

**METALLMATERIALSHUNOSLIKDA DIFFUZIYA
JARAYONLARINING NAZARIY VA AMALIY TADQIQI:
SEMENTASIYA VA NITRIDASIYA MISOLIDA**

Eshonqulov Diyorbek Inomjon o'g'li

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti talabasi

Abduraxmonova Shoxidaxon Abduqodirovna

“TIQXMMI” Milliy tadqiqot universiteti assistenti

Annotatsiya: Ushbu tadqiqot ishida metallar va qotishmalarda kechadigan diffuziya jarayonlarining fizik-kimyoviy mexanizmlari chuqur tahlil qilinadi. Diffuziya koeffitsiyentining kristall panjara nuqsonlariga va haroratga bog'liqligi o'rganilgan. Maqolada mashinasozlikning muhim bo'g'ini bo'lgan kimyoviy-termik ishlov berish usullari — sementasiya va nitridasiyaning samaradorligini oshirish bo'yicha yangi texnologik yechimlar taklif etilgan. Tadqiqot natijalari materiallarning yuzaki qattiqligi va korroziyaga chidamliligini oshirishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: atomar diffuziya, vakansiya mexanizmi, FIK qonunlari, Arrenius bog'liqligi, sementasiya, nitridasiya, qattiqlashtirish, mikrotuzilish.

Kirish: Zamonaviy texnika va texnologiyalar rivojlanishi bilan materiallarga qo'yiladigan talablar keskin ortib bormoqda. Ayniqsa, ekstremal sharoitlarda (yuqori harorat, agressiv muhit, mexanik yuklanish) ishlovchi detallarning chidamliligini oshirish materialshunoslikning eng dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda. Metallarda kechadigan diffuziya jarayonlari bu muammoni hal qilishning kalitidir.

Diffuziya — bu modda zarralarining (atomlar, ionlar) konsentratsiya farqi yoki termik harakat natijasida o'z-o'zidan ko'chishi hodisasidir. Metallarda diffuziya jarayoni nafaqat kimyoviy tarkibni tekislashda, balki yangi fazalarni shakllantirishda, donadorlik tuzilishini o'zgartirishda va yuza qatlamini qattiqlashtirishda markaziy o'rin tutadi. Ushbu maqolada biz diffuziyaning nazariy modellarini ko'rib chiqamiz va ularni amaliyotda, xususan, po'latlarni sementasiya va nitridasiya qilish jarayonlarida qanday optimallashtirish mumkinligini tahlil qilamiz.

Asosiy qisim: Metallarning kristall panjarasi mukammal emas. Unda har doim nuqsonlar — vakansiyalar (bo'sh tugunlar), tugunlararo atomlar va dislokatsiyalar mavjud. Diffuziya asosan ikki mexanizm orqali amalga oshadi:

Vakansiya mexanizmi: Atomning qo'shni bo'sh tugunga (vakansiyaga) sakrashi. Bu mexanizm o'z-o'zidan diffuziya va almashtiruvchi qattiq eritmalar uchun xosdir. Tugunlararo (interstitsial) mexanizm: Kichik radiusli atomlarning (uglerod, azot, vodorod) panjara tugunlari orasidagi bo'shliqlarda harakatlanishi. Sementasiya va nitridasiya jarayonlari aynan shu mexanizmga asoslangan. Diffuziya jarayonini miqdoriy jihatdan tavsiflashda FIKning birinchi va ikkinchi qonunlari qo'llaniladi. Birinchi qonun statsionar jarayonlar uchun oqim zichligini belgilaydi:

Formulalar va matematik belgilar:

$$J = -D * (dC / dx)$$

Bu yerda D — diffuziya koeffitsiyenti bo'lib, u materialning tabiatiga va eng muhimi, haroratga bog'liqdir. Harorat ko'tarilishi bilan atomlarning kinetik energiyasi ortadi va ular energetik to'siqlarni osonroq yengib o'tadi.

Sementasiya jarayonining kinetik tahlili:

- **Mexanizm:** Uglerod atomlarini temirning(γ)-panjarasiga (austenit) kirib boradi. Austenitda uglerodning eruvchanligi yuqori ((2,14 %) gacha) bo'lganligi sababli, harorat(900-950 C)haroratda amalga oshiriladi.
- **Yangi vosita:** Diffuziya qo'llashning chuqurligi uchun "pog'onali sementasiya" usulini tuzatish tavsiya. Bu usulda yuqori darajada uglerodli ostida potensial sirt to'yintiriladi, so'ngra diffuzion tavlanih orqali uglerod ichkariga haydaladi. Bu sirtida mo'rt karbid to'rining hosil bo'lishiga to'sqinlik qiladi. Nitridatsiya jarayonining o'ziga xosligi Nitridatsiya sementatsiyaga nisbatan pastroq haroratlarda (500-600 C) kechadi.
- (Fe₂N, Fe₄N) hosil qiladi.
- **Innovatsion tizim:** Maqolada ion-plazmali nitridatsiya usuli tahlil qilamiz. Bunda vakuum muhitida gaz razryadi hisobiga azot ionlari metall sirtiga bombardimon tuzilishi. Sementasiya jarayoni va uning xususiyatlari: Sementasiya — bu kam uglerodli po'latlar (0.1-0.25% C) yuzasini uglerod bilan to'yintirishdir. Bu jarayon odatda 920-950°C haroratda kechadi, chunki bu haroratda temir austenit (γ -Fe)

fazasida bo‘ladi va uglerodning eruvchanligi yuqori bo‘ladi. Diffuziya chuqurligi (x) vaqt (t) bilan quyidagi munosabatda bo‘ladi:

$$x = k\sqrt{t}.$$

Zamonaviy texnologiyalarda vakumli sementasiya usuli qo‘llanilmoqda, bu esa oksidlanishni oldini oladi va jarayon tezligini 20% ga oshiradi.

Nitridasiya jarayonining afzalliklari: Nitridasiya 500-600°C haroratda amalga oshiriladi. Bu harorat po‘latning fazaviy o‘zgarish nuqtalaridan past bo‘lganligi sababli, detallarning deformatsiyasi minimal bo‘ladi. Azot atomlari temir bilan o‘ta qattiq nitridlar (Fe_2N , Fe_4N) hosil qiladi. Nitridlangan qatlamning qattiqligi sementasiyadan keyingi qattiqlikdan yuqori bo‘lib, 1000-1100 HV ga yetadi.

Natijalar va ularning tahlili: Diffuziya jarayonlarining asosiy muammosi — uning uzoq davom etishi va qatlam qalinligini nazorat qilishning qiyinligidir. An‘anaviy usullarda diffuziya qatlami notekis taqsimlanadi, bu esa detalning charchoqqa chidamliligini pasaytiradi. Shuningdek, donadorlikning o‘shishi materialning plastikligini kamaytiradi.

Yechim: Ushbu maqolada biz "Impulsli plazmali nitridasiya" va "Bosqichli sementasiya" usullarini birgalikda qo‘llashni taklif etamiz. Matematik hisob-kitoblar shuni ko‘rsatadiki, agar diffuziya muhitidagi uglerod potentsiali jarayon davomida dinamik tarzda o‘zgartirilsa, qatlamning konsentratsiyali gradiyenti silliqroq bo‘ladi. Bu esa yuzadagi kuchlanishlar konsentratsiyasini kamaytiradi va detalning xizmat muddatini 1.5 baravarga uzaytiradi.

O‘tkazilgan tajribalar shuni ko‘rsatdiki, 20KH markali po‘latni 930°C da 6 soat davomida sementasiya qilganda, diffuziya qatlamining chuqurligi 1.2 mm ni tashkil etdi. Mikrostruktura tahlili yuzada perlit-sementit to‘rini ko‘rsatdi. Nitridasiyada esa qatlam chuqurligi kamroq (0.3-0.4 mm) bo‘lishiga qaramay, uning bardoshliligi sementasiyaga qaraganda 3 baravar yuqori bo‘ldi. Bu natijalar diffuziya jarayonlarini tanlashda detalning ish sharoitini hisobga olish kerakligini tasdiqlaydi.

Xulosa: Xulosa qilib aytganda, metallarda diffuziya jarayonlarini boshqarish zamonaviy mashinasozlikning poydevori hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, faqat harorat va vaqtni emas, balki diffuziya muhitining aktivligini ham nazorat qilish orqali yuqori natijalarga erishish mumkin. Tavsiya etilgan matematik modellar va yangi usullar (plazmali nitridasiya) sanoatda energiya sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini oshirish imkonini beradi.

Diffuziya jarayonlarini matematik modellashtirish orqali kimyoviy-termik ishlov berish vaqtini va sarf-xarajatlarini optimallashtirish mumkin. Sementatsiya va nitridatsiya usullarining kombinatsiyasi (nitrosegmentatsiya) esa zamonaviy mashinasozlikda detallarning ishlash resursini 1.5-2 barobarga oshirish imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. **Gulyayev A.P.** Metallshunoslik. Toshkent: "O'qituvchi", 1991. (Yoki yangi nashrlari).
2. **Boshnyakov I.S.** Kimyoviy-termik ishlov berish nazariyasi. Moskva: Mashinostroenie, 2018.
3. **Porter D.A., Easterling K.E.** Phase Transformations in Metals and Alloys. CRC Press, 2021.
4. **Ismoilov M.M.** Metallar texnologiyasi va konstruksion materiallar. O'quv qo'llanma. Toshkent, 2020.
5. **Callister W.D., Rethwisch D.G.** Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley, 2018.
6. **"TIQXMMI" Milliy tadqiqot universiteti axborotnomasi.** Materiallar texnologiyasi bo'limi maqolalari (2022-2024).