalarning faqat orqa yuzalari yeyiladi. Orqa yuzaning yeyilish maydonchasi tig'ning ish hududi bo'ylab (10.7-rasm,*a*) tig'ning kirish nuqtasidan chiqish nuqtasigacha asta-sekin kengayib borib joylashgan. Tezkesar po'latlardan yasalgan silindrsimon frezalar orqa yuzalari h_o yeyilishining yo'l qo'yiladigan kattaliklari: po'latlarga xomaki ishlov berishda 0,4...0,6



10.7-rasm. Silindrsimon (*a*) va torets (*b*) frezaninig yeyilish sxemasi.

mm , uzil-kesil ishlov berishda 0,15...0,25 mm, cho'yanga xomaki ishlov berishda 0,5...0,8 mm, uzil-kesil ishlov berishda 0,2...0,3 mm ga teng.

Torets frezalar keskichlar kabi yeyiladi (10.7-rasm, *b*). Tezkesar po'latlardan yasalgan frezalar va qattiq qotishmadan yasalgan plastinkali frezalar po'lat va cho'yanlarga ishlov berishda orqa va old yuzalar bo'ylab yeyiladi. Tezkesar po'latlardan ishlangan frezalar, cho'yanga ishlov berishda, faqat orqa yuzasi bo'ylab yeyiladi. Frezalarning yo'l qo'yiladigan yeyilishi h_0: tezkesar po'latlardan ishlangan frezalarniki po'lat va cho'yanga xomaki ishlov berishda 1,5...2 mm, uzil-kesil ishlov berishda esa 0,3...0,5 mm; qattiq qotishmali plastinkaga ega bo'lgan frezalar bilan po'latlarga ishlov berishda 1...1,5 mm, cho'yanga ishlov berishda 1,5...2 mm.

Kesuvchi tig' mo'rt va plastik buzilishi mumkin. Mo'rt buzilish katta cho'zuvchi zo'riqishlar ta'sirida yuz beradi va yoriqlarning paydo bo'lishi va rivojlanishi oqibati hisoblanadi. Bunda kesuvchi tig'ning buzilishi, uvalanish yoki chatnash ko'rinishida bo'ladi. Uvalanish asosiy tig' yaqinida mayda zarrachalarning bo'linishida namoyon bo'ladi va ko'proq asbobsozlik materialining yuza nuqsonlari, mikrostrukturasining bir xil emasligi va qoldiq zo'riqishlar bilan bog'liq.

Chatnash asbobsozlik materialining nisbatan katta hajmdagi, old yuzaning qirindi bilan kontakt chegaralarida pona hajmidan ortiq hajmda bo'linishidan iborat. Chatnash old va o'tkirlanish burchaklarining kattaligiga bog'liq.

Ancha yuqori mustahkamlik va zarbiy qovushqoqlikka ega bo'lgan tezkesar po'latlar qattiq qotishmalarga nisbatan mo'rt, buzilishga kam uchraydi.

Frezalash uchun xos bo'lgan uzlukli qirqishda termik zo'riqishlar muhim ahamiyat kasb etadi, xususan qattiq qotishmali plastinkalar bilan jihozlangan asboblar uchun ularning ahamiyati katta.

Torets frezalashda qirqish davrida tishlarning kontakt yuzalarida termik zo'riqishlar paydo bo'ladi. Tishlarning salt sikli paytida ventilatsion effektning issiqlik o'tkazuvchanligi tufayli, kontakt yuzalardagi harorat ish sikli haroratining uchdan bir qismiga qadar pasayib ketadi. Natijada qattiq qotishmaning yuza qatlamlari ichki qatlamlarga nisbatan kamroq qiziydi va tishlarning kontakt yuzalarida siquvchi zo'riqishlar, cho'zilish zo'riqishlari bilan almashinadi. Ma'lum sikldan so'ng, zo'riqish ishorasining o'zgarishi toliqish yoriqlarini keltirib chiqarad. Yoriqlarning paydo bo'lishi ma'lum kritik tezlik va kesish haroratiga, shuningdek, qattiq qotishmalarning fizik-mexanikaviy xossalariga bog'liq.

10.7. Frezalashda kesish rejimlarini tayinlash tartibi

Frezalashda kesish rejimlarini tayinlash tartibi ishlov berishning boshqa turlaridagi kesish rejimini tayinlash tartiblaridan farq qilmaydi. Kesish chuqurligi ishlov berishga qoldiriladigan,qo'yimga bog'liq holda tanlanadi. DMAD tizimining bikrligi va dastgoh quvvatini hisobga olib, frezalashni bir o'tishda amalga oshirgan ma'qul. Ishlov beriladigan qo'yim 5 mm dan ortiq bo'lganda, hamda ishlov berish aniqligi, yuza g'adir-budurligiga yuqori talablar qo'yilganda qo'yimni oxirgi o'tishga 1...1,5 mm qoldirib ikki va undan ortiq o'tishda kesib olinadi.

Qirqish rejimi tayinlangandan so'ng navbatdagi ish – surishni tanlashdir. Bunda, imkoniyat boricha, eng katta surish tanlanadi. Uning kattaligi ishlov berilgan yuzaning g'adir-budurligi, freza tishining mustahkamligi, dastgoh surish mexanizmining mustahkamligi, DMAD tizimining bikrligi, ishlov berilayotgan materialning mustahkamlik xususiyatlari kabi omillar bilan cheklaniladi. Tezkesar po'latdan tayyorlangan silindrsimon frezalar bilan homaki frezalashda, po'latga ishlov berilganda tishga surishni S_z = =0,06...0,6 mm/tish qilib, cho'yanga ishlov berishda S_z=0,04...0,6 mm/tish tarzida tanlanadi. O'tga chidamli va titanli qotishmalardan ishlangan zagotovkalarni frezerlashda S_z = 0,05...0,2 mm/tish.

Tanlangan S_z kattalik bo'yicha minutlik surish aniqlanadi S_m = $S_z Z_n$, bunda Z – freza tishlari soni va n – frezaning aylanish chastotasi, so'ngra dastgoh pasporti bo'yicha S_m tuzatish kiritiladi va hisoblab chiqilganga yaqin kichik kattalik qabul qilinadi: $S_{mr} \leq S_m$. Tanlangan S_{mr} bo'yicha amaldagi tishga surish hisoblanadi.

Kesish tezligini frezalashdagi kesish rejimlari kartalari bo'yicha tanlanadi yoki quyidagi ifoda bo'yicha hisoblanadi.

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K, \qquad (10.9)$$

bunda C_v — zagotovka materiali va ishlov berish sharoitlarini xarakterlovchi koeffitsiyent; T — frezaning turg'unlik davri, u odatda 60...180 min chegarada bo'ladi; t —qirqish chuqurligi; S_z — tishga surish; B — frezalash kengligi; Z — freza tishlari soni; q, m, x, y, u, p — daraja ko'rsatkichlari; K — ishlov berish sharoitlarining o'zgarishini hisobga oluvchi umumiy tuzatish koeffitsiyenti. Koeffitsiyentlar va darajalar ko'rsatkichlarining qiymatlari ma'lumotnomalardan tanlanadi.

Hosil qilingan kesish tezligi V bo'yicha frezaning aylanish chastotasi $n = \frac{1000V}{\pi D}$ aniqlanadi, va dastgoh pasporti bo'yicha tuzatish kiritiladi va amaldagi hisoblangan qiymatga yaqin kichik miqdor tanlanadi: $n_a \leq n$, va n_a bo'yicha qirqish tezligi qayta hisoblanadi. Keyin qirqish quvvati N_x ni hisoblanadi va dastgoh quvvati N_{dast} bilan qiyoslanadi: $N_x < N_{dast}$.

11-BOB | Jilvirlash

11.1. Jilvirlashning o'ziga xos xususiyatlari

Metallarga jilvirlash dastgohlarida abraziv asbob yordamida qirqib ishlov berish jarayoniga jilvirlash deb aytiladi.

Abraziv kesuvchi asboblar ixtiyoriy joylashgan, bog'lovchi bilan mahkamlangan juda ko'p abraziv materiallar donlaridan tashkil topgan. Abraziv materiallar g'ovak jismlar bo'lib, ularning g'ovakligi asbobning butun hajmini qamrab oluvchi g'ovaklar va mikroyoriqlar tizimi ko'rinishida ifodalanadi. Abraziv asboblar ish va bo'sh yuzalarning rivojlangan mikrorelyefiga ega. Abraziv asboblar bilan jilvirlash metallarga tig'li asboblar bilan ishlov berilgandagiga qaraganda 10 va undan ortiq marta tezlikda bajariladi. Jilvirlash ishlov berilayotgan zagotovka materialini qirqish burchaklarining doimiy emasligi bilan ajralib turuvchi, ko'pincha qirqish tekisligiga nisbatan noqulay yo'naltirilgan, ko'p sonli abraziv donlar tomonidan ommaviy ravishda jadal qirqish jarayonidir.

Har bir abraziv doni bilan xuddi qirquvchi tish singari metalning yupqa qatlamini kesish jilvirlashning o'ziga xos tomoni bo'lib, natijada detal yuzasida cheklangan uzunlikdagi va ko'ndalang kesimli juda kichik maydonga ega bo'lgan tilingan joy hosil bo'ladi. Jilvirlash orqali ishlov berilgan detal yuzasi ko'plab tilingan joylarning yig'indisidan iborat bo'lib, ular abraziv asbobning qirquvchi yuzasida joylashgan barcha abraziv donlarning qirqish izlaridir. Jilvirlashning yana bir o'ziga xos xususiyati shuki, ayrim abraziv donlarning ishlash hududida ko'pincha po'latning erish haroratidan yuqori bo'lgan yuqori kontakt haroratlar rivojlanadi, ishlov berilayotgan zagotovkaning hosil bo'lgan issiqlikning katta qismini yutuvchi yuza qatlamlari sekundning mingdan bir ulushi davomida 150...1500°C gacha qiziydi, keyin shunday tezlikda 20...350°C gacha soviydi. Jilvirlashda hosil bo'ladigan issiqlikning umumiy miqdori tig'li asboblar bilan ishlov bergandagi issiqlik hosil bo'lishiga qaraganda ancha ortiqdir.

Jilvirlash detallarga uzil-kesin ishlov berishda qo'llaniladi va R = 0,08...0,32 mkm g'adir-budurlik va 6...7 kvalitetlar bo'yicha o'lcham aniqligiga ega bo'lgan yuzalar hosil qilish imkonini beradi.

11.2. Charxtoshlar xarakteristikalari va jilvirlash turlari

Abraziv donlar va bog'lovchidan iborat charxtoshlar keng tarqalgan abraziv asboblar hisoblanadi. Charxtosh abraziv donlar materialining sifati, donadorligi, bog'lovchi materiali, qattiqligi, strukturasi, shakli va o'lchamlariga ko'ra xarakterlanadi.

Abraziv material xarakteristikasi 2.9-§ da berilgan.

Maydalangan abraziv materiallarning donadorligi jilvir donlari asosiy fraksiyasining o'lchamlari bilan aniqlanadi,xarakterlanadi va tegishli raqam bilan belgilanadi. Donadorlikning har bir raqami donning mkm dagi o'lchami xarakteristikasidir.

Abraziv donlar to'rt guruhga bo'linadi: jilvirlash donlari — № 200 dan №16 gacha (donlarning o'lchami 2000 dan 160 mkm gacha); jilvirlash kukunlari — № 12 dan № 3 gacha; mikrokukunlar — M63 dan M14 gacha, yupqa mikrokukunlar — M10 dan M1 gacha. Donlarning o'lchami mazkur donlar o'tuvchi elak kataklari o'lchami bilan aniqlanadi. Mikrokukunlar donlarining o'lchamlari mikroskopik va fotoelektrik o'lchash usullarida aniqlanadi.

Olmos donlari ikki guruhga bo'linadi: jilvirlash kukunlari (630/500 dan 50/40 gacha) va mikrokukunlar (60/40 dan 1/0 gacha).

Elbor donlari uch guruhga bo'linadi: donadorligi LO 315/250 dan LO 200/160 gacha bo'lgan jilvirlash donlari; LO 160/125 dan LO 50/40 gacha bo'lgan jilvirlash kukunlari; LM 40/28 dan LM 5/3 gacha bo'lgan mikrokukunlar.

Olmoslar va elborning donadorligi kasr bilan ifodalanib, donlar asosiy fraksiyasining mkm dagi eng katta o'lchami maxrajda va eng kichik o'lchami suratda beriladi.

Asosan, anorganik, organik va metall bog'lovchilar ishlatiladi. Anorganik bog'lovchilardan keng tarqalgani sopol bog'lovchilar bo'lib, ular o'tga chidamli loy, dala shpati, kvars, talk va bo'rdan tashkil topgan. Sopol bog'lovchili charxlar bir xil qattiqlikka ega bo'lib, donlari ancha ochiq (turtib chiqqan) va shuning uchun ularning ish unumi yuqori. Bundan tashqari, bunday charxlar suv, moy va yuqori harorat ta'siriga sezgir emas, bu juda muhimdir. O'ta mo'rtligi bunday charxlarning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Vulkanitli, bakelitli, gliftalitli organik bog'lovchilar charxlarni o'ta mustahkam va qayishqoq qiladi, natijada mazkur bog'lovchili charxlarning aylana tezligi yuqori bo'ladi. Bunday charxlarning yuqori haroratga chidamsizligi, oson siyqalanishi (bu hol tez-tez to'g'rilab turishni talab etadi) va tayyorlashning qimmatga tushishi ularning kamchiligi hisoblanadi. Metall asoslar (aluminiy, qalay, mis) va to'ldirgichlardan (kremniy karbidi, elektrokorund) iborat metall bog'lovchilar olmos hamda elbor charxlarda qo'llaniladi.

Charxtoshlarning qattiqligi deganda, bog'lovchining tashqi kuchlar ta'sirida bog'lovchi massasidan abraziv donlarning sug'urilishiga qarshilik ko'rsatishi tushuniladi. Bog'lovchi abraziv donlarni ular o'tkir bo'lib, qirqish xususiyatiga ega bo'lgan vaqt davomida tutib turishi hamda o'tmaslashgandan so'ng charxtosh yuzasidan ajralib ketishiga imkon berishi lozim.

Charxtoshning qattiqligi soqqachani bosish, o'yiqcha parmalash, qum oqimi bilan ishlov berish orqali aniqlanadi. Charxtoshlar quyidagi qattiqlik toifalariga ega bo'ladi va quyidagicha belgilanadi: YU1, YU2, YU3, SYU1, SYU2, O'1, O'2, O'T1, O'T2, O'Q3, Q1, Q2, AQ1, AQ2, JQ1, JQ2. Harflar quyidagilarni bildiradi: YU – yumshoq; O'YU – o'rtacha yumshoq; O' – o'rtacha; O'Q – o'rtacha qattiq; Q – qattiq; AQ – ancha qattiq; JQ – juda qattiq. Harflardan keyin qo'yilgan 1, 2, 3 raqamlari qattiqlikning o'sib boruvchi tartibini bildiradi.

Charxtoshlar qattiqligiga ko'ra ma'lum bo'lgan umumiy qoidalar asosida tanlanadi. Qattiq materiallarga yumshoq charxlar bilan ishlov berish kerak (YU, O'YU, O'). Qovushqoq materiallarga

ishlov berganda (rangli metallar, yumshoq po'latlar) ham yumshoq charxlarni, biroq yirik donlisini tanlash lozim. Shakldor yuzalarni jilvirlashda charxtoshning shakl beruvchi profilini saqlash uchun ancha qattiq charxtoshlarni qo'llash kerak.

Abraziv donlar, bog'lovchi va g'ovaklar birlik hajmining miqdoriy nisbatlariga bog'liq ravishda silliqlovchi asbob turli strukturaga ega bo'ladi. Jami 13 ta struktura nomerlari bo'lib, 0 dan 12 gacha farqlanadi. Nolinchi struktura eng katta zichlikka ega bo'ladi (abraziv donlar hajmi 62% ga teng). Struktura nomerlari ortib borishi bilan abraziv donlar hajmi kamayadi va g'ovakligi yuqori bo'lgan charxlarda g'ovaklar hajmi 75% ga yetishi mumkin. G'ovaklikning yuqori bo'lishi jilvirlash asboblari uchun sovitish, qirindi va abraziv shlamlarni haydash yaxshi sharoitlarini yaratadi.

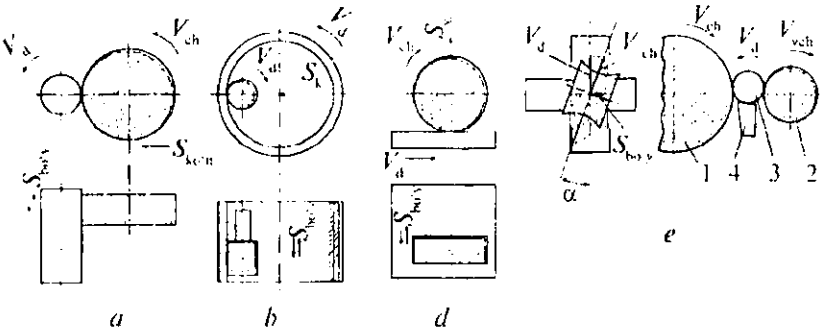
Olmos asboblarning samaradorligi va qiymatini belgilovchi eng muhim xarakteristika olmoslar konsentratsiyasi (miqdori) hisoblanadi. 100% li konsentratsiya sifatida 1 sm^3 olmos tushuvchi qatlamda (yoki 1 mm^3 da 0,878 m^2) 4,39 karat olmos bo'lishi qabul qilingan bo'lib, bu uning hajmining 25% ini tashkil etadi. Asbob 25 dan 200% gacha bo'lgan chegaradagi konsentratsiyada ishlab chiqariladi.

Jilvirlashning quyidagi turlari farqlanadi: tashqi aylanma jilvirlash; ichki aylanma jilvirlash; yassi jilvirlash; maxsus jilvirlash (tish jilvirlash, rezba jilvirlash va bosh.).

Tashqi aylanma jilvirlashda jilvirlovchi charx va ishlov berilayotgan detal bir tomonga aylanadi (11.1-rasm, *a*). Jilvirlovchi charx asosiy V_{ch} harakatni, detal esa aylanma surish V_d harakatini bajaradi. Bundan tashqari, ishlov berilayotgan detal charxning aylanish o'qiga parallel ravishda bo'ylamasiga siljiydi $S_{bo'y}$. Har qaysi bir yoki ikkita o'tish oxirida charxtosh, qirqish chuqurligiga ko'ndalang siljiydi $S_{ko'n.s}$. Shu sxema bo'yicha nisbatan uzun detallarga ishlov beriladi.

Tashqi aylanma jilvirlash bilan konussimon yuzalarga ishlov berish mumkin. Kesib qirquvchi jilvirlash ham mavjud. Bunday jilvirlashda surish harakati faqat bir yo'nalishda — ishlov berilayotgan detal aylanish o'qiga perpendikular tarzda ta'minlanadi. Ishlov berilayotgan yuza kengligi, odatda abraziv asbob kengligidan kichik bo'lishi kerak.

Aylanma ichki jilvirlashda (11.1-rasm, *b*) charxtosh va detal parallel o'qlar atrofida, tegishlicha, V_{ch} va V_d tezlikda aylanadi. Bo'ylama surish harakati $S_{bo'y}$ va ko'ndalang surish harakati $S_{ko'n}$ tashqi aylanma jilvirlashdagi kabidir. Aylanma ichki jilvirlashda ichki konussimon yuzalarga ishlov berish ham mumkin.



11.1-rasm. Jilvirlash sxemalari.

Charxlash periferiyasi bilan yassi jilvirlashda (11.1-rasm,*d*) yuqori aniqlikda ishlov berishga, ishlov berilgan yuzaning yuqori sifat ko'rsatkichlariga erishiladi, bikrligi kichik bo'lgan detallarga ham ishlov berish mumkin. Yassi jilvirlashda qaytma-ilgarilama bo'ylama harakat V_d ni va uzluksiz ko'ndalang surish harakati S_y ni zagotovka yoki charxtosh amalga oshiradi. Qirqish chuqurligi kattaligida charxtoshni surish harakati dastgoh stolining chekka holatida butun jilvirlanadigan tekislikka ishlov berib borilgan sari amalga oshiriladi. Agar jilvirlanayotgan yuza charxtosh kengligidan tor bo'lsa, stol har gal ikki marta yurganida vertikal surish harakati bajariladi.

Tekis jilvirlash charxning (periferiyasi) bilan emas, charxtoshning toretsi bilan ham amalga oshiriladi. Yassi torets jilvirlashda, bir paytning o'zida, bir nechta qirqish elementi — donlar ishtirok etadi (katta tutashuv maydoni), natijada issiqlik ko'p ajralib chiqadi va ingichka detallar kuyishi va o'z o'lchamlarini sovish davrida o'zgartirishi mumkin.

Markazsiz jilvirlashning mohiyati shundan iboratki, zagotovka ishlov berish jarayonida markazlarga yoki boshqa siquvchi moslamalarga mahkamlanmaydi (11.1-rasm, *e*), balki tayanch oyoq *4* da joylashadi. Zagotovka *3* charxtosh *1* va yetakchi *2* charxlar o'rtasida joylashib, V_d aylanish va, ayni vaqtda, ko'ndalang surish S_{iyl} oladi. Konstruksiyasi jihatidan yetakchi charx ham charxtosh singari, ammo qayishqoq, vulkanitli bog'lovchi moddalar asosida ishlangan bo'lib, ular amalda zagotovka bilan sirg'almasdan tutashuvni ta'minlaydi. Bunda oniy aylanma tezlik tutashuv nuqtasida zagotovka va yetakchi charx uchun bir xil bo'ladi. Zagotovkaning charxtosh o'qi bo'ylab surilishini ta'minlash uchun vertikal tekislikda yetakchi charxda charxtosh o'qiga 0...8° qiyalik ko'zda tutilgan.

Ana shuni hamda tutashuv joyida yetakchi charxtosh va detalning bir xil aylanma tezligini hisobga olib yetakchi charxning burchak tezligi vektorini detalga nisbatan tashkil etuvchilarga qo'yamiz: vertikal chiziqcha – detalning burchak tezligi vektori va gorizontallar – detalning o'z o'qi bo'ylab siljish tezligi vektori. Unda detalning aylanma tezligi $V_d = V_{yech} \cos\alpha K$, detalning bo'ylama siljish tezligi yoki bo'ylama surish $S_{bo'y} = V_{yech} \sin\alpha K$. Bu ta'riflarda: α – yetaklovchi charx o'qining qiyalik burchagi, K esa sirpanish koeffitsiyenti. Detalning o'q bo'ylab jilvirlanishi o'tuvchi jilvirlash deyiladi.

Burchak $\alpha = 0$ (bo'ylama surish $S_{bo'y} = 0$) bo'lganda, kesib qirquvchi jilvirlash usulida ishlov beriladi.

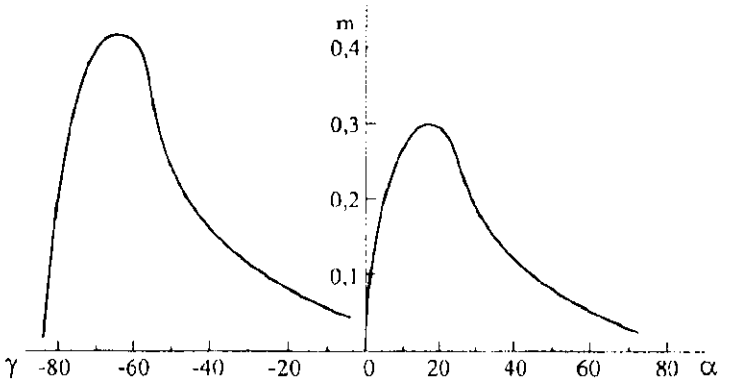
Yetakchi charxning detal bilan tutashishi nuqtada emas, balki chiziq bo'ylab bo'lishi uchun (yetakchi charx o'qi burilganda) yetakchi charx bir bo'shliqli aylanish giperboloidi bilan to'g'rilanadi (11.1-rasm, *e* ga qarang).

11.3. Jilvirlash jarayoni elementlari

Jilvirlashda qirindi hosil bo'lishi tig'li asboblar bilan ishlash paytida qirindi hosil bo'lishidan uncha farq qilmaydi. Biroq, agar tig'li asboblarda kesuvchi tig'larning shakli, o'lchamlari joylashishi aniqlangan, burchaklari va chiziqlarining geometrik parametrlari qiymatlari bilan belgilangan bo'lsa, abraziv donlar esa kesuvchi tishlar singari noto'g'ri geometrik shaklga ega bo'ladi va jilvirlash charxi massasida tartibsiz, tasodifiy joylashadi. Shuday qilib, abraziv donlarning kesuvchi tig'laridagi yuzalarning geometrik burchak parametrlari tasodifiy, ehtimoliy xarakterga ega bo'lib, keng chegaralarda o'zgarib turadi.

11.2-rasmda elektr korundlar va bor nitridlari abraziv donlaridan yasalgan charxtoshlar old va orqa burchaklari qiymatlarining taqsimlanish egri chiziqlari ko'rsatilgan. Old burchaklar uchun nisbiy chastota *m* ning eng katta qiymati $\gamma = -75°$ bo'lganda va orqa burchaklar uchun $\alpha = 12°$ da kuzatiladi. Bu va boshqa tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, jilvirlash jarayoni uchun qirqilayotgan qatlam qalinligining yupqa bo'lishi, abraziv don bilan zagotovka o'rtasidagi tutashuv qisqa vaqt davom etishi, katta deformatsiyalanish tezliklari, tashqi burchaklarning katta manfiy qiymatlari xosdir.

Aylanma tashqi jilvirlashda qirqish rejimining elementlari quyidagilardir: qirqish tezligi (ko'ndalang surish), bo'ylama surish, charxtosh va detalning aylanma tezligi.



11.2-rasm. Charxtoshlar [3] abraziv donlarining kesuvchi tig'laridagi old γ va orqa α burchaklar qiymatlarining nisbiy bog'lanishi.

Qirqish chuqurligi t — charxtosh bir marta o'tishida qirqiladigan qatlam qalinligi. Qirqish chuqurligi, charx o'z kengligiga ko'ra detal chegaralaridan qisman chiqqanda, charxning detalga nisbatan chekka holatda amalga oshiriluvchi ko'ndalang surish kattaligiga mos keladi. Xomaki jilvirlashda qirqish chuqurligi (ko'ndalang surish $S_{ko'n}$) 0,01...0,08 mm chegarada va uzil-kesil jilvirlashda 0,005...0,015 mm atrofida olinadi.

Bo'ylama surish $S_{bo'yl}$ — bu ishlov berilayotgan detalning (yoki charxtoshning) bir marta aylanishi mobaynida (mm/ayl) millimetrlarda bo'ylama siljishidir. Bo'ylama surish charxtoshning B kengligidan ma'lum ulushlar tarzida olinadi. Xomaki jilvirlashda $S_{bo'yl} = (0,3...0,7)B$, uzil-kesil jilvirlashda — $S_{bo'yl} = (0,2...0,4)B$.

Charxtoshning aylanma tezligiga jilvirlashdagi qirqish tezligi V, deb ataladi. Odatda, m/sek da ifodalanuvchi jilvirlash tezligini quyidagi ifodadan hisoblanadi:

$$V = \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60},$$

bunda D — charxtoshning diametri, mm; n — shpindelning aylanish chastotasi, ayl/min. Charxtoshning aylanma tezligi, odatda 30 m/sek dan oshmaydi. Bu chegara sopol bog'lovchilar asosida ishlangan charxtoshlarning mexanik mustahkamligi bilan cheklangan. Metall bog'lovchilar asosida ishlangan charxlardan foydalanilgandagina 30 m/sek dan ortiq tezlikdagi jilvirlashga ruxsat etiladi.

Detalning aylanish tezligi quyidagi ifodadan topiladi:

$$V_d = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ m/min},$$

bunda D – detal diametri, mm; n – detalning aylanish chastotasi, ayl/min.

Po'lat va cho'yandan yasalgan detallarning jilvirlashdagi aylanma tezligi, odatda, 20...60 m/min oralig'ida bo'ladi.

Ishlov berilayotgan metall bir marta aylanganda qirqiladigan metall qatlamining hajmi

$$Q = \pi D\, t S_{bo'yl}, \text{ mm}^3,$$

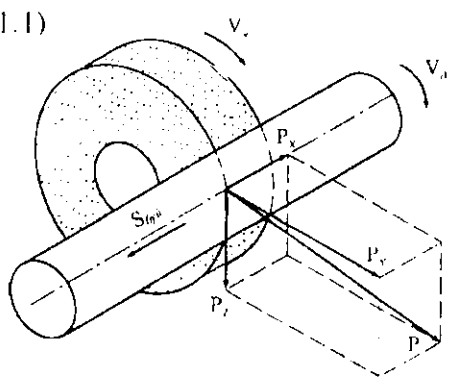
bunda D – detal diametri, mm; t – qirqish chuqurligi, mm; $S_{bo'yl}$ – bo'ylama surish, mm/ayl.

Jilvirlashda charxning ish yuzasiga ta'sir qiluvchi normal va urinma kuchlarning teng ta'sir qiluvchisi P uchta kuchning; P_z, P_y va P_x yig'indisi bo'ladi (11.3-rasm). Tangensial kuch P_z qirqishning asosiy harakati yo'nalishida harakat qilganligi sababli, aynan u qirqishning effektiv quvvati qiymatini belgilaydi. Radial kuch P_y qayishqoq deformatsiyani yuzaga keltirib, ishlov berishning aniqligi va qirqish jarayonining tebranishga chidamliligiga katta ta'sir ko'rsatadi. O'qiy kuch P_x surish uzatmasining quvvatini bildiradi.

Jilvirlashda qirqish kuchining radial tashkil etuvchisi P_y doimo tangensial tashkil etuvchi P_z dan 1,5...3 marta katta bo'ladi, buning sababi manfiy old burchaklar katta, qirqilayotgan qatlam qalinligi kam va abraziv donlardagi yumaloqlanish radiuslari kattadir.

Tadqiqotlar natijasida shu narsa aniqlanganki, konstruksion po'latlar, cho'yanlar va yuqori darajada legirlangan qotishmalarni jilvirlashda tashqi va ichki aylanma jilvirlash uchun sarflanadigan effektiv quvvat (kVt) quyidagi bog'lanish bilan ifodalanadi:

$$N_{ye.av.} = C_N S_{bo'y} V^{0,7} S_k, \quad (11.1)$$



11.3-rasm. Jilvirlashda ta'sir qiluvchi kuchlar sxemasi.

Yassi jilvirlash uchun

$$N_{ye\ yas} = C_N S_k S_{bo'y}^{0,7} S_b^{0,7}. \qquad (11.2)$$

Bu tengsizlikka kiruvchi C_N koeffitsiyent jilvirlash turi va jilvirlanayotgan detal diametri D (mm)ga bog'liq.

$$C_N = C_o D_g^n K_1 K_2 K_3, \qquad (11.3)$$

bunda C_o — koeffitsiyent va n — jilvirlash turiga bog'liq bo'lgan daraja ko'rsatkichi; K_1, K_2 va K_3 — charxtoshning qattiqligi,kengligi B, ishlov berilayotgan material turini hisobga oluvchi koeffitsiyentlar.

Jilvirlashda qirqish kuchlari ,odatda, katta bo'lmaydi. Biroq jilvirlashning effektiv quvvati katta, chunki charxning tezligi katta V_{ch} : $N_{ye} = P_z V_{ch}$, bundan $P_z = N_{ye}/V_{ch}$.

(11.1), (11.2) va (11.3) tenglamalardan foydalanib, quyidagini hosil qilamiz:

tashqi va ichki aylanma jilvirlash uchun

$$P_{z\ ayl} = C_o D_g^n S_{bo'y} V^{0,7} S_k^{0,7} K_1 K_2 K_3 / V_{ch}, \qquad (11.4)$$

tekis jilvirlash uchun

$$P_{z\ tekis} = C_o S_k S_{bo'y}^{0,7} S_b^{0,7} K_1 K_2 K_3 / V_{ch}. \qquad (11.5)$$

11.4. Abraziv asboblarning yeyilish tabiati va jilvirlashda kesish rejimlarini tayinlash

Abraziv asbobning yeyilishi, ishlov berilayotgan materialga, abraziv asbob xarakteristikasiga (abraziv donlarning materiali, donadorligi, qattiqligi, tuzilishi),qirqish (kesish) rejimiga bog'liq.

Donlar cho'qqilarining siyqalanishi, donlarning uvalanib tushishi, bog'lovchilarning siyqalanishi, donlarning sug'urilib chiqishi, g'ovaklarning ishlov berilayotgan material zarrachalari va abraziv shlam bilan to'lib qolishi — yeyilishning o'ziga xos turlari hisoblanadi.

Jilvirlash sharoitlariga bog'liq holda, yeyilishning barcha turlari yuz berishi yoki ulardan biri ustun kelishi mumkin.

Ishlov berilayotgan material qancha qattiq va uning siyqalanish xususiyatlari qancha yuqori bo'lsa, abraziv donlar shuncha jadalroq yeyiladi. Donlarning yeyilishi bilan charxning kesuvchi yuzasidan yeyilgan donlarni sug'urib oluvchi qirqish kuchlari o'sib boradi.

Yeyilgan donlarning sug'urilishi qirqish yuzasining yangilanishiga olib keladi. Charxning pastki qatlamidagi yangi, yeyilmagan donlar qirqishga kirishadi. Abraziv asboblarning o'z-o'zicha charxlanish xususiyatidan foydalanish uchun siyqalanish xossalari yuqori bo'lgan qattiq materiallarni yumshoq charxtoshlarda jilvirlanadi.

Jilvirlash jarayonida qirqilayotgan qatlam qirindilari, metall zarrachalaridan iborat shlam (kukunsimon mahsulot), abraziv donlar va bog'lovchilarning parchalari qo'shni donlar va jilvirlovchi charx g'ovaklaridagi berk bo'shliqda to'planadi. Salt sikl paytida g'ovak hajmida to'plangan qirindi va shlam markazdan qochuvchi kuchlar va sovitish suyuqliklari oqimi ta'sirida g'ovaklardan chiqib ketish imkoniyatiga ega bo'ladi. Biroq qirindi va shlamning bir qismi g'ovak hajmlarda tiqilib qoladi va birmuncha vaqt o'tgandan so'ng qirqish yuzasidagi g'ovaklar to'lib qoladi. Bunda charxtosh umuman qirqmay qo'yadi (charx yedirilib, to'lib qoladi).

Yedirilib to'lgan charx qirqish xossalarini yo'qotadi, natijada katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi va charxning kesuvchi yuzasida hamda detalning ishlov berilayotgan yuzasida harorat ko'tariladi. Oqibatda ishlov berilayotgan detal sifati pasayadi va bu hol ishlov berilgan yuzada kuygan joylar hosil bo'lishi orqali ko'rinadi.

Shunday qilib, yumshoq va o'rtacha yumshoq abraziv asboblar ko'pincha ularning o'z-o'zini charxlash xususiyati tufayli yeyiladi. Ancha qattiq abraziv asboblar ularning qisman qizishi va qisman ishlov berilayotgan materialning siyqalovchi ta'sirida donlar qirralarining o'tmaslashishi oqibatida yeyiladi.

Yeyilgan sari, qirquvchi yuzalar asta-sekin o'z shakli va o'lchamlarini o'zgartirib boradi. Charxtoshning yeyilishi uning kengligi bo'ylab bir xil bo'lmaydi: burchak o'tishlarda ancha jadal yeyiladi. Charxtoshning yeyilishi ishlov berilgan yuza g'adir-budurligining ortishi, ishlov berish aniqligining pasayishi, kuygan joylarning paydo bo'lishi, tebranishlarning yuzaga kelishi, quvvatning ortishi bilan xarakterlanadi.

Qirqish xususiyati va charx profilini tiklash uchun charxni to'g'rilash zarur. Abraziv asbobning bir to'g'rilashdan ikkinchi to'g'rilashgacha bo'lgan ishlash vaqti uning turg'unlik davri deyiladi. Abraziv charxlarning turg'unlik davri $T = 5...60$ min ni tashkil etadi.

Jilvirlashda moylash-sovitish texnologik muhiti (MSTM) muhim rol o'ynaydi.

Abraziv asbob bilan ishlov berishning barcha operatsiyalarida, vaqt birligida, ko'plab mayda qirindilar olib tashlanadi, to'xtovsiz jilvirlash shlamlari hosil bo'ladi. Ishlov berishdagi mazkur barcha chiqindilarni ishlov berish hududi va dastgohning ish organlaridan uzluksiz olib tashlab turish lozim.

MSTM ning moylash ta'siri, abraziv asboblar bilan ishlov berishda kesuvchi va siquvchi abraziv donlar, bog'lovchi, material zarrachalari va asbob ish yuzasiga yopishib qolgan chiqindilarning ishqalanishini kamaytirishga hamda yedirilishning oldini olishga olib keladi. MSTM ning yuvish ta'siri material zarrachalarini, abraziv asbobning yeyilish mahsulotlarini va ishlov berishning boshqa chiqindilarini asbobning ish yuzasidan, qirqish hududidan, ishlov berilayotgan detal yuzasidan va dastgoh detallaridan yuvib olib ketishdan iborat.

MSTM funksional xossalarining amalga oshishi uchun, avvalo katta tezlikda aylanuvchi charxtoshlar tomonidan hosil qilinadigan va MSTM ning jilvirlash hududiga kirib borishiga to'sqinlik qiladigan aylanma va yon tomondan keladigan havo oqimlari jiddiy qiyinchiliklar tug'diradi. G'ovakli tuzilish xususiyatiga ega bo'lgani uchun charx markazdan qochma nasos singari ishlaydi. Charxning g'ovaklarida joylashgan havo markazdan qochma kuch tomonidan periferiyaga surib tashlanadi, bu esa charx ichining bo'shab qolishiga sabab bo'ladi, yangi havo oqimi esa charxning yon qirralari orqali so'rib olinadi. Kuchli girdobli havo oqimlari dag'al periferiya va abraziv charxlarning yon qirralari tomonidan ham hosil qilinadi. Shuning uchun MSTM ning to'g'ri olib kelinishi abraziv asbobning ishlash xususiyatini ancha oshiradi.

Qirqish rejimlarini tanlashda, birinchi navbatda, charxtoshning xarakteristikasi (shakli, o'lchamlari, abraziv materiali, donadorligi, qattiqligi, tuzilishi, bog'lovchisi, charx sinfi) ishlov berilayotgan material xossalariga bog'liq holda aniqlanadi.

Qirqish chuqurligi t ni tanlash (yoki ko'ndalang surish $S_{ko'n}$) ikkinchi qadam hisoblanadi.

Shundan so'ng bo'ylama surish va unga asoslanib minutlik surish $S_m = S_{bo'yl} n$ aniqlanadi. Keyin aylanma tezlik V (yoki yassi jilvirlashda stol tezligi) tanlanadi va detalning aylanish chastotasi

n aniqlanadi hamda u dastgohning pasport ma'lumotlariga ko'ra to'g'rilanadi. Detalning qabul qilingan amaldagi aylanish chastotasi bo'yicha detal aylanma tezligining amaldagi tezligi aniqlanadi.

So'ngra charxtoshning aylanma tezligi V_{ch} (qirqish tezligi) tanlanadi. Bu tezlikni charx xarakteristikasida ko'rsatilgan tezlikdan oshirib yuborishga yo'l qo'ymaslik zarur.

P_z kuch va jilvirlash uchun zarur bo'lgan quvvat N_{ye} hisoblanadi. Bu quvvat dastgoh shpindeli quvvatiga teng yoki undan kamroq bo'lishi lozim.

ADABIYOTLAR

1. Армарего И.Ж.А., Браун Р.Х. Обработка металлов резанием. М., Машиностроение, 1977.
2. Бобров В.Ф. Основы теории резания металлов. М., 1975.
3. Верешака А.С., Третьяков И.П. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями. М., 1986.
4. Грановский Г.И., Грановский В.Г. Резание металлов. М., 1985.
5. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. М.,1984.
6. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М., 1974.
7. Проектирование и расчёт металлорежущего инструмента на ЭВМ. Высшая школа, 1991.
8. Лоладзе Т.Н. Износ режущего инструмента. М., 1958.
9. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. М.,1966.
10. Резников А.Н. Теплофизика резания. М., 1969.
11. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов. М., 1979.
12. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабилности и качеством в автоматизированном производстве. М., 1989.
13. Технологические свойства новых СОЖ для обработки резанием (Под ред. М.И. Каушина). М., 1979.
14. Технология обработки конструкционных материалов. (Под ред. П.Г.Петрухи). Высшая школа, 1991.
15. Трент Э.М. Резание металлов. М., 1980.
16. Mirboboyev V.A. Konstruksion materiallar texnologiyasi. T., „O'qituvchi",1991.
17. Усманов К.Б., Якунин Г.И. Влияние внешних сред на износ и стойкость режущих инструментов. Фан, 1984.
18. Якубов Ф.Я. «Энергетические соотношения механической обработки металлов». Фан, 1985.

MUNDARIJA

Kirish 3

1-bob. **Metallarni qirqib mexanik ishlov berish asoslari**

1.1. Asosiy ta`riflar 5
1.2. Asbobning kesuvchi qismi 6
1.3. Asbob kesuvchi qismining geometrik parametrlari 7

2-bob. **Asbobsozlik materiallari**

2.1. Asbobsozlik materiallariga qo'yiladigan talablar 12
2.2. Uglerodli asbobsozlik po'latlari 15
2.3. Legirlangan asbobsozlik po'latlari 17
2.4. Tezkesar asbobsozlik po'latlari 18
2.5. Qattiq qotishmalar 20
2.6. Mineral keramika 24
2.7. Tabiiy va sun'iy olmoslar 26
2.8. O'ta qattiq materiallar 27
2.9. Abraziv materiallar 28
2.10. Kesuvchi asboblarning sifatini oshirishning asosiy usullari va yo'llari 31

3-bob. **Metall kesishning fizik asoslari**

3.1. Kesish elementlari va kesilayotgan qatlamning o'lchamlari 34
3.2. Qirindi hosil bo'lish jarayoni 37
3.3. Kesish jarayonining dislokatsion mexanizmi 42
3.4. Ishlov berilgan yuza qatlamining asosiy xarakteristikalari 47
3.5. Ishlov berilgan yuzaning sifati 48
3.6. Qirindining kirishishi 51
3.7. O'simta hosil bo'lishi 52

4-bob. **Qirqish (kesish) hududidagi issiqlik hodisalari**

4.1. Issiqlik hosil bo'lish manbalari 55
4.2. Kesish haroratig'a ta'sir qiluvchi omillar 61

5-bob. **Kesuvchi asbobning yeyilishi va turg'unligi**

5.1. Kesuvchi asbobning yeyilishi 62
5.2. Yeyilishning vaqt bo'yicha rivojlanishi 69
5.3. Kesuvchi asbobning turg'unligi 71
5.4. Turg'unlikning fizik tabiati 73

6-bob. **Moylash-sovitish texnologik muhitlarining kesish jarayoniga ta'siri**

6.1. Muhit kesish jarayoni bilan o'zaro ta'sirlashgandagi fizik-kimyoviy hodisalar 77
6.2. MSM turlari 83

7-bob. **Kesish kuchlari**

7.1. Kesish kuchlarini aniqlash 84
7.2. Kesish kuchlariga ta'sir qiluvchi omillar 86

8-bob. **Yo'nish**

8.1. Yo'nishning asosiy turlari va keskichlarning tasnifi 89
8.2. Raqamli boshqarish dasturi bo'lgan dastgohlar uchun keskichlar 97
8.3. Kesish rejimlarini tanlash tartibi 101
8.4. Kesish jarayonini optimallashtirish 105

9-bob. **Parmalash**

9.1. Parmalarning vazifasi va asosiy turlari 114
9.2. Parmalashda kesish jarayoni elementlari 120
9.3. Parmalashdagi kesish kuchlari 121
9.4. Spiral parmalarning yeyilish tabiati 124
9.5. Parmalashda kesish rejimlarining vazifasi 127

10-bob. **Frezalash**

10.1. Frezalash haqida umumiy tushuncha 128
10.2. Frezalarning asosiy turlari va ularning vazifasi 129
10.3. Frezalarning geometrik o'lchamlari 130
10.4. Frezalashda kesish jarayoni elementlari 133
10.5. Frezalashda kesish kuchlari 138
10.6. Frezalarning yeyilish tabiati 141
10.7. Frezalashda kesish rejimlarini tayinlash tartibi 143

11-bob. **Jilvirlash**

11.1. Jilvirlashning o'ziga xos xususiyatlari 144
11.2. Charxtoshlar xarakteristikalari va jilvirlash turlari 145
11.3. Jilvirlash jarayoni elementlari 149
11.4. Abraziv asboblarning yeyilish tabiati va jilvirlashda kesish rejimlarini tayinlash 152
Adabiyotlar 156

USMONOV KAMOL BEKMUROTOVICH

METALL KESISH ASOSLARI

Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma

Toshkent „O'qituvchi" 2004

Tahririyat mudiri *B.Akbarov*
Muharrir *D.Abbosova*
Badiiy muharrir *F.Nekqadamboyev*
Texnik muharrir *S.Tursunova*
Kompyuterda sahifalovchi *Q. Kuzayeva*
Musahhih *D.Umarova*

IB № 8316

Original-maketdan bosishga ruxsat etildi 1.06.04. Bichimi 60×90 1/16. Kegli 10, 11 shponli. Tayms garniturasi. Ofset bosma usulida bosildi. Bosma t.10,0. Nashr t. 10,0. 1000 nusxada bosildi. Buyurtma № 131

«O'qituvchi» nashriyoti. Toshkent, 129. Navoiy ko'chasi, 30. Shartnoma № 10-35-04.

O'zbekiston Matbuot va axborot agentligining G'afur G'ulom nomidagi nashriyot-matbaa ijodiy uyi. Toshkent, 129. Navoiy ko'chasi, 30.// Toshkent, 128. U.Yusupov ko'chasi., 86. 2004.

U73

Usmonov K.B.

Metallarni kesish asoslari: Oliy o'quv yurtlari uchun. – T.: „O'qituvchi", 2004. – 160 b.

BBK 34.642 – ya 73