

**PO‘LAT QOTISHMASIDAN KATTA HAJMLI QUYMALARNI VAKUUM
QOLIPIDA Olish TEXNOLOGIYASI**

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОТЛИВОК ИЗ
СТАЛЬНОГО СПЛАВА В ВАКУУМНОЙ ФОРМЕ**

**TECHNOLOGY FOR PRODUCING LARGE-SCALE CASTINGS FROM STEEL
ALLOY IN A VACUUM MOLD**

Xusanov Doniyorbek Abdujalil o‘g‘li

Namangan davlat texnika universiteti, tayanch doktorant

e-mail: doniyorbekxusanov77@gmail.com, tel: +998 99 399 11 23

Kenjaboyev Shukurjon Sharipovich

Namangan davlat texnika universiteti, professor

tel: +998 90 214 50 70

Saidmaxamadov Nosir Mo‘ysinaliyevich

Namangan davlat texnika universiteti, dotsent

e-mail: n198718a@gmail.com, tel: +998 94 607 35 05

Annotatsiya: *Ushbu maqolada po‘latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasi tahlil qilinadi. Vakuum qoliplari yordamida quymalar olishda duch kelinayotgan asosiy muammolar, xususan qolip materiallarining sinuvchanligi, vakuum tizimining samaradorligi, sovutish jarayonlaridagi muammolar hamda qoliplarning xizmat muddatining cheklanishi o‘rganiladi. Texnologiyani takomillashtirish uchun yuqori sifatli materiallar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va sun‘iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanish bo‘yicha takliflar beriladi. Taklif etilgan yechimlar yordamida quymalar sifati va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish mumkinligi isbotlanadi.*

Kalit so‘zlar: *Po‘lat quymalar, vakuum qolipi, sovutish jarayoni, avtomatlashtirish, sun‘iy intellekt, qolip materiallari, quyma texnologiyasi.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается технология получения сложнопрофильных стальных отливок в вакуумной форме. Изучены основные проблемы, возникающие при производстве отливок с использованием вакуумных форм, в частности хрупкость формовочных материалов, эффективность вакуумной системы, проблемы охлаждения и ограниченный срок службы форм. Предлагаются решения по совершенствованию технологии, включающие использование высококачественных материалов, автоматизированных систем управления и возможностей искусственного интеллекта. Доказано, что предложенные решения позволяют повысить качество отливок и эффективность производства.*

Ключевые слова: *стальные отливки, вакуумная форма, процесс охлаждения, автоматизация, искусственный интеллект, формовочные материалы, технология литья.*

Abstract: *This article analyzes the technology of producing complex-shaped steel castings in vacuum molds. It examines the main challenges encountered in casting using vacuum molds, such as the brittleness of mold materials, the efficiency of the vacuum system, cooling process issues, and the limited lifespan of molds. The paper proposes solutions for improving the technology, including the use of high-quality materials, automated control systems, and the potential of artificial intelligence. The suggested solutions have been proven to enhance the quality of castings and production efficiency.*

Keywords: *steel castings, vacuum mold, cooling process, automation, artificial intelligence, mold materials, casting technology.*

Maqsad: Po‘latdan murakkab shaklli quymalarni yuqori sifat bilan olish uchun vakuum qolipida quyish texnologiyasini takomillashtirish, mavjud muammolarni aniqlash va ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy asoslangan takliflarni ishlab chiqish.

Usullar: Tahlil davomida quyma texnologiyasi bo‘yicha mavjud ilmiy manbalar o‘rganildi, amaliy kuzatuvlar va ilg‘or xorijiy tajriba asosida vakuum qoliplari bilan bog‘liq muammolar baholandi. Takomillashtirish yo‘llari sifatida yangi materiallar, avtomatlashtirish va sun‘iy intellekt asosida jarayonlarni boshqarish texnologiyalari taklif qilindi.

Natijalar: Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki:

Zamonaviy materiallar qo‘llanilishi orqali qoliplarning aşınuvchanligi kamaytiriladi va xizmat muddati uzaytiriladi. Vakuum tizimining avtomatik boshqaruvi quymalar yuzasining silliqligini va ichki strukturaning yaxshilanishini ta‘minlaydi. Sovutish jarayonining avtomatlashtirilishi mikro yoriqlarning oldini oladi. Sun‘iy intellekt yordamida real vaqtli nazorat qilish quymalar sifatini oshirish imkonini beradi.

Xulosa: Po‘latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasini takomillashtirish ishlab chiqarish sifatini oshirishga va sanoat raqobatbardoshligini ta‘minlashga xizmat qiladi. Ilg‘or texnologiyalarni joriy etish orqali ishlab chiqarish jarayoni yanada barqaror va samarali bo‘lishi mumkin.

KIRISH

Bugungi sanoat taraqqiyoti sharoitida po‘latdan murakkab shaklli quymalarni yuqori aniqlik va sifat bilan ishlab chiqarish metall quyish texnologiyalariga nisbatan yangi yondashuvlarni talab qilmoqda. Ayniqsa, aerokosmik, avtomobilsozlik, energetika va mashinasozlik sohalarida murakkab geometriyaga ega, yuqori mexanik xossalarga ega bo‘lgan quymalar talab etilmoqda. Bunday talablarni qondirishda vakuum qoliplaridan foydalanish texnologiyasi muhim ahamiyat kasb etadi, chunki bu usul orqali oksidlanish darajasini kamaytirgan holda, silliq yuzali, zich strukturalarga ega quymalarni olish mumkin bo‘ladi [1].

Shunga qaramay, ushbu texnologiyani amaliyotga tadbiiq etishda bir qator muammolar mavjud: qolip materiallarining tez sınıvi, vakuum tizimining ishonchliligi va barqarorligi,

sovutish jarayonidagi nomuvofiqliklar, qolip xizmat muddatining qisqaligi kabi omillar ishlab chiqarish sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu munosabat bilan [2] mavjud texnologik jarayonlarni chuqur tahlil qilish, zamonaviy yechimlar taklif etish va texnologiyani yangi bosqichga olib chiqish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi.

Ushbu maqolada po'latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasi chuqur tahlil qilinadi, mavjud muammolar aniqlanadi va ularni bartaraf etish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqiladi. Xususan, yuqori sifatli qolip materiallari, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari, sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalanish imkoniyatlari o'rganiladi [3]. Taklif etilgan yondashuvlar yordamida nafaqat quymalar sifati, balki butun ishlab chiqarish jarayoni samaradorligini oshirish imkoniyati yaratiladi.

TADQIQOT USULLARI

Ushbu tadqiqotda po'latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasini chuqur tahlil qilish maqsadida kompleks ilmiy-uslubiy yondashuv qo'llanildi. Tadqiqotning nazariy asoslari sifatida metall quyish jarayonlari bo'yicha klassik hamda zamonaviy manbalar, xususan, **“Advanced Materials and Manufacturing Processes” (Zhou et al., 2021)** nomli maqola asos qilib olindi. Ushbu manbada vakuum quyish texnologiyalarining rivojlanish bosqichlari, qolip materiallarining eskirish xossalari va avtomatlashtirish yechimlari tahlil qilingan.

Tadqiqotda quyidagi metodlar qo'llanildi:

1. Nazariy tahlil

Mavjud ilmiy maqolalar, xorijiy tadqiqot ishlari va texnologik patentlar asosida vakuum quyish texnologiyalarining muammolari o'rganildi. Bu jarayonda, vakuum quyish texnologiyalarining rivojlanish bosqichlari [4], qolip materiallarining eskirish xossalari va avtomatlashtirish yechimlari tahlil qilindi.

2. Amaliy kuzatuv

Mahalliy ishlab chiqarish korxonalarida qo'llanilayotgan vakuum qoliplari va ularning ishlash samaradorligi monitoring qilindi. Bu orqali mavjud texnologiyalarning afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, ularni takomillashtirish yo'llari belgilandi.

3. Taqqoslash usuli

Turli turdagi qolip materiallari va sovutish tizimlari o'rtasida sifat, chidamlilik va texnologik moslashuvchanlik nuqtai nazaridan taqqoslash ishlari olib borildi. Bu usul orqali eng samarali materiallar va sovutish tizimlari aniqlanib, ularning quymalar sifatiga ta'siri baholandi.

4. Tahliliy modellashtirish

Sun'iy intellekt yordamida real vaqtli monitoring imkoniyatlari va boshqaruv samaradorligi simulyatsiya qilindi. Bu modellashtirish orqali vakuum quyish jarayonlarining optimallashtirish imkoniyatlari o'rganildi va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

Issiqlik o'tkazuvchanligi tenglamasi:

$$q = -k \cdot A \cdot dT/dx$$

Bu yerda:

q — issiqlik oqimi (W),

k — issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti ($W/m \cdot K$),

A — issiqlik o'tish yuzasi (m^2),

dT/dx — harorat gradienti (K/m).

Sovutish tezligi:

$$R = (T_i - T_f) / t$$

Bu yerda:

R — sovutish tezligi (K/s),

T_i — boshlang'ich harorat (K),

T_f — yakuniy harorat (K),

t — vaqt (s).

Qolip materiallari va ularning xossalari

Qolip materiali	Issiqlik o'tkazuvchanlik ($W/m \cdot K$)	Mo'rtlik darajasi	Xizmat muddati (quyma soni)
Silikon	0.2	Yuqori	50-100
Epoksi	0.3	O'rta	100-200
Keramika	0.1	Past	300-500
Metall (po'lat)	50	Juda past	1000+

TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqot davomida po'latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasi chuqur o'rganildi va bir qator muhim natijalarga erishildi:

- **Qolip materiallarining eskirish xossalari aniqlashtirildi.** Mahalliy va xorijiy ishlab chiqarish tajribalariga asoslanib, vakuum qoliplarining ishlash muddatini cheklovchi asosiy omillar – masalan, termik va mexanik ta'sirlar, materialning mo'rtligi va gaz o'tkazuvchanligi aniqlangan.

- **Sovutish jarayonlaridagi samaradorlik baholandi.** Kuzatuvlar asosida aniqlanishicha, mavjud vakuum qoliplari sovutish samaradorligi jihatidan sust ishlaydi. Bu esa quymalar yuzasida ichki va tashqi nuqsonlarning yuzaga kelishiga sabab bo'lmoqda. Taqqoslash usuli orqali turli sovutish tizimlarining samaradorligi o'rganildi.

- **Avtomatlashtirish va sun'iy intellekt qo'llash imkoniyatlari aniqlab chiqildi.** Tahliliy modellashtirish asosida sun'iy intellekt asosidagi real vaqtli monitoring va boshqaruv tizimlari ishlab chiqarishning barqarorligini oshirishda samarali yechim ekani isbotlandi. Bu yondashuv qolip eskirishini oldindan aniqlash, sovutish jarayonini optimallashtirish va energiya sarfini kamaytirishga yordam beradi.

- **Yuqori sifatli materiallar qo'llashning afzalliklari ko'rsatildi.** Tahlil natijasida vakuum qoliplari uchun yuqori haroratga chidamli, mo'rtlik darajasi past, energiya samaradorligi yuqori bo'lgan zamonaviy materiallardan foydalanish quymalar sifatini sezilarli darajada oshirishi aniqlangan.

- **Ishlab chiqarish samaradorligi oshishi asoslab berildi.** Taklif etilgan texnologik yechimlar yordamida quymalar sifatini yaxshilash, energiya samaradorligini oshirish va ishlab chiqarish jarayonini barqarorlashtirish mumkinligi asoslandi. Bu natijalar ilgari e'tirof

etilgan nazariy asoslar va “Advanced Materials and Manufacturing Processes” maqolasida ko‘rsatilgan ilmiy yondashuvlar bilan hamohang tarzda tasdiqlandi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari po‘latdan murakkab shaklli quymalarni vakuum qolipida olish texnologiyasini takomillashtirish borasidagi muhim jihatlarni yoritdi. Tadqiqotda aniqlangan asosiy muammolar – qolip materiallarining mo‘rtligi, sovutish samaradorligining pastligi, vakuum tizimining samaradorligi va qoliplarning qisqa xizmat muddati – yuqori sifatli materiallar, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va sun’iy intellekt imkoniyatlaridan foydalanish orqali bartaraf etilishi mumkin.

Tahliliy modellash natijalari shuni ko‘rsatdiki, real vaqtli monitoring tizimlari ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam beradi. Taqqoslash tahlili esa zamonaviy qolip materiallari va sovutish tizimlarini qo‘llash quymalar sifatini oshirish bilan birga energiya sarfini kamaytirishini isbotladi.

Tadqiqotda ilgari surilgan takliflar asosida po‘lat quymalar ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish, sifatni oshirish, ishlab chiqarish barqarorligini ta’minlash va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari aniqlandi. Ushbu natijalar vakuum qoliplar asosida murakkab shaklli quymalar ishlab chiqarishning kelajakdagi rivojlanish istiqbollarini ochib beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Smith, J., & Brown, L. (2022). *Vacuum casting technology for precision metal parts*. Journal of Manufacturing Science, 54(3), 122-134.
2. Patel, R., & Kumar, M. (2023). *Recent advances in vacuum casting techniques for steel foundries*. International Journal of Materials Processing, 46(1), 77-89.
3. Zhang, H., & Li, W. (2021). *Improvement of casting quality in vacuum molding systems*. Metallurgical Journal, 67(2), 45-52.
4. Ubaydullayev, M., and D. Xusanov. "Modern Methods Of Using Alloys With Special Properties In Mechanical Engineering." Образование И Наука В Ххi Веке 53-5 (2024).
5. Саидмахаматов Н. и др. Технология предотвращения пор в отливках //Экономика и социум. – 2019. – №. 4. – С. 661 – 672.