



ALYUMINIY QOTISHMALARINING MEXANIK XOSSALARINI YAXSHILASHDA TERMİK ISHLOV BERISHNING AHAMIYATI

Xakimova Sevara Xamdamovna
Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Annotatsiya: Mazkur tezisda alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarini yaxshilashda termik ishlov berishning ilmiy-amaliy ahamiyati tahlil qilingan. Alyuminiy qotishmalarining yuqori solishtirma mustahkamligi, kichik zichligi va korroziyaga chidamliligi sababli ularning mashinasozlik, transport, aviatsiya va boshqa texnika sohalarida qo'llanilish imkoniyatlari kengayib bormoqda. Biroq qotishmalarining ekspluatatsion xususiyatlari nafaqat kimyoviy tarkibga, balki termik ishlov natijasida shakllanadigan mikrostrukturaga ham bog'liq. Tadqiqotda eritma bilan termik ishlov berish, tez sovitish hamda tabiiy va sun'iy qaritish jarayonlarining alyuminiy qotishmalarining strukturasi va mexanik xossalariga ta'siri ilmiy adabiyotlar asosida umumlashtirildi. Tahlil natijasida termik ishlov parametrlarini to'g'ri tanlash orqali qattqlik va mustahkamlikni oshirish, shu bilan birga mustahkamlik va plastiklik o'rtasidagi maqbul nisbatni ta'minlash mumkinligi aniqlandi.

Kalit so'zlar: alyuminiy qotishmalari, termik ishlov, eritma bilan ishlov berish, qaritish, mikrostruktura, qattqlik, mustahkamlik, cho'kma fazalar, mashinasozlik.

KIRISH

Hozirgi vaqtda mashinasozlik va transport texnikasida konstruksiyalarning massasini kamaytirish bilan bir qatorda ularning yuqori mustahkamligi va uzoq muddatli ekspluatatsion barqarorligini ta'minlash muhim masalalardan biridir. Shu nuqtayi nazardan alyuminiy qotishmalari yengil konstruksion material sifatida katta amaliy ahamiyatga ega. Ularning zichligi po'latga nisbatan ancha kichik bo'lib, yuqori solishtirma mustahkamlik va yaxshi texnologik xususiyatlarga ega [1–4]. Alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarini oshirishning samarali usullaridan biri termik ishlov berish hisoblanadi. Ayniqsa 2xxx, 6xxx va 7xxx seriyali qotishmalarda eritma bilan ishlov berish va keyingi qaritish jarayonlari orqali cho'kma fazalar hosil qilinishi materialning mustahkamligi va qattqligini sezilarli darajada o'zgartiradi [5–7].

Termik ishlovning samaradorligi qotishmaning kimyoviy tarkibi, eritma bilan ishlov berish harorati, ushlab turish vaqti, sovitish tezligi hamda qaritish harorati va davomiyligiga bog'liq. Shu sababli termik ishlovning alohida parametrlarini emas, balki ularning o'zaro bog'langan texnologik ketma-ketligini o'rganish muhimdir.



So'nggi yillardagi tadqiqotlarda 6082, 6061, 2017, 7075 kabi alyuminiy qotishmalarining turli termik ishlov holatlaridagi mikrostrukturasi va mexanik xossalari keng o'rganilmoqda. Jumladan, 6082 qotishmasi bo'yicha tadqiqotlarda termik ishlov usulining mikrostrukturaviy evolyutsiya va mexanik xossalarga sezilarli ta'sir ko'rsatishi qayd etilgan [8]. Al-Mg-Si tizimidagi qotishmalarda esa cho'ktirish orqali mustahkamlash mexanizmi yuqori mustahkamlikka erishish bilan birga plastiklikning ma'lum darajada kamayishiga olib kelishi mumkinligi ko'rsatilgan [9].

Tadqiqotning maqsadi - alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarini yaxshilashda termik ishlov berishning o'rnini zamonaviy ilmiy adabiyotlar asosida tahlil qilish va kelgusidagi eksperimental tadqiqotlar uchun asosiy texnologik parametrlarni aniqlash.

MATERIAL VA TADQIQOT USULLARI

Mazkur ish nazariy-tahliliy tadqiqot sifatida bajarildi. Tadqiqotning axborot bazasini alyuminiy qotishmalarining termik ishlovi, mikrostrukturasi, cho'kma fazalarining shakllanishi va mexanik xossalarga bag'ishlangan ilmiy maqolalar, sharhlar hamda fundamental adabiyotlar tashkil etdi.

Adabiyotlarni tahlil qilishda quyidagi asosiy omillarga e'tibor qaratildi: qotishmaning kimyoviy tarkibi;

- eritma bilan termik ishlov berish harorati;
- ushlab turish davomiyligi;
- sovitish muhiti va tezligi;
- tabiiy va sun'iy qaritish sharoitlari;
- mikrostrukturadagi cho'kma fazalarning shakllanishi;
- qattqlik va mustahkamlikning o'zgarishi;
- mustahkamlik va plastiklik o'rtasidagi bog'liqlik.

Tahlil natijalari turli alyuminiy qotishmalari bo'yicha olingan ilmiy ma'lumotlarni umumlashtirish va termik ishlovning mexanik xossalarga ta'sir qilish mexanizmlarini aniqlash asosida shakllantirildi.

NATIJALAR VA TAHLIL

1. Termik ishlov berishning alyuminiy qotishmalaridagi roli

Alyuminiy qotishmalarida termik ishlovning asosiy maqsadi qotishma mikrostrukturasi o'zgartirish orqali talab etiladigan mexanik xususiyatlarni shakllantirishdan iborat. Termik ishlov beriladigan qotishmalarda jarayon odatda





uchta asosiy bosqichni o'z ichiga oladi: eritma bilan ishlov berish, tez sovitish va qaritish.

Eritma bilan ishlov berishda legirlovchi elementlarning bir qismi alyuminiy matritsada eritiladi. Keyingi tez sovitish natijasida o'ta to'yingan qattiq eritma hosil qilinadi. Qarish jarayonida esa matritsa tarkibidan dispers cho'kma fazalar ajralib chiqadi. Mazkur cho'kmalar dislokatsiyalar harakatiga qarshilik ko'rsatishi natijasida qotishmaning mustahkamligi va qattiqligi ortadi [5,6].

Demak, termik ishlovning samarasi bevosita mikrostrukturada sodir bo'ladigan o'zgarishlar bilan bog'liq.

2. Eritma bilan ishlov berish va sovitish

Eritma bilan termik ishlov berish harorati qotishmaning tarkibiga mos ravishda tanlanishi kerak. Haroratning yetarli bo'lmasligi legirlovchi elementlarning to'liq erimasligiga olib kelishi mumkin. Haddan tashqari yuqori harorat esa ayrim hollarda mahalliy erish yoki strukturaning nomaqbul o'zgarishlariga sabab bo'lishi mumkin.

Eritma bilan ishlovdan keyingi sovitish tezligi ham muhim texnologik parametr hisoblanadi. Tez sovitish legirlovchi elementlarning qattiq eritmada saqlanib qolishiga yordam beradi va keyingi qaritish jarayonida dispers cho'kmalar hosil bo'lishi uchun zarur boshlang'ich holatni yaratadi.

AA2017 qotishmasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarda eritma bilan ishlov berish va undan keyingi sovitish sharoitlari qotishmaning mikrostrukturasi hamda mexanik xossalariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan [10].

3. Qarish jarayonining mexanik xossalarga ta'siri

Qarish alyuminiy qotishmalarining cho'ktirish orqali mustahkamlanishida asosiy bosqichlardan biridir. Qarish tabiiy yoki sun'iy sharoitda amalga oshirilishi mumkin.

Sun'iy qaritishda ma'lum haroratda ushlab turish orqali matritsada dispers cho'kmalar hosil qilinadi. Cho'kmalarning o'lchami va taqsimlanishi materialning mexanik xossalariga bevosita ta'sir qiladi. Mayda va nisbatan bir tekis taqsimlangan cho'kmalar dislokatsiyalarning harakatini cheklab, mustahkamlik va qattiqlikni oshirishi mumkin.

Biroq qaritish jarayonining haddan tashqari davom ettirilishi cho'kmalarning yiriklashishiga olib kelishi va mustahkamlash samaradorligini pasaytirishi mumkin. Shu sababli qaritish harorati va vaqtini optimal tanlash muhim hisoblanadi [6,9].

4. Turli qotishmalarda termik ishlovning samaradorligi

Turli alyuminiy qotishmalarining termik ishlovga javobi ularning kimyoviy tarkibi va mikrostrukturaviy xususiyatlariga bogʻliq.

Qotishma	Asosiy legirlovchi tizim	Termik ishlovning asosiy maqsadi
2024	Al–Cu–Mg	Choʻktirish orqali mustahkamlash
6061	Al–Mg–Si	Mg ₂ Si choʻkmalarini shakllantirish
6082	Al–Mg–Si–Mn	Mustahkamlik va qattqlikni oshirish
7075	Al–Zn–Mg–Cu	Yuqori mustahkamlikka erishish

6061 va 6082 kabi 6xxx seriyali qotishmalarda Mg-Si asosidagi choʻkmalar muhim mustahkamlovchi omil boʻlsa, 7xxx seriyasida Zn-Mg(-Cu) tizimidagi choʻkmalar yuqori mustahkamlikni shakllantirishda muhim rol oʻynaydi [5,9,11].

7075 kabi 7xxx qotishmalarida yuqori mustahkamlikka erishish imkoniyati katta boʻlsa-da, termik ishlov rejimini tanlashda korroziyaga chidamlilik va stress-korroziya yorilishi kabi omillarni ham hisobga olish talab etiladi [12,13].

5. Mustahkamlik va plastiklik oʻrtasidagi muvozanat

Termik ishlovning asosiy maqsadi faqat maksimal qattqlik yoki mustahkamlikka erishishdan iborat boʻlmazligi kerak. Zamonaviy tadqiqotlar yuqori mustahkamlikka erishish ayrim hollarda plastik xossalarning pasayishi bilan bogʻliqligini koʻrsatmoqda [9].

Shu sababli optimal termik ishlov rejimi materialning ekspluatatsion sharoitiga qarab belgilanadi. Mashinasozlik detallarida yuqori mustahkamlik talab qilinsa, bir rejim, deformatsiyalanish qobiliyati muhim boʻlsa, boshqa rejim afzal boʻlishi mumkin.

Bu esa termik ishlov parametrlarini kompleks optimallashtirish zarurligini koʻrsatadi.

MUHOKAMA

Tahlil qilingan ilmiy manbalar alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarni yaxshilashda termik ishlov berishning muhim texnologik vosita ekanligini koʻrsatadi. Termik ishlov orqali qotishmaning mikrostrukturasi oʻzgartiriladi va natijada uning mustahkamlik, qattqlik hamda plastiklik koʻrsatkichlariga taʼsir koʻrsatiladi.

Bunda eng muhim masala termik ishlovning alohida bosqichlarini emas, balki ularning oʻzaro bogʻliqligini hisobga olishdir. Eritma bilan ishlov berish harorati





keyingi sovitish jarayoniga, sovitish tezligi esa qaritish vaqtida hosil bo'ladigan cho'kmalarning xususiyatlariga ta'sir qiladi.

Zamonaviy tadqiqotlarda ko'p bosqichli va nostatsionar termik ishlov usullariga qiziqishning ortishi ham ushbu holat bilan izohlanadi [14]. Bunday usullar orqali mikrostrukturani yanada aniqroq shakllantirish va mexanik xossalarning maqbul kombinatsiyasiga erishish imkoniyati o'rganilmoqda.

Shu bilan birga, turli qotishmalarining termik ishlovga javobi bir xil emas. Shuning uchun kelgusidagi tadqiqotlarda muayyan qotishma markasi tanlanib, termik ishlov harorati, vaqt, sovitish tezligi va qaritish rejimlarining o'zaro ta'sirini tajribaviy ravishda aniqlash maqsadga muvofiq.

XULOSA

1. Alyuminiy qotishmalarining mexanik xossalarini yaxshilashda termik ishlov berish samarali texnologik usullardan biri hisoblanadi.
2. Eritma bilan ishlov berish, tez sovitish va keyingi qaritish jarayonlari termik ishlov beriladigan alyuminiy qotishmalarida mustahkamlovchi mikrostrukturani shakllantirishning asosiy bosqichlarini tashkil etadi.
3. Qarish jarayonida hosil bo'ladigan dispers cho'kma fazalar dislokatsiyalar harakatini cheklab, qotishmaning qattiqligi va mustahkamligini oshirishga xizmat qiladi.
4. Termik ishlovning samaradorligi harorat, ushlab turish vaqti, sovitish tezligi va qaritish sharoitlarining o'zaro bog'liqligiga bevosita bog'liq.
5. Termik ishlov rejimini tanlashda faqat maksimal mustahkamlikka emas, balki mustahkamlik, plastiklik va boshqa ekspluatatsion xossalarning maqbul nisbatiga e'tibor berish zarur.

6. Kelgusidagi tadqiqotlarda mahalliy sharoitda mavjud alyuminiy qotishmalaridan birini tanlab, uning termik ishlov rejimlarini tajribaviy asosda optimallashtirish

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Polmear I., StJohn D., Nie J.-F., Qian M. *Light Alloys: Metallurgy of the Light Metals*. 5th ed. Butterworth-Heinemann, 2017.
2. Hatch J.E. *Aluminum: Properties and Physical Metallurgy*. ASM International, 1984.
3. Davis J.R. *Aluminum and Aluminum Alloys*. ASM International, 1993.
4. Dursun T., Soutis C. Recent developments in advanced aircraft aluminium alloys. *Materials & Design*. 2014;56:862–871.



5. Totten G.E., MacKenzie D.S. *Handbook of Aluminum: Physical Metallurgy and Processes*. Marcel Dekker, 2003.
6. Kumar N.M.S., Dhruthi, Pramod G.K., Samrat P., Sadashiva M. A critical review on heat treatment of aluminium alloys. *Materials Today: Proceedings*. 2022;58:71–79. DOI: 10.1016/j.matpr.2021.12.586.
7. Mondolfo L.F. *Aluminum Alloys: Structure and Properties*. Butterworths, 1976.
8. Sun L., Wu Y. Mechanical properties and microstructural evolution of 6082 aluminum alloy with different heat treatment methods. *Coatings*. 2024;14(5):602. DOI: 10.3390/coatings14050602.
9. Precipitation hardening: Unravelling mechanisms of trade-off between strength and ductility/formability of Al-Mg-Si alloys. *Journal of Alloys and Compounds*. 2025;1012:178443. DOI: 10.1016/j.jallcom.2025.178443.
10. Effect of post heat treatment on microstructure and mechanical properties of hot-rolled AA2017 aluminum alloy. *Materials*. 2024.
11. Cui L., Liu K., Chen X.-G. Recent advances in cost-effective aluminum alloys with enhanced mechanical performance for high-temperature applications: A review. *Materials & Design*. 2025;253:113869. DOI: 10.1016/j.matdes.2025.113869.
12. Retrogression and re-aging of 7xxx series aluminum alloys: A review of microstructural changes and their influence on mechanical properties and corrosion resistance. *Materials Today Communications*. 2025;49:114456. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2025.114456.
13. Retrogression and reaging — aluminum alloy AA7012. *Journal of Materials Science: Materials in Engineering*. 2025;20:57.
14. Feng D., Li X.-D., Zhang X.-M., Liu S.-D., Wang J.-T., Liu Y. The novel heat treatments of aluminium alloy characterized by multistage and non-isothermal routes: A review. *Journal of Central South University*. 2023;30:2833–2866. DOI: 10.1007/s11771-023-5439-9.
15. *ASM Handbook, Volume 4: Heat Treating*. ASM International.

