TERMIK VA RESURS TEJOVÇI TEXNOLOGIYALAR ASOSIDA KORPUS BUKSA QUYMALARI IŞLAB ÇIQARIŞNI MAHALLIYLAŞTIRIŞ VA UNING EKSPLUATATSION IŞONÇLILIGINI OŞIRIŞ

Yaxshiyev Fayoz Fazliddin o'g'li
Islom Karimov nomidagi Toşkent
davlat texnika universiteti
"Temiryölinfratuzilma" AJ
Korporativ munosabatlar boşqarmasi
korporativ munosabatlar
bölimi yetakçi mutaxassisi.
fayoz.yakhshiev@mail.ru
0009-0009-9163-5418
Tashbulatov Sherzod Baxtiyarovich
Islom Karimov nomidagi Toşkent
davlat texnika unversiteti,
kafedra öqituvçisi Texnika
fanlari doktori, professor.
tashbulatov0889@gmail.com
0000-0001-6559-8881
https://doi.org/10.5281/zenodo.23889308

ANNOTATSIYA. Maqolaning maqsadi korpus buksa pölat quymalarini işlab çiqarişda qolipni töldiriş, issiqlik almaşinuvi va qotiş jarayonlarini raqamli modellaştiriş orqali quyiş hamda oziqlantiriş tizimlarini optimallaştiriş imkoniyatlarini asoslaşdan iborat. Tadqiqotda quyma texnologiyasiga oid ilmiy manbalar tahlili, fizik-matematik modellarni qiyoslaş va texnologik parametrlarning özaro ta'sirini tizimli baholaş usullari qöllanildi. Tahlil natijasida metall oqimi va qotiş jarayonini boğlangan holda hisoblaş, issiq nuqtalarni aniqlaş, ta'minlagiç hamda sovitgiçlar joylaşuvini variantli tekşiriş muhimligi aniqlandi. Raqamli modellaştiriş sinov quyişlar sonini kamaytirişga xizmat qilişi mumkin, biroq model aniqligi material xossalari va çegaraviy şartlarning tajribada tekşirilişiga boğliq. Korpus buksa uçun optimal texnologik sxema faqat validatsiyalangan model asosida tanlanişi lozim. Şuningdek, metall sarfi va energiya samaradorligi mezonlari körib çiqildi.

KALIT SÖZLAR. Korpus buksa; pölat quyma; raqamli modellaştiriş; quyiş tizimi; qotiş; ta'minlagiç; qisqariş ğovakligi; foydali metall çiqişi.

АННОТАЦИЯ. Цель статьи — обосновать возможности оптимизации литниковой и питающей систем при производстве стальных отливок корпусов букс посредством численного моделирования заполнения формы, теплообмена и затвердевания. В работе использованы анализ научных публикаций, сопоставление физико-математических моделей и системная оценка взаимосвязи технологических параметров. Установлено, что для достоверного прогноза необходимо совместно учитывать движение расплава и

затвердевание, выявлять локальные тепловые узлы и сравнивать варианты расположения прибылей и холодильников. Численное моделирование позволяет обоснованно сократить количество пробных заливок и предварительно оценить риск усадочных дефектов. Однако точность расчёта зависит от корректности теплофизических характеристик, геометрии и граничных условий. Оптимальную технологическую схему корпуса буксы следует выбирать только после экспериментальной проверки модели.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Корпус буксы; стальная отливка; численное моделирование; литниковая система; затвердевание; прибыль; усадочная пористость; выход годного металла.

ABSTRACT. The article aims to substantiate the optimization of gating and feeding systems for steel axle-box housing castings through numerical simulation of mold filling, heat transfer, and solidification. The study applies a review of publications, comparison of physical and mathematical models, and assessment of interactions among process parameters. The analysis indicates that reliable prediction requires coupled consideration of melt flow and solidification, identification of local hot spots, and comparative evaluation of feeder and chill locations. Numerical simulation can reduce reliance on trial castings and enable assessment of shrinkage-defect risks. However, prediction accuracy depends on the validity of material thermophysical properties, geometry, and boundary conditions. The optimal process design for an axle-box housing must therefore be selected only after experimental validation.

KEYWORDS. Axle-box housing; steel casting; numerical simulation; gating system; solidification; riser; shrinkage porosity; casting yield.

KIRIŞ

Korpus buksa temir yöl ğildirak juftligi podşipnik uzelini joylaştiruvçi mas’ul detaldir. Quyma sifati metallning qolipga kirişi, kesimlar böylab sovişi va qotiş paytida suyuq metall bilan oziqlanişiga ham boğliq. Özgaruvçan devor qalinligi, qovurğalar, teşiklar va birikmalar issiqlik oqimini notekis taqsimlaydi. Natijada ayrim hajmlarda qotiş oxiriga kelib suyuq metall bilan ta’minlaniş susayişi, içki qisqariş ğovakligi yoki böşliq paydo bölişi mumkin. An’anaviy texnologik loyihalaşda quyiş tizimi va ta’minlagiç ölçamlari köpinça tajriba, empirik qoidalar hamda sinov quyişlar orqali aniqlanadi. Bu usul murakkab geometriyadagi issiqlik va gidrodinamik ta’sirlarni töliq oldindan körsatmaydi. Çen va hammualliflar quyiş simulyatsiyasi harorat, tezlik, bosim, kuçlaniş va mikrostruktura maydonlarini özaro boğliq holda hisoblaşini, şuningdek, qisqariş böşliği, ğovaklik va issiq yoriq xavfini oldindan baholaşga xizmat qilişini körsatgan [1]. You va hammualliflarning pölat tugun quyişiga oid ProCAST tadqiqotida dastlabki sxemada ayrim tutaşuvlarda oziqlaniş yetişmasligi aniqlanib, sovitgiçlar qöşilgan variantda qisqariş ğovakligi kamaytirilgan [2]. Şunga qaramay, uşbu natijalarni korpus buksa geometriyasiga töğridan-töğri köçiriş mumkin emas: har bir detalning kesimlari, pölat markasi, qolip materiali va quyiş şaroiti alohida hisobga olinişi kerak. Korpus buksa uçun aynan qaysi joyda issiq nuqta yuzaga kelişi, oqimni qaysi yönalişda kiritiş va oziqlantirgiçlarni qanday joylaştiriş lozimligi haqidagi masala alohida texnologik modelni talab qiladi. Maqolaning maqsadi — korpus buksa pölat quymasi uçun qolipni töldiriş va qotiş jarayonlarini boğlangan raqamli modellaştiriş asoslarini tahlil qiliş hamda quyiş-oziqlantiriş tizimini tanlaşning ilmiy mezonlarini işlab çiqiş. Tadqiqot ilmiy-analitik xarakterga ega: adabiyotlar tahlili, fizik-

matematik model tenglamalarini qiyoslaş va texnologik parametrlar özaro ta'sirini baholaşga asoslanadi; yangi tajriba natijalari da'vo qilinmaydi.

Raqamli tahlil detalning uç ölçamli CAD modeli asosida boşlanadi. Modelda faqat tayyor quyma emas, balki quyiş kosasi, vertikal va gorizontal kanallar, kiriş teşiklari, ta'minlagiçlar, sovitgiçlar hamda qolipning issiqlik bilan özaro ta'sirlaşuvçi hajmi ham aks ettirilişi zarur. Faqat detal geometriyasini hisobga olgan soddalaştirilgan model metall oqimining haqiqiy yölini va oqim bilan olib kirilişi mumkin bölgan nuqsonlarni yetarli ifodalamaydi. Pölat quymalar böyiça uç ölçamli tadqiqotda quyiş kosasi va kanallarni modelga kiritiş nuqson manbalarini aniqlaş uçun muhim ekani tajriba bilan körsatilgan [3]. Qalin tayanç va podşipnik atrofidagi kesimlar yupqa devor hamda qovurğalarga nisbatan sekin soviydi va oxirgi qotuvçi zonaga aylanişi mumkin. Yupqa kesimlarda esa erta soviş töliq tölmaslik yoki sovuq tutaşma xavfini oşiradi. Model harorat maydoni, suyuq faza uluşi va qotiş fronti harakatini kuzatadi; qalin kesimlar tutaşgan joyda suyuq fazaning uzoq saqlanişi issiq nuqtani körsatişi mumkin. Quyiş vaqtida suyuq pölat oqimi massa, impuls va energiya saqlaniş qonunlariga böysunadi. Issiqlik modeli metall, qolip va muhit örtasidagi issiqlik almaşinuvi hamda qotişning yaşirin issiqligini qamrab oladi. Enthalpiya usulida suyuq va qattiq fazalar bitta energiya tenglamasida ifodalanadi. Metall–qolip çegarasidagi kontakt issiqlik uzatiş koeffitsiyenti soviş vaqtiga sezilarli ta'sir qiladi. Modelga pölatning ziçligi, issiqlik siğimi va ötkazuvçanligi, qovuşoqligi, suyuqlaniş-qotiş haroratlari, yaşirin issiqligi va qisqariş xususiyatlari kiritiladi. Qolip materiali uçun ham tegişli termofizik körsatkiçlar belgilanadi. Dastlabki haroratlar, quyiş harorati va sarfi, taşqi issiqlik yöqotişlari hamda metall–qolip kontakt şartlari çegaraviy şartlarni taşkil etadi. Parametrlar işlab çiqariş ma'lumotlari yoki işonçli ma'lumotnomalardan olinadi.

Quyiş tizimi qolipni metall bilan uzluksiz, ortiqça turbulentsiz va keskin sovitmasdan töldirişi kerak. Kiriş kanallarining kesimi va joylaşuvi metall oqimini detal böylab taqsimlaydi. Oqim tezligi haddan taşqari yuqori bölsa, erkin sirtning buzilişi, havo tortilişi va oksid pardalarining metall içiga kirişi ehtimoli ortadi; juda past tezlik esa metallning erta sovişi, sovuq tutaşma va töliq tölmaslik xavfini kuçaytiradi. Reilly va hammualliflar oksid pardalarining oqim bilan olib kirilişini hisoblaş usulini işlab çiqqan va uni tajriba ma'lumotlari bilan soliştirgan [4]. Şu bois quyiş sxemasi töldiriş vaqti bilan birga oqim barqarorligi va erkin sirt holati böyiça baholanadi.

Ta'minlagiçlar qotiş qisqarişini suyuq metall bilan qoplaşi kerak; ular oxirgi qotuvçi zonalarga oziqlantiriş yöli oçiq qoladigan tarzda joylaştiriladi. Ta'minlagiçning hajmini oşiriş har doim ham eng maqbul yeçim emas: bu foydali metall çiqişini pasaytiradi va sovitiş muddatini uzaytirişi mumkin. Aksinça, hajmni haddan taşqari kamaytiriş oziqlaniş zaxirasini yetarli qilmaydi. Sowa va Skrzypczak issiqlik va oqim jarayonlarini birgalikda modellaştiriş ta'minlagiç şaklining qisqariş nuqsonlariga ta'sirini tahlil qilişda muhimligini körsatgan [5]. Sovitgiçlar issiq nuqtalardan issiqlikni olib çiqib, qotiş ketma-ketligini boşqaradi. Notöğri joylaştirilsa, ular termik gradient va kuçlanişlarni oşirişi mumkin. Şuning uçun sovitgiçlar ta'siri faqat qotiş vaqti bilan emas, harorat gradienti, qotiş frontining yönalişi va termik kuçlaniş maydoni bilan birga tahlil qilinadi. Raqamli optimallaştirişda quyiş kanali kesimi, kiriş nuqtalari, quyiş sarfi, harorat, ta'minlagiç hajmi va sovitgiçlar joylaşuvi özgaruvçi parametrlar sifatida olinadi. Har bir variant bir xil material xossalari va çegaraviy şartlar asosida hisoblanib, nuqson xavfi, metall sarfi va sikl vaqti böyiça qiyoslanadi [6]. Korpus buksa uçun amaliy ketma-ketlik quyidagiça bölişi maqsadga muvofiq: avval mavjud texnologik sxema modeli

tuziladi; keyin töldiriş va qotişdagi xavfli zonalar aniqlanadi; söng quyiş kanallari, ta'minlagiç va sovitgiçlarning muqobil variantlari hisoblanadi; eng yaxşi variant tajribaviy quyiş va nazorat natijalari bilan tasdiqlanadi. Simulyatsiya işlab çiqariş tajribasini almaştirmaydi, balki sinovlar sonini kamaytirib, qarorlarni asoslaşga xizmat qiladi.

XULOSA

Korpus buksa pölat quymalarining sifatini oşirişda quyiş jarayonini raqamli modellaştiriş metall oqimi, issiqlik almaşinuvi va qotiş jarayonlarini yagona tizimda baholaş imkonini beradi. Özgaruvçan devor qalinligi va kesimlar tutaşuvi issiq nuqtalar hamda oziqlaniş uzilişlari yuzaga kelişi mumkin bölgan zonalarni oldindan aniqlaşni talab qiladi. Quyiş tizimi, ta'minlagiç va sovitgiçlarni variantli hisoblaş orqali nuqson xavfi va metall sarfi örtasidagi muvozanatni topiş mumkin. Biroq optimallaştirilgan sxema faqat real pölat va qolip xossalari kiritilgan, termopara ölçovlari hamda buzmasdan nazorat natijalari bilan tekşirilgan model asosida qabul qilinişi lozim. Mazkur yondaşuv mahalliy işlab çiqarişda sinov quyişlar hajmini, qayta eritişga yuboriladigan metall miqdorini va texnologik noaniqliklarni kamaytiriş uçun ilmiy-amaliy asos böla oladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Chen Z., Li Y., Zhao F. et al. Progress in numerical simulation of casting process. Measurement and Control. 2022
2. You L., Yao L., Li X., Jia G., Lv G. Numerical simulation and casting process optimization of cast steel node. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2023
3. Pola A., Gelfi M., La Vecchia G.M. Comprehensive Numerical Simulation of Filling and Solidification of Steel Ingots. Materials. 2016
4. Reilly C., Green N.R., Jolly M.R., Gebelin J.-C. The modelling of oxide film entrainment in casting systems using computational modelling. Applied Mathematical Modelling. 2013
5. Sowa L., Skrzypczak T. Numerical Evaluation of the Impact of Selected Physical Phenomena and Riser Shape on the Formation of Shrinkage Defects in the Casting–Riser System. Acta Physica Polonica A. 2023
6. Bhatt J., Vyas D., Rajput A., Somasundaram M., Narendra Kumar U. A systematic review on methods of optimizing riser and gating system based on energy Nexus approach. Energy Nexus. 2021
7. Riedler M., Michelic S., Bernhard C. Formation of shrinkage porosity during solidification of steel: Numerical simulation and experimental validation. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2016
8. Essam M.A., Abdeltawab N.M., Shihata L.A. et al. A review of computational modeling, artificial intelligence, and digital twins in metal casting and foundry operations. Discover Materials. 2026