QOLIPLARNI SOVUTISHNI OPTIMALLASHTIRISHNING TABIIY USLUBLARI

Yusubov Abdulaziz Abdulajonovich
Toshkent davlattexnika universiteti Olmaliq filiali o‘quv bo‘limi boshlig‘i
E-mail: abdulaziz.yusupov1@tdtu.uz
Yo‘ldashev Hayrullo Hasanboy o‘g‘li
Toshkent davlattexnika universiteti Olmaliq filiali 2-bosqich tayanch doktoranti
E-mail: hayrulloh0411@gmail.com

Annotatsiya. Zamonaviy plastmassa ishlab chiqarish texnologiyalarida qolipni sovutish jarayoni umumiy sikl vaqtining 60–70 foizini tashkil etadi va tayyor mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Sovutish tizimini takomillashtirish energiya sarfini kamaytirish, issiqlik barqarorligini saqlash va mahsulot deformatsiyasini oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada qoliplarni sovutishni tabiiy (passiv) usullar yordamida optimallashtirish masalasi ko‘rib chiqiladi. Tabiiy sovutish usullariga yuqori issiqlik o‘tkazuvchan materiallardan foydalanish, konformal sovutish kanallarini qo‘llash, termal massani oshirish, issiqlik o‘tkazuvchi qoplamalar bilan ishlash hamda tabiiy havo konveksiyasidan foydalanish kiradi. Tadqiqotda issiqlik almashinuvi jarayoni Fourier va Newton qonunlari asosida tahlil qilinib, har bir tabiiy sovutish usulining afzalliklari va cheklovlari ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, tabiiy sovutish usullaridan kompleks foydalanish sovutish vaqtini 15–25% ga qisqartiradi va energiya samaradorligini oshiradi.

Kalit so‘zlar: qolip sovutish, sovutish tizimi, optimallashtirish usullari, issiqlik almashinuvi, tabiiy sovutish, termal samaradorlik, polimer qoliplash, sovutish jarayoni, energiya tejamkorlik.

Аннотация. В современных технологиях производства пластмасс процесс охлаждения формы составляет 60–70% общего времени цикла и оказывает прямое влияние на качество готовой продукции. Совершенствование системы охлаждения имеет важное значение для снижения энергопотребления, поддержания тепловой стабильности и предотвращения деформации изделий. В данной статье рассматривается вопрос оптимизации охлаждения форм с использованием естественных (пассивных) методов. К естественным методам охлаждения относятся использование материалов с высокой теплопроводностью, применение конформных охлаждающих каналов, увеличение тепловой массы, использование теплопроводных покрытий и естественной воздушной конвекции. В исследовании процесс теплообмена проанализирован на основе законов Фурье и Ньютона, а преимущества и ограничения каждого естественного метода охлаждения научно обоснованы. Результаты показывают, что комплексное использование естественных методов охлаждения позволяет сократить время охлаждения на 15–25% и повысить энергетическую эффективность.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: охлаждение формы, система охлаждения, методы оптимизации, теплообмен, естественное охлаждение, тепловая эффективность, литьё полимеров, процесс охлаждения, энергосбережение.

Annotation. In modern plastic manufacturing technologies, the mold cooling process accounts for 60–70% of the total cycle time and directly affects the quality of the final product. Improving the cooling system plays a crucial role in reducing energy consumption, maintaining thermal stability, and preventing product deformation. This article examines the issue of optimizing mold cooling using natural (passive) methods. Natural cooling methods include the use of high thermal conductivity materials, application of conformal cooling channels, increasing thermal mass, working with thermally conductive coatings, and utilizing natural air convection. The study analyzes the heat exchange process based on Fourier's and Newton's laws, and scientifically substantiates the advantages and limitations of each natural cooling method. The results show that the integrated use of natural cooling methods can reduce cooling time by 15–25% and improve energy efficiency.

Keywords: mold cooling, cooling system, optimization methods, heat exchange, natural cooling, thermal efficiency, polymer molding, cooling process, energy saving.

1. Kirish

Qolipdan chiqqan plastmassa detallar sifatini belgilovchi eng muhim omillardan biri — sovutish jarayonidir. Sovutish bosqichi sikl vaqtining 60–70 % qismini tashkil etadi va mahsulotning o‘lcham aniqligi, deformatsiyasi hamda ichki kuchlanishlariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Sovutish tizimini tabiiy (passiv) usullar bilan optimallashtirish energiya tejamkor va ekologik jihatdan samarali yechimdir.

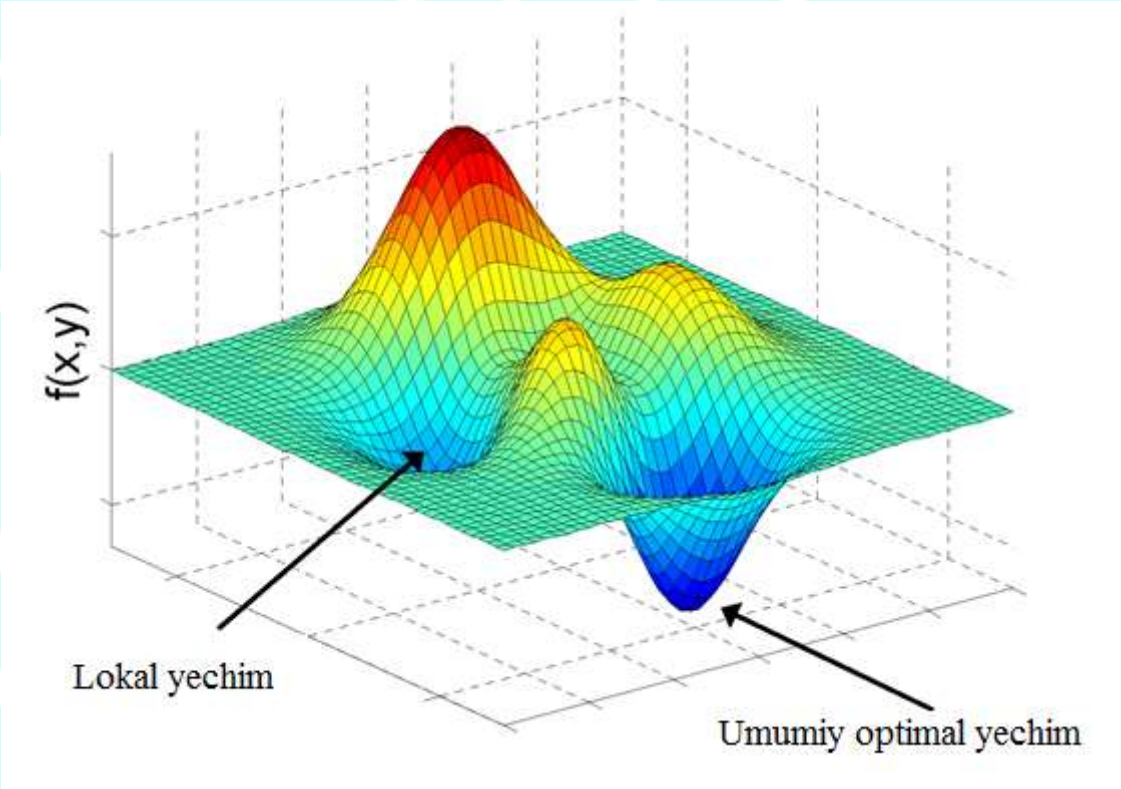
2. Tabiiy sovutishning nazariy asoslari

Tabiiy sovutish deganda issiqlik almashinuvining tashqi nasoslar, kompressorlar yoki suv aylantiruvchi tizimlarsiz, faqat issiqlik o‘tkazuvchanlik, konveksiya va nurlanish orqali amalga oshishi tushuniladi. Bu usulda sovutish tizimi tabiiy havo oqimi, issiqlik so‘ruvchi materiallar yoki issiqlik tarqatuvchi shakllar yordamida takomillashtiriladi. Matematik jihatdan **umumiy optimal yechim** $x_{g_}$ nuqta sifatida aniqlanadi, u uchun barcha mumkin bo‘lgan x lar orasida

$$f(x_g) \leq f(x) \quad \text{bo‘ladi.}$$

Bir nechta **local yechim** (local optimum) ga ega bo‘lgan funksiyaga misol 1-rasmda keltirilgan.

ISSN 3030-3907



1-rasm Lokal yechim va umumiy optimal yechimlarga ega bo‘lgan ikki o‘lchamli funksiya.

Avval aytib o‘tilganidek, klassik optimallashtirish uslublari asosan tanlangan boshlang‘ich loyihaga bog‘liq ravishda **mahalliy minimum**ga tayanadi.

Boshqa tomondan, **tabiiy tanlanish uslublari** statistik usullardan foydalanish orqali butun loyihalash sohasida **intellektual qidiruvga** asoslanadi. Odatda yangi loyihalash nuqtasi mavjud nuqtalarga nisbatan **operatorlarni qo‘llash** va **eng yaxshi loyihalash nuqtasiga qarab statistik harakatlanish** orqali yaratiladi. Nomidan ko‘rinib turibdiki, bu uslublar tabiatdagi muvaffaqiyatli jarayonlarni aks ettiradi. **Gradientlarni hisoblash talab qilinmagani** sababli, bu usullar **diskret o‘zgaruvchilar** va **uzluksiz bo‘lmagan maqsad funksiyalarini** ham oson qayta ishlay oladi.Eng ko‘p qo‘llaniladigan algoritmlardan biri — **Genetik algoritm (GA)** bo‘lib, u 1975 yilda **Holland** tomonidan taklif qilingan. Bu usul optimallarni topishda tabiiy fanlar va **genetika**da qo‘llaniladigan jarayonlarga o‘xshash mexanizmlardan foydalanadi. Tabiatdagi hodisalarni imitatsiya qiluvchi boshqa usullar quyidagilardir:

- **Zarralar to‘dasini optimallashtirish (PSO — Particle Swarm Optimization)**
- **Chumolilar koloniyasini optimallashtirish (ACO — Ant Colony Optimization)**
- **Kuydirishni imitatsiya qilish (SA — Simulated Annealing)**

SA (Simulated Annealing) usuli 1980-yillarning o‘rtalarida **Kirkpatrick** va hammualliflari tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, u **metallni kuydirish jarayonida minimal energetik holatni topish**ni modellashtirishni taqdim etadi.

ISSN 3030-3907

Jarayon moddaning **erish nuqtasidan yuqori haroratgacha qizdirilishi**dan boshlanadi, so‘ngra u **kristall panjara hosil qilish** bilan asta-sekin sovutiladi. Materialdagi atomlar yuqori haroratda yuqori energiya darajasiga ega bo‘ladi, biroq material sovitilganda atomlarning harakatlanish qobiliyati kamayadi. Agar sovitish tezligi juda yuqori bo‘lsa, **amorf qismlar** vujudga kelishi natijasida **kristall panjarada nuqsonlar** hosil bo‘ladi va energetik holat kristall uchun optimal bo‘lgan qiymatdan yuqoriroq bo‘ladi. **Optimal energetik holat** muammoning **optimal yechimi** sifatida qaraladi, haroratning pasayishi esa **mahalliy amalga oshirilgan optimallashtirish** jarayoniga o‘xshash tarzda sodir bo‘ladi. Optimallashtirish **iteratsiyalar ketma-ketligi** orqali ifodalanadi, va har bir iteratsiyada **maqsad funksiyasi** loyihaviy o‘zgaruvchilarni **tasodifiy o‘zgartirish** yo‘li bilan hisoblanadi. Agar maqsad funksiyasining qiymati kamayib borayotgan bo‘lsa, eski o‘zgaruvchilar to‘plami yangisi bilan almashtiriladi; ammo agar maqsad funksiyasining qiymati ortayotgan bo‘lsa, yangi o‘zgaruvchilar to‘plamini **qabul qilish yoki rad etish** mumkin.

Yangi to‘plamni qabul qilish ehtimoli **Boltzmann taqsimotining ehtimollik zichligi funksiyasi** qiymatiga asoslanadi. SA algoritmining aynan shu xususiyati unga **mahalliy minimumlardan chiqish imkonini** beradi.

3. Asosiy tabiiy sovutish usullari

1. Termal o‘tkazuvchan materiallardan foydalanish — Qolip devorlarini yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega materiallardan tayyorlash sovutish jarayonini sezilarli tezlashtiradi (masalan, mis, alyuminiy, grafit kompozitlar).

2. Konformal sovutish shakllari — Qolip sirtiga parallel joylashtirilgan konformal sovutish kanallari issiqlikni bir tekis tarqatadi va tabiiy issiqlik oqimini kuchaytiradi.

3. Termal massani oshirish — Qolipning ayrim zonalarida issiqlik sig‘imi katta materiallardan foydalanish harorat tebranishlarini kamaytiradi va issiqlik muvozanatini tabiiy yo‘l bilan barqarorlashtiradi.

4. Issiqlik o‘tkazuvchi qoplamalar — Qolip yuzasiga issiqlikni tez o‘tkazuvchi mis, grafit yoki nitrit qoplamalar surtiladi.

5. Tabiiy havo konveksiyasi — Qolipning tashqi sirtida havo aylanishi uchun maxsus kanallar ochiladi, bu issiq havo ko‘tarilishi va sovuq havo kirishi hisobiga tabiiy sovutish oqimini hosil qiladi.

4. Hisoblash asoslari

Tabiiy sovutish samaradorligini baholash uchun Fourier va Newton qonunlari qo‘llaniladi:

$$q = -\lambda\,(dT/dx) \quad (1)$$

$$q = h\,(Ts - Tc) \quad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda:

λ — issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti $(W/m \cdot K)$, h — issiqlik berish koeffitsienti (W/m^2K), T_s va T_c — sirt va sovutuvchi muhit haroratlari. Tabiiy sovutish tizimlarida h qiymati kichik bo‘lishiga qaramay, u barqaror va bir tekis taqsimlanadi.

5. Natijalar va xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tabiiy sovutish tizimlari energiya tejamkorlikni 15–25% ga oshiradi, sovutish vaqtini qisqartiradi va mahsulotning deformatsiya darajasini kamaytiradi. Yuqori issiqlik o‘tkazuvchan materiallardan, konformal sovutish shakllaridan hamda tabiiy konveksiya tamoyillaridan birgalikda foydalanish eng yaxshi natija beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Raximov, A. A., & Sattorov, M. Sh. (2020). *Plastmassalarni qayta ishlash texnologiyasi.* Toshkent: TTYMI nashriyoti. Plastmassa quyish, sovutish va qoliplash jarayonlarining texnologik asoslari haqida.

2. Usmonov, B. S., & Jo‘rayev, I. M. (2019). *Mashinasozlik texnologiyasi asoslari.* Toshkent: “Fan va texnologiya” nashriyoti.-Qolip materiallari, sovutish tizimlari va issiqlik jarayonlari bo‘yicha amaliy yondashuv.

3. Toshpo‘latov, D. A. (2018). *Texnologik jarayonlarni modellashtirish.* Toshkent: “Muhandis” nashriyoti.— Raqamli modellashtirish va optimallashtirish usullarining nazariy asoslari.

4. Raxmonov, S. N. (2021). *Issiqlik texnikasi va sovutish tizimlari.* Toshkent: TDPU nashriyoti.— Issiqlik almashinuvi, tabiiy konveksiya va sovutish samaradorligi masalalari bayon etilgan.

5. G‘ulomov, A. T. (2017). *Kompyuter yordamida muhandislik tahlili (CAE tizimlari).* Toshkent: “Innovatsiya” nashriyoti.— SolidWorks, ANSYS va boshqa CAE tizimlarida issiqlik tahlilini amalga oshirish bo‘yicha amaliy qo‘llanma.

6. Xu, G., & Wang, G. (2015). *Optimization design of conformal cooling channels in injection molds based on numerical simulation. Applied Thermal Engineering*, 87, 398–408.— Konformal sovutish kanallarining issiqlik samaradorligini raqamli modellashtirish orqali tahlil qiladi.

7. Li, H., Zhao, G., & Liu, X. (2018). *Analysis of temperature field and cooling time in injection molding process. Polymers*, 10(9), 1047.— Qolip ichidagi issiqlik oqimi va sovutish vaqtining optimallashtirilishini ko‘rsatadi.

8. Yusupov A.A., Yo‘ldashev X.X. Kompozitsion materiallar Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali Murakkab shakldagi plastik detallarni ishlab chiqarishda qolipining sovutish samaradorligini oshirish.

9. Yusupov A.A., Yo‘ldashev X.X., Jo‘raqulov I.Ch. Mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlab ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov

ISSN 3030-3907

berishning innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari-2024 Murakkab shakldagi plastik detallarni ishlab chiqishda sovutish jarayonini matematik modellashtirish 513

10. Yusupov A.A., Yo‘ldashev X.X. mashinasozlikda materialshunoslik, payvandlab ishlab chiqarish, materiallar olish va ishlov berishning innovatsion texnologiyalarining dolzarb muammolari-2024 Murakkab shakldagi plastik detallarni ishlab chiqishda sovutish kanallarining ahamiyati.

ISSN 3030-3907