BG Pulse Journal USA
ISSN:1947-2536 http://www.bgpulseusa.com/index.php/bg

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

fayoz.yakhshiev@mail.ru

0009-0009-9163-5418

Tashbulatov Sherzod Baxtiyarovich

"Temiryölinfratuzilma" AJ Korporativ munosabatlar boşqarmasi

korporativ munosabatlar bölimi yetakçi mutaxassisi.

Islom Karimov nomidagi Toşkent davlat texnika unversiteti,

kafedra öqituvçisi Texnika fanlari doktori, professor.

tashbulatov0889@gmail.com

0000-0001-6559-8881

Doi: https://doi.org/10.5281/zenodo.23921270

Annotatsiya. Maqolada vagon korpus buksa pölat quymalarida kristallanişning termofizik şaroitlari, metall strukturasining şakllanişi va termik işlov örtasidagi boğliqlik tahlil qilindi. Tadqiqotning maqsadi 15Л, 20Л va 25Л markali pölatlardan tayyorlanadigan quymalarda nuqsonlar hosil bölişini çeklaşga qaratilgan texnologik yondaşuvlarni ilmiy asoslaşdan iborat. Tadqiqotda GOST 34385-2018 va GOST 977-88 talablarini qiyosiy tahlil qiliş, quyiş harorati, qolipning issiqlik holati, soviş tezligi, dendrit segregatsiyasi hamda termik işlov mexanizmlarini adabiyotlar asosida örganiş usullari qöllanildi. Natijada quyma nuqsonlarining metall tarkibi, issiqlik almaşinuvi va konstruktiv geometriya özaro ta'sirida şakllanişi asoslandi. Termik işlov rejimlarini pölat markasi va kesim qalinligiga moslaştiriş zarurligi körsatildi.

Kalit sözlar: korpus buksa, quyma pölat, kristallaniş, dendrit struktura, soviş tezligi, termik işlov, issiq yoriqlar, ğovaklik.

Аннотация. В статье анализируется взаимосвязь термофизических условий кристаллизации, формирования металлической структуры и термической обработки стальных литых корпусов букс грузовых вагонов. Цель исследования заключается в научном обосновании технологических подходов, направленных на снижение дефектности отливок из сталей марок 15Л, 20Л и 25Л. В качестве методов использованы сравнительный анализ требований ГОСТ 34385-2018 и ГОСТ 977-88, а также обобщение научных публикаций по влиянию температуры заливки, теплового состояния формы, скорости охлаждения, дендритной ликвации и режимов термической обработки. Установлено, что образование дефектов определяется совместным воздействием химического состава, теплообмена и

геометрии отливки. Обоснована необходимость дифференцированного выбора режимов термической обработки с учётом марки стали и толщины сечения.

Ключевые слова: корпус буксы, литая сталь, кристаллизация, дендритная структура, скорость охлаждения, термическая обработка, горячие трещины, пористость.

Abstract. The article examines the relationship between the thermophysical conditions of solidification, microstructure formation and heat treatment in cast steel axle-box housings for freight wagons. The study aims to substantiate technological approaches for reducing casting defects in components manufactured from 15L, 20L and 25L steels. The methodology combines comparative analysis of GOST 34385-2018 and GOST 977-88 with a critical review of published research on pouring temperature, mould thermal conditions, cooling rate, dendritic segregation and heat-treatment mechanisms. The analysis demonstrates that casting defects result from the combined effects of chemical composition, heat transfer and component geometry rather than from a single process parameter. The findings underline the need to select heat-treatment regimes according to steel grade and section thickness, supported by metallographic examination and mechanical testing.

Keywords: axle-box housing, cast steel, solidification, dendritic structure, cooling rate, heat treatment, hot tearing, porosity.

KIRIŞ

Korpus buksa temir yöl harakat tarkibida podşipnik uzelini joylaştiruvçi va ekspluatatsiya jarayonida unga ta’sir etuvçi mexanik yuklamalarni qabul qilişda iştirok etuvçi mas’ul konstruktiv detal hisoblanadi. Uning materialidagi içki ğovaklik, kristallanişdan qolgan struktura notekisligi yoki termik kuçlanişlar ta’sirida yuzaga kelgan yoriqlar detalning çarçaşga çidamliligi va uzoq muddatli işonçliligini pasaytirişi mumkin. GOST 34385-2018 standartining 5.3.1.1-bandiga muvofiq, korpus buksa quymalarini 15Л, 20Л va 25Л markali pölatlardan tayyorlaş tavsiya etiladi. Pölat quymalariga nisbatan GOST 977-88 talablari ham qöllanadi [1, 2]. Mazkur hujjatlar material va tayyor mahsulot sifatiga qöyiladigan talablarni belgilasa-da, alohida quyiş şaroitida kristallaniş jarayoni, issiqlik gradienti va termik işlovning özaro ta’sirini mahsulot geometriyasi bilan boğliq holda optimallaştiriş masalasi qöşimça tadqiqotni talab qiladi. Toirov va Tursunovning 2025-yildagi tadqiqotida 20ГЛ pölatidan vagon yon ramalarini quyişda harorat rejimining qolip tölişi va issiq yoriqlar şakllanişiga ta’siri örganilgan [3]. Kapoor va hammualliflar esa pölat kristallanişida qoldiq elementlar segregatsiyasi hamda ularning issiq yoriqlar hosil bölişidagi rolini tahlil qilgan [4]. Biroq uşbu natijalar korpus buksa uçun belgilangan 15Л, 20Л va 25Л markalarining barça xususiyatlarini bevosita ifodalamaydi. Şu sababli tadqiqotning maqsadi korpus buksa pölat quymalarida kristallaniş, soviş va termik işlov jarayonlarining nuqsonlar şakllanişiga ta’sirini tahlil qiliş hamda quyma sifatini yaxşilaşga qaratilgan texnologik yondaşuvlarni asoslaşdan iborat.

Korpus buksa uçun tavsiya etilgan pölatlar uglerod miqdori bilan farqlanadi.

Pölat markasi	Uglerod, %	Marganes, %	Kremniy, %
15Л	0,12–0,20	0,45–0,90	0,20–0,52

20Л	0,17–0,25	0,45–0,90	0,20–0,52
25Л	0,22–0,30	0,45–0,90	0,20–0,52

Izoh: korpus buksa uçun 25Л pölatida uglerod miqdori 0,27% dan oşmasligi kerak [1, 2]. Uglerod miqdorining ortişi pölatning mustahkamlik va qattiqlik körsatkiçlariga ta'sir qiladi, biroq nisbiy uzayişning kamayişi bilan ham keçişi mumkin. GOST 977-88 ning mexanik xususiyatlar jadvalida normallaş yoki normallaş va böşatiş şaroitida 15Л uçun oquvçanlik çegarasi kamida 196 MPa, 20Л uçun 216 MPa, 25Л uçun 235 MPa qilib belgilangan. Nisbiy uzayiş körsatkiçlari mos ravişda 24%, 22% va 19% ni taşkil etadi [2]. Marganes oltingugurtning zararli ta'sirini çeklaşda, kremniy esa metallni oksidsizlantirişda muhim ahamiyatga ega. Fosfor va oltingugurt miqdori alohida nazorat qilinişi lozim. Ularning kristallaniş vaqtida dendritlararo hududlarda töplanişi mahalliy mörtlikni oşirib, issiq yoriqlar hosil bölişiga moyillikni kuçaytiradi [4].

Quyiş harorati, qolipning issiqlik holati va kristallaniş mexanizmi

Quyiş harorati suyuq metallning oquvçanligi, qolipning töliş davomiyligi va kristallaniş boşlaniş şaroitini belgilaydi. Haroratni suyuqlaniş temperaturasidan ortiqça oşiriş oquvçanlikni yaxşilaşi mumkin, biroq haddan taşqari qizdirilgan metallning oksidlanişi, gazlar bilan töyinişi va donalarning yiriklaşişi xavfini ham oşiradi. Aksinça, quyiş harorati yetarli bölmasa, qolip böşliqlari töliq tölmaydi va sovuq birikmalar paydo bölişi mumkin. Qolipning issiqlik ötkazuvçanligi, namligi, gaz ötkazuvçanligi va boşlanğiç harorati soviş şaroitlarini belgilaydigan omillardir. Metall bilan qolip çegarasidagi issiqlik almaşinuvi özgarganda quymaning turli qismlarida kristallaniş davomiyligi ham farqlanadi. Ayniqsa, kesimi qalin va yupqa qismlar tutaşgan joylarda haroratning notekis taqsimlanişi ehtimoli yuqori. Pölatning kristallanişi qolip devori yaqinida mayda donali qatlam hosil bölişidan boşlanadi. Keyinçalik issiqlik oqimi yönalişida ustunsimon dendritlar ösadi, kristallaniş yakuniga yaqin esa teng öqli donalar şakllanişi mumkin. Soviş tezligi ortişi odatda dendrit şoxlari oraliğini qisqartirib, maydaroq struktura hosil bölişiga yordam beradi. Biroq keskin harorat farqi içki kuçlanişlarni oşirişi mumkin. Şuning uçun sovişni maksimal tezlaştiriş emas, balki boşqariladigan yönalişli kristallanişni ta'minlaş maqsadga muvofiq [4, 6].

Quyma nuqsonlarining hosil böliş mexanizmlari

Korpus buksa quymalarida uçraydigan asosiy içki nuqsonlar turli fizik mexanizmlar natijasida şakllanadi. Kirişiş ğovakligi va kovaklari metall suyuq holatdan qattiq holatga ötişda hajmiy qisqarişi hamda kristallanişning oxirgi bosqiçlarida suyuq metall bilan ta'minot yetişmasligi natijasida yuzaga keladi. Ayniqsa, issiqlik töplanadigan qalin kesimli hududlarda oziqlantiriş şaroiti yetarli bölmasa, içki kovaklar şakllanadi. Buning oldini olişda quyiş tizimini töğri loyihalaş, foydali oziqlantirgiçlardan foydalaniş va yönaltirilgan kristallaniş muhim hisoblanadi [6]. Gaz ğovaklari esa eritmadagi gazlarning ajralişi, qolip va sterjen materiallaridan gaz çiqişi yoki metallning oksidlaniş jarayonlari bilan boğliq bölişi mumkin. Bunday nuqsonlarni kamaytiriş uçun şixta va qolip namligini nazorat qiliş, eritmani tozalaş, oksidsizlantiriş hamda gazlarning çiqişi uçun yetarli şaroit yaratiş talab etiladi. Issiq yoriqlar kristallanişning oxirgi bosqiçida dendritlararo suyuq qatlamning uzluksizligi buzilib, metall qisqarişdan hosil bölgan çözuvçi kuçlanişlarni qoplay olmaganda paydo böladi. Fosfor va oltingugurtning dendritlararo segregatsiyasi uşbu hududlarning past haroratlarda emas, balki yuqori haroratning oxirgi kristallaniş bosqiçlarida ham mörtligini oşirişi mumkin. Demak, issiq yoriqlar faqat quyiş haroratiga emas, balki metall tarkibi, oziqlantiriş

imkoniyati, qolip qarşiligi va soviş şaroitlariga ham boğliq [4, 5]. Toirov va Tursunov 20ГЛ pölatidan tayyorlangan vagon yon ramalarida 1585±5 °C quyiş haroratida nuqsonlar kuzatilmaganini qayd etgan [3]. Biroq bu natija aynan 20ГЛ markali pölat va muayyan yon rama konstruksiyasiga tegişli. Şu sababli mazkur haroratni 15Л, 20Л yoki 25Л pölatidan tayyorlanadigan korpus buksa uçun tayyor texnologik me'yor sifatida qabul qiliş mumkin emas.

Quyma pölatlarda termik işlov kristallanişdan keyin hosil bölgan strukturaning holatini özgartiriş, donalarni mayinlaştiriş, qoldiq kuçlanişlarni kamaytiriş va mexanik xususiyatlarni talab darajasiga keltiriş uçun qöllanadi. Normallaş jarayonida quyma pölat kritik harorat oraliğidan yuqorida qizdirilib, belgilangan usulda uşlab turiladi va havoda sovitiladi. Natijada qayta kristallangan, nisbatan mayda donali ferrit-perlit strukturasi şakllanişi mumkin. Böşatiş esa normallaşdan keyingi yoki boşqa tegişli termik işlovdan keyingi kuçlanişlarni kamaytirişga va xususiyatlarni muvozanatlaştirişga xizmat qiladi. Korpus buksa uçun qöllanadigan pölat markalarining quyidagi rejimlari keltirilgan [2]:

Pölat markasi	**Normallaş harorati, °C**	**Böşatiş harorati, °C**
15Л	910–930	670–690
20Л	880–900	630–650
25Л	880–900	610–630

25Л uçun qöşimça ravişda 870–890 °C da toblaş va 610–630 °C da böşatiş varianti ham körsatilgan. Uşbu haroratlar normativ hujjatdagi tavsiyaviy rejimlardir. Ularni işlab çiqarişga joriy etişda quymaning maksimal kesim qalinligi, peçning harorat bir xilligi, uşlab turiş davomiyligi va sovitiş şaroitlari hisobga olinişi kerak. Ayniqsa, qalin kesimli korpuslarda sirt va markaz örtasidagi harorat farqi nazorat qilinişi lozim. Notöğri tanlangan qizdiriş yoki sovitiş rejimi deformatsiya va qöşimça termik kuçlanişlarni yuzaga keltirişi mumkin. Termik işlov mavjud kirişiş kovaklari, gaz ğovaklari yoki yoriqlarni bartaraf etmaydi. U faqat metallning qattiq holatdagi strukturaviy va mexanik xususiyatlarini özgartiradi. Şuning uçun quyma nuqsonlarining oldini oliş eritiş, quyiş va kristallaniş bosqiçlaridayoq ta'minlanişi zarur.

Quyma sifatini modellaştiriş va metallografik nazorat

Korpus buksa quymalarining sifatini baholaşda issiqlik almaşinuvi va kristallaniş jarayonlarini sonli modellaştiriş muhim ahamiyatga ega. Modelga pölatning kimyoviy tarkibi, suyuqlaniş oraliği, issiqlik siğimi, issiqlik ötkazuvçanligi, yaşirin kristallaniş issiqligi, qolip xususiyatlari va detal geometriyasi kiritilişi lozim. Hisoblaş natijasida kristallaniş davomiyligi, issiq nuqtalar, harorat gradientlari va oziqlantiriş yetişmasligi ehtimoli yuqori hududlar aniqlanadi [6]. Metallografik tahlilda quymaning yupqa va qalin kesimli qismlaridan namunalar olinib, dendrit tuzilişi, donalar ölçami, ferrit-perlit nisbati, metall bölmagan qöşimçalar va mikroğovaklik örganiladi. Kimyoviy tahlil, çöziliş sinovi, zarbiy qovuşqoqlik va qattiqlikni aniqlaş natijalari metallografik kuzatuvlar bilan birgalikda baholanişi kerak. Sinov uçun olingan namunalar tegişli quyma partiyasi bilan bir xil termik işlovdan ötkazilişi muhim [2]. Şu asosda korpus buksa işlab çiqariş uçun quyidagi yondaşuv taklif etiladi: dastlab pölatning haqiqiy kimyoviy tarkibi aniqlanadi; keyin quyiş harorati va qolipning issiqlik şaroitlari hisob-kitob hamda tajriba quyişlari orqali belgilanadi; oziqlantirgiçlar va sovitgiçlarning joylaşuvi kristallaniş modeli asosida tekşiriladi; yakunda

normativ rejim böyiça termik işlov berilib, metallografik va mexanik sinovlar bilan sifat tasdiqlanadi. Bunday kompleks yondaşuv alohida parametrlarni mustaqil optimallaştirişdan köra işonçliroq texnologik qaror qabul qiliş imkonini beradi.

XULOSA.

Korpus buksa quymalarining sifatini belgilaşda 15Л, 20Л va 25Л pölatlarining kimyoviy tarkibi, ayniqsa uglerod, fosfor va oltingugurt miqdorini nazorat qiliş zarur. 25Л uçun GOST 34385-2018 belgilagan 0,27% uglerod çegarasiga rioya qilinişi lozim. Kirişiş kovaklari, gaz ğovaklari va issiq yoriqlar eritma sifati, quyiş harorati, qolipning issiqlik holati, kristallaniş davomiyligi va metallni oziqlantiriş şaroitlarining özaro ta'siri natijasida şakllanadi. Nuqsonlarni kamaytirişning asosiy yöli — boşqariladigan yönaltirilgan kristallanişni ta'minlaş. Normallaş va böşatiş rejimlari pölat markasi hamda quyma kesimining qalinligiga muvofiq tanlanişi kerak. Termik işlov metall strukturasini yaxşilaydi, biroq quyma içidagi mavjud kovak va yoriqlarni yöqotmaydi. Kristallanişni matematik modellaştiriş, metallografik tahlil va mexanik sinovlarni birgalikda qöllaş korpus buksa quymalarining sifatini nazorat qiliş va ekspluatatsion işonçliligini oşiriş uçun ilmiy asoslangan yondaşuv hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. ГОСТ 34385-2018. Буксы и адаптеры для колесных пар тележек грузовых вагонов. Общие технические условия.
2. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
3. Toirov O., Tursunov N. Research of the influence of the technological parameters of the steelmaking process on the design and defect formation of large-sized castings for freight cars. *Vibroengineering Procedia*. 2025.
4. Kapoor I., Davis C., Li Z. Effects of residual elements during the casting process of steel production: a critical review. *Ironmaking & Steelmaking: Processes, Products and Applications*. 2021.
5. Monroe C., Beckermann C. Development of a hot tear indicator for steel castings. *Materials Science and Engineering: A*. 2005.
6. Guo J., Samonds M. Modeling of Casting and Solidification Processes. *ASM Handbook, Metals Process Simulation*. Vol. 22B. ASM International, 2010
7. Turakhujaeva A. et al. Mathematical Modeling of the Effect of the Lithium Element on the Fluidity of Al-Si and Al-Cu Alloys. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2025