

METHODOLOGY FOR DESIGNING AN INTEGRATED TECHNOLOGICAL PROCESS FOR CNC PART MANUFACTURING

Sh. F. Torgonov

Master's Student Namangan State Technical University

A. G. Botirov

Associate Professor Namangan State Technical University

Abstract. The article describes a new approach to designing technological processes for machining parts on metal-cutting machines under production conditions. This approach has been developed based on the preliminary prediction of machining accuracy. The process of selecting machining stage parameters is integrated with the modeling of cutting tools and technological fixture parameters. The sequence of technological process design begins with the initial operation and serves to consistently form the subsequent machining stages.

Keywords: design, accuracy, modeling, fixture, tool, technology.

CNC DETALLARNI ISHLAB CHIQRISHNING INTEGRALLASHGAN TEXNOLOGIK JARAYONINI LOYIHALASH METODIKASI

Sh.F. Torgonov

Namangan davlat texnika universiteti, magistri

A.G. Botirov

Namangan davlat texnika universiteti, dotsenti

Annotatsiya. Maqolada ishlab chiqarish sharoitida metall kesish dastgohlarida detallarga ishlov berish texnologik jarayonlarini loyihalashning yangi yondashuvi bayon etilgan. Ushbu yondashuv detallarga ishlov berish aniqligini oldindan prognoz qilish asosida ishlab chiqilgan. Ishlov berish bosqichlari parametrlarini tanlash jarayoni kesuvchi asbob va texnologik moslamalar parametrlarini modellashtirish orqali aniqlash bilan uyg'unlashtirilgan. Texnologik jarayonni loyihalash ketma-ketligi dastlabki

operatsiyadan boshlanib, keyingi ishlov bosqichlarini izchil shakllantirishga xizmat qiladi.

Kalit soʻzlar: Loyihalash, Aniqlik, Modellashtirish, Moslama, Asbob, Texnologiya.

Asosiy qism

Mashinasozlik sanoati oldida detallarni ishlab chiqarish aniqligini yanada oshirish vazifasi turibdi [1–4]. Bunda ishlov berish aniqligini taxminan 10 barobarga oshirish hamda sirt gʻadir-budurligini $Rz = 0,001$ mm gacha taʼminlash talab etiladi. Shu bilan birga, metall kesish dastgohlarida detallarga ishlov berish texnologik jarayonlarini loyihalash usullari hanuzgacha asosan anʼanaviy yondashuvlarga tayanib kelmoqda.

Texnologik jarayonlarni loyihalash amaliyotida ishlov berish aniqligini bosqichlar boʻyicha baholash uchun texnologlar koʻpincha maʼlumotnoma va normativ adabiyotlardan foydalanadilar. Ushbu manbalarda maʼlum bir ishlov berish usuli va jihoz uchun erishilishi mumkin boʻlgan aniqlik hamda ishlov bosqichlari soni koʻrsatiladi. Biroq ularda aynan qanday asbob parametrlari, qanday texnologik moslamalar va kesish rejimlari orqali bunday natijaga erishish mumkinligi yetarli darajada bayon qilinmagan.

Buning asosiy sababi shundaki, maʼlumotnomalarda keltirilgan koʻrsatkichlar turli korxonalarda va har xil ishlab chiqarish sharoitlarida olingan statistik maʼlumotlarga asoslangan boʻlib, ushbu sharoitlarning aniq parametrlari koʻpincha koʻrsatilmaydi. Bundan tashqari, kesish rejimlarini tanlashga oid qoʻllanmalarda ishlov berish aniqligi parametrlarining oʻzaro bogʻliqligi toʻliq yoritilmagan. Kesish rejimlarini tanlash esa koʻpincha kesuvchi asbobning mustahkamligi va chidamliligiga bogʻliq holda amalga oshiriladi [5–9].

Ishlov berish aniqligi parametrlarining kesish rejimlari, asbob parametrlari, texnologik moslamalar va jihozlar bilan uzviy bogʻliqligini ifodalovchi aniq meʼyoriy

ma'lumotlarning yetishmasligi texnologik jarayonlarni loyihalashda subyektiv qarorlarning ulushini oshirib yuboradi. Natijada aniqlikni ta'minlash bilan bog'liq muammolar texnologik jarayonni sozlash bosqichiga ko'chadi. Bu esa jarayonning mehnat sig'imi va tannarxining sezilarli oshishiga olib keladi.

Bunday yondashuv ilgari ommaviy va yirik seriyali ishlab chiqarish sharoitlarida ma'lum darajada o'zini oqlagan bo'lsa-da, hozirgi zamonaviy ishlab chiqarishning kam hajmli, biroq yuqori darajada jamlangan texnologik operatsiyalariga ega sharoitida ushbu muammo yanada dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Mashina detallarini ishlab chiqarish texnologik jarayonlarini loyihalashning an'anaviy usullari asosiy bosqichlarni ketma-ket bajarish tamoyiliga asoslanadi. Bunda har bir keyingi bosqichda avvalgi bosqichda olingan parametrlar asos qilib olinadi. Zagotovkalariga ishlov berish marshrutini belgilovchi sirtlarga ishlov berish rejalari ham ketma-ket loyihalash prinsiplariga asoslanadi.

Loyihalash jarayoni odatda oxirgi ishlov berish bosqichini aniqlashdan boshlanadi va keyinchalik birin-ketin dastlabki bosqichgacha davom ettiriladi. Bu jarayonda o'lcham aniqligi va sirt g'adir-budurligini bosqichma-bosqich yaxshilab borish tamoyiliga amal qilinadi. Detal sirtlarining shakli va joylashuv aniqligini ta'minlash masalalari esa ko'pincha qo'shimcha ishlov berish bosqichlarini kiritish orqali hal etiladi.

Bunday yondashuvda ishlov berish bosqichlari sonini kamaytirish hamda jarayonning mehnat sig'imini pasaytirish imkoniyatlari ancha cheklangan bo'ladi. Ushbu muammoni yuqori aniqlikdagi jihozlardan foydalanish orqali bartaraf etishga bo'lgan urinishlar ham kutilgan samarani bermaydi.

Texnologik jarayonlarni loyihalashning mavjud usullaridagi yana bir kamchilik — ishlov berish usullari va marshrutlarini tanlash, kesuvchi asboblarni belgilash, kesish rejimlarini aniqlash hamda texnologik moslamalarni tanlash bosqichlarining ketma-ket

va alohida amalga oshirilishidir. Aslida esa ushbu bosqichlar bir-biri bilan chambarchas bog‘liq. Masalan, kesish rejimlari kesuvchi asbob parametrlariga bog‘liq bo‘lsa, asbobning chidamliligi va mustahkamligi o‘z navbatida kesish rejimlariga bog‘liq bo‘ladi.

Aniq teshiklarga ishlov berishda ishlov usulining talab etilgan aniqlikni ta‘minlash imkoniyati ko‘p jihatdan texnologik moslamalarni to‘g‘ri tanlashga bog‘liqdir. Biroq amaliyotda texnologik moslamalar ko‘pincha operatsiyalar va ishlov bosqichlari belgilab bo‘lingandan keyingina tanlanadi.

Texnologik jarayonlarni optimallashtirish metodologiyalarini yaratish bo‘yicha katta tajriba to‘plangan [10–13]. Ammo optimallashtirish odatda strukturaviy va parametrik turlarga ajratiladi. Texnologik operatsiyaning tuzilishi va parametrlarining o‘zaro ta‘siri mavjud bo‘lishiga qaramay, bu yondashuv ko‘p bosqichli operatsiyalarni to‘liq optimal holatda ta‘minlay olmaydi. Shu sababli ko‘p bosqichli ishlov berish texnologiyalarini loyihalashning yangi tamoyillarini ishlab chiqish zarurati yuzaga kelmoqda.

G‘uzeev V. I., Pimenov D. Yu.lar tomonidan Janubiy Ural davlat universitetining Avtomatlashtirilgan mashinasozlik kafedrasida ana shunday yangi yondashuvlarni ishlab chiqish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilgan. Ushbu yondashuvlarning asosini texnologik jarayonlarni loyihalash bosqichlarini o‘zaro uyg‘unlashtirish tamoyili tashkil etadi.

Mazkur tamoyilga ko‘ra, loyihalash jarayoni birinchi ishlov berish bosqichidan boshlanadi va har bir keyingi bosqich parametrlari avvalgi bosqichda mavjud sharoitlarda erishilgan eng yuqori aniqlik natijalariga asoslanib belgilanadi. Shu bilan birga, ishlov berish bosqichini tanlash jarayoni kesuvchi asboblarni, texnologik moslamalarni hamda kesish rejimlarini tanlash bilan birgalikda amalga oshiriladi.

Ishlov berish bosqichi bir xil ishlov usuli doirasida bajarilishi yoki har bir bosqichda ishlov usulini o'zgartirish orqali amalga oshirilishi mumkin. Birinchi holatda masala tanlangan ishlov usuli uchun zarur bo'lgan ishlov berish bosqichlari sonini aniqlashga qaratiladi [14]. Ikkinchi holatda esa turli ishlov usullaridan foydalanib detal sirtlariga ishlov berish marshrutlarini aniqlash vazifasi hal etiladi [15].

Bunda loyihalash bosqichlarining o'zaro bog'liqligi va ularning ishlov berish aniqligiga kompleks ta'siri hisobga olinadi. Shuningdek, texnologik jarayonni kompyuter yordamida sinovdan o'tkazish va sozlash bosqichi ham texnologik jarayonni loyihalashning tarkibiy qismi sifatida qaraladi.

Bunday yondashuv ishlov berish aniqligini prognoz qiluvchi matematik modellarga, shuningdek ma'lumotnoma materiallarini taqdim etish mazmuni va shakliga yuqori talablar qo'yadi. Matematik modellashtirish ishlov berish jarayonida yuzaga keladigan xatoliklarni kompleks tarzda oldindan baholash imkonini berishi kerak.

Ishlov berish xatoliklarini prognozlash bo'yicha matematik modellar yaratishda uzoq yillar davomida katta tajriba to'plangan bo'lsa-da, hozircha ularni operatsiyalar va ishlov berish bosqichlarining ko'plab parametrlarining o'zaro ta'sirini hisobga oluvchi yagona integrallashgan analitik modelga birlashtirish imkoniyati to'liq yaratilmagan.

Shu sababli, bugungi kunda texnologik operatsiyalarni modellashtirish usulidan foydalanish maqsadga muvofiq deb hisoblanadi. Ushbu yondashuv bir nechta xususiy matematik modellarni birgalikda qo'llashga asoslanadi. Bunday usul ishlov berish usulini tanlash, kesuvchi asboblarni belgilash hamda texnologik moslamalarni tanlash bosqichlarini o'zaro uyg'unlashtirish va sinxronlashtirish imkonini beradi.

Texnologik jarayonni loyihalash va sozlash jarayonining asosini ishlov berilayotgan sirtlarni shakllantirishning matematik modellari tashkil etadi. Sozlashning asosiy vazifasi ishlov berish bosqichlari variantlarini qo'llanilayotgan texnologik

moslamalar va kesuvchi asboblarni bilan o‘zaro bog‘liq holda baholashdan iborat. Ushbu masala modellashtirish yordamida hal qilinadi.

Ma’lumotnoma materiallari ko‘rib chiqilayotgan parametrlar soni bo‘yicha loyihalananayotgan ko‘p bosqichli texnologik operatsiyalarga mos kelishi lozim.

Kafedrada ishlab chiqilgan umumiy mashinasozlikka oid kesish rejimlari standartlari [16] texnologik yo‘naltirilganligi bilan ajralib turadi. Ushbu standartlarda alfa bor ishlov berish bosqichlarining zarur sonini, har bir bosqich uchun talab etiladigan minimal kesish chuqurligi va surish qiymatlarini aniqlash imkonini beruvchi ma’lumotlar keltirilgan. Mazkur ko‘rsatkichlar zagotovkaning (yoki yarim tayyor mahsulotning) aniqligiga, har bir asbob yurishidan keyin erishilgan aniqlikka, shuningdek boshqa texnologik cheklovlarga — detal va asbobning bikrligi, dastgohning aniqligi va bikrligi kabi omillarga bog‘liq holda aniqlanadi.

Kesish rejimlari bo‘yicha ma’lumotnomada [17] texnologik tizimning quvvat yuklanishiga qarab ishlov berish bosqichlarining zarur sonini tanlash bo‘yicha batafsil tushuntirishlar berilgan. Hozirgi vaqtda ushbu ma’lumotlarni yanada takomillashtirish hamda ularni kompyuter yordamida loyihalash talablariga mos shaklda taqdim etish ustida ishlar olib borilmoqda.

Texnologik jarayonni loyihalashda moslamalarni tanlash uchun matematik mantiq apparati asosida matematik modellar ishlab chiqiladi [15]. Masalan, teshik ishlov berish operatsiyalari uchun yordamchi asbobni tanlashda, loyihalananayotgan ishlov berish bosqichida aniqlikni ta’minlash talablari bilan moslama konstruktiv yechimlarini o‘zaro uyg‘unlashtirish zarur bo‘ladi.

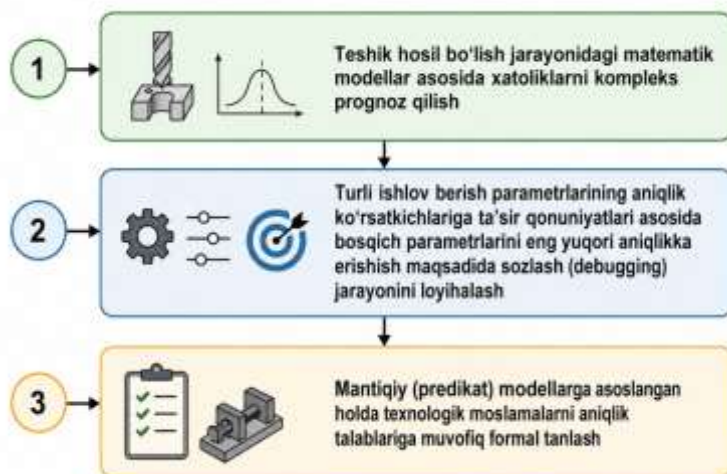
Bunda talablar majmuasi quyidagi yo‘nalishlarni o‘z ichiga oladi:



yechimlar orqali ta'minlanadi. Shunday qilib, har bir aniqlik parametrini ta'minlash uchun texnologik moslamalarga qo'yiladigan talablar tizimi shakllantiriladi va natijada texnik yechimlar fondidan mos variantlarni tanlash orqali aniq moslama turi aniqlanadi.

Ushbu maqsadda predikat tenglamalar tizimi (mantiqiy matematik model) tuziladi.

Teshik ochish (hole-making) jarayonlari uchun parametrik loyihalashning yangi metodologiyasi quyidagi aniqlikni ta'minlash usullariga asoslanadi:



Teshik ochish jarayonlarini loyihalash metodologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat:

1-bosqich. Ishlov berish usullari bazasidan birinchi ishlov bosqichi tanlanadi. Uning tanlanishiga zagotovka turi, ishlab chiqarish turi, detalni ishlash marshruti va boshqa omillar ta'sir ko'rsatadi.

2-bosqich. Ushbu bosqichda talab etilgan aniqlik parametrlarini ta'minlaydigan texnologik moslamalar to'plami shakllantiriladi. Buning uchun predikat tenglamalar tizimi quriladi. Ushbu bosqichni amalga oshirish uchun moslamalar bazasi yaratiladi, unda ularning zarur geometrik va texnik parametrlari ko'rsatiladi.

3-bosqich. Matematik modellar asosida ishlov berish xatoliklarini hisoblash uchun dastlabki bosqich parametrlari shakllantiriladi. Kesuvchi asbob, kesish rejimlari, jihoz va moslamalar parametrlari har bir bosqichda maksimal aniqlikni ta'minlash sharti asosida belgilanadi. Bunda bosqich chiqish ma'lumotlari xatoliklarning "merosiy" uzatilishini hisobga olgan holda keyingi bosqich uchun kirish ma'lumotlari bo'lib xizmat qiladi. Shuningdek, chidamlilik, unumdorlik va jihoz imkoniyatlari kabi cheklovlar ham hisobga olinadi.

4-bosqich. Shakllanish jarayonining matematik modellari yordamida ishlov berish xatoliklari hisoblanadi. Maksimal aniqlikka erishish modellashtirish asosida, jumladan, bosqich parametrlarini kompyuter yordamida sozlash orqali ta'minlanadi. Bu bosqichda asbob, moslama va kesish rejimlarini tanlash jarayonlari birlashtiriladi.

5-bosqich. Olingan natijalar asosida talab etilgan aniqlik parametrlarining ta'minlanganligi baholanadi va texnologik jarayonni davom ettirish yoki to'xtatish haqida qaror qabul qilinadi. Agar aniqlik ta'minlansa, barcha zarur bosqich parametrlari ko'rsatilgan texnologik hujjatlar rasmiylashtiriladi. Agar bir yoki bir nechta aniqlik ko'rsatkichlari bajarilmasa, navbatdagi bosqich kiritiladi va loyihalash jarayoni qayta takrorlanadi. Bunday siklik yondashuv bosqichlar bo'yicha xatoliklarni nazorat qilish

va texnologik parametrlarni o'zgartirish orqali bosqichlar sonini minimallashtirish imkonini beradi.

6-bosqich. Agar talab etilgan aniqlik ko'rsatkichlariga erishilmasa, qo'shimcha ishlov bosqichi belgilanadi. Bunda oldingi bosqich chiqish ma'lumotlari keyingi bosqich uchun kirish ma'lumotlari bo'lib xizmat qiladi.

7-bosqich. Agar mavjud sharoitlarda talab etilgan aniqlikka erishish imkoniyati tugasa (masalan, juda yuqori aniqlik talabi qo'yilgan bo'lsa), yakuniy ishlov berish usullari — jig boring, silliqlash va boshqalar — qo'llaniladi.

8-bosqich. Yakuniy bosqichda texnologik jarayon varianti va moslamalar to'plami tanlab olinadi. Bunda iqtisodiy, tashkiliy, texnik va boshqa ko'rsatkichlar hisobga olinadi.

Ushbu yondashuv an'anaviy loyihalash usullari bilan taqqoslaganda bir qator sezilarli afzalliklarni beradi. Xususan, texnologik bosqichlar sonini 2 barobargacha kamaytirish imkonini yaratadi. Shu bilan birga, ishlab chiqarish-texnologik tayyorgarlik xarajatlari 20–30 % gacha qisqaradi, shuningdek, yaroqsiz (defektli) mahsulotlar soni 3 barobargacha kamayadi.

Adabiyotlar

1. S. Bratan, E. Vladetskaya, A. Kharchenko, *Improvement of quality of details at round grinding in the conditions of a floating workshop*, MATEC Web Conf. 129, 01083 (2017)
2. V.I. Guzeev, *Feed speed control to assure accuracy of complex profile surfaces processing*, Procedia Eng. 129, 495-499 (2015)
3. M. Mia, M.A. Khan, N.R. Dhar, *Study of surface roughness and cutting forces using ANN, RSM, and ANOVA in turning of Ti-6Al-4V under cryogenic jets applied at flank* MATEC Web of Conferences 224, 01057 (2018)
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201822401057>

4. A.M. Kozlov, A.A. Kozlov, Y.V. Vasilenko, *Modeling a Cylindrical Surface Machined by a Non-circular Face Tool*, *Procedia Eng.* 150, 1081-1088 (2016)
5. J.S. Dureja, V.K. Gupta, V.S. Sharma, M. Dogra, M.S. Bhatti, *A review of empirical modeling techniques to optimize processing parameters for hard turning applications*, *Proc. Inst. Mech. Eng. Pt. B J. Eng. Manuf.* 230(3), 389-404 (2016)
6. G. Królczyk, M. Gajek, S. Legutko, *Effect of the cutting parameters impact on tool life in duplex stainless steel turning process / [Utjecaj parametara obrade na vijek alata u procesu tokarenja dupleks čelika otpornog na koroziju]*, *Teh. Vjesn.* 20(4), 587-592 (2013)
7. S.N. Grigoriev, M.A. Volosova, V.L. Gurin, A.E. Seleznev, *Wear of replaceable indexable inserts made of mixed cutting ceramics CC650 as a function of force parameters of steel ShKh15 face milling*, *J. Fric. Wear* 36(6), 521-527 (2015)
8. G.M. Krolczyk, P. Nieslony, S. Legutko, *Determination of tool life and research wear during duplex stainless steel turning*, *Arch. Civ. Mech. Eng.* 15(2), 347-354 (2015)
9. N.E. Karkalos, A.P. Markopoulos, *Applicability of ANN models and Taguchi method for the determination of tool life in turning*, *MATEC Web Conf.* 112, 06005 (2017)
10. Á.R. Machado, A.E. Diniz, *Tool wear analysis in the processing of hardened steels*, *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 92(9-12), 4095-4109 (2017)
11. P.P. Pereverzev, D.Yu. Pimenov, *Optimization of control programs for numerically controlled machine tools by dynamic programming*, *Russ. Eng. Res.* 35(2), 135-142 (2015)
12. P.P. Pereverzev, A.V. Akintseva, *Optimal internal grinding cycles in multidimensional control-parameter space*, *Russ. Eng. Res.* 36(11), 974-978 (2016)

13. A. Akintseva, P. Pereverzev, *Complex optimization of parameters for controlling the cycle of internal grinding by the method of dynamic programming*, MATEC Web Conf. 129, 01019 (2017)
14. A.T. Abbas, D.Yu. Pimenov, I.N. Erdakov, T. Mikolajczyk, E.A. El Danaf, M.A. Taha, *Minimization of turning time for high-strength steel with a given surface roughness using the Edgeworth–Pareto optimization method*, Int. J. Adv. Manuf. Technol. 93(5-8), 2375-2392 (2017)
15. V.I. Guzeev, *Theory and methodology of calculating the productivity of contour machining of parts of various accuracy on turning and milling CNC machines*, Abstract of a thesis of the Doctor of Engineering Sciences. Chelyabinsk: Publishing House of the SUSU, 33 (1994).
16. I.P. Deryabin, *Methodology of the parametric design of multi-pass processing of round holes using end measuring tools*, Abstract of a thesis of the Doctor of Engineering Sciences. Chelyabinsk: Publishing House of the SUSU, 36 (2009).
17. *General machine-building standards of cutting time and modes for the standardization of works performed on universal and multipurpose CNC machines*. Part 2. Standard cutting modes, Moscow: Economics, 472 (1990)
18. V.I. Guzeev, V.A. Batuev, I.V. Surkov, *Cutting modes for turning and drilling-milling and boring CNC machines*: Reference book / Edited by V.I. Guzeev, M: Mashinostroenie (Mechanical Engineering), 368 (2005)