

Գ.Ս. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ, Կ.Գ. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Կ.Ս. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Ն.Գ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ,
Ս.Ո. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

ԴԻՖԴԵՐԵՆՑԻԱԿԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԸ ԵՎ ԴԻՖԴԵՐԵՆՑԻԱԿԱՆ ՇԵՐՏԻ ՍՏԱՅՈՒՄՆ ԱՐԱԳԱՀԱՏ ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՎՐԱ

Տրված են ջերմաքիմիական մշակման ընթացքում դիֆուզիոն գործընթացը բնութագրող հավասարումներ, և պարզաբանված են տարրական ծավալում տեղի ունեցող նյութի տեղափոխման օրինաչափությունները: Մշակված է ռենիումից արագահատ պողպատների վրա մաշակայուն շերտի ստացման տեխնոլոգիա: Բերված են գիտափորձերի տվյալներ գործիքների մաշակայունության բարձրացման վերաբերյալ:

Առանցքային բառեր. դիֆուզիա, հավասարում, դիֆուզիայի գործակից, կոնցենտրացիա, հոսք, ռենիում, մետաղապատում:

Տեխնոլոգիական ցանկացած գործընթաց իրականացնելիս անհրաժեշտ է, որ այն համապատասխանի մի շարք չափանիշների և արդյունքում ապահովի տնտեսական արդյունավետություն: Նման հարցադրումը վերաբերում է նաև ջերմաքիմիական մշակմանը, որի իրականացման համար մշակվում են տարբեր տեխնոլոգիաներ, ստանում դիֆուզիոն մաշակայուն շերտեր, ապահովում շահագործողական բարձր ցուցանիշներ [1,2]:

Աշխատանքում խնդիր է դրվել ներկայացնել ջերմաքիմիական մշակման ժամանակ առաջացող դիֆուզիոն մաշակայուն շերտի ձևավորման գործընթացը, տալ դիֆուզիոն հավասարումները, կոնկրետ օրինակի վրա հետազոտել արագահատ P6M5 մակնիշի պողպատը ռենիումով մետաղապատելու և դիֆուզիոն շերտ ստանալու տեխնոլոգիական գործընթացը և այն հիմնավորել գիտափորձական հետազոտություններով:

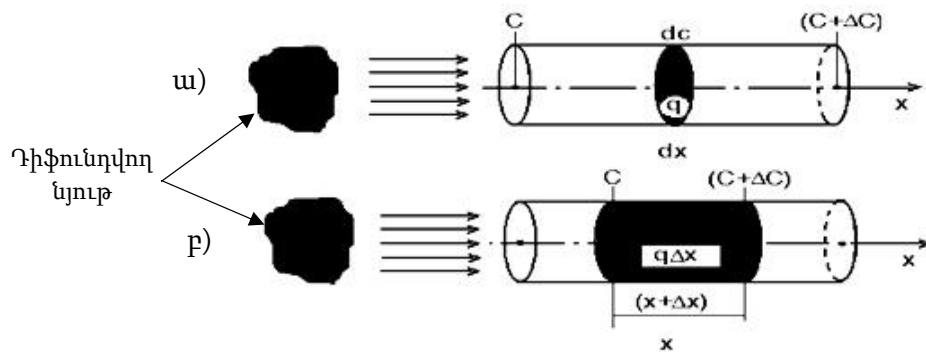
Ընտրենք գլան, որի լայնական կտրվածքը հաստատուն է և լցված է նյութով, որի կոնցենտրացիան x առանցքի ուղղությամբ հաստատուն չէ: Քանի որ լուծվող նյութը մեծ կոնցենտրացիա ունեցող տեղանքից դիֆուզվում է դեպի փոքր կոնցենտրացիա ունեցող տեղանք, ուստի տեղի է ունենում կոնցենտրացիաների հավասարակշռություն:

Ընտրված կտրվածքով անցնող նյութի քանակությունն ուղղահայաց է դիֆուզիայի ուղղությանը և համեմատական է այդ հատույթում կոնցենտրացիայի գրադիենտի արժեքին: Միավոր ժամանակում q կտրվածքի մակերեսով դիֆուզվող նյութի քանակությունը հավասար է Δm (նկ.1ա), և ունենալով կոնցենտրացիայի գրադիենտը dc/dx ($\Delta x \rightarrow 0$, $\Delta x = dx$; $\Delta c \rightarrow 0$, $\Delta c = dc$) ֆիկի առաջին օրենքի հիման վրա կարելի է գրել՝

$$\Delta m = -q \cdot D \frac{dc}{dx}, \quad (1)$$

որտեղ D -ն դիֆուզիայի գործակից է:

Քանի որ դիֆուզիոն հոսքի ուղղությունը հակառակ է կոնցենտրացիայի գրադիենտի ուղղությանը, ուստի կոնցենտրացիայի գրադիենտը նշվում է «մինուս» նշանով: Դժվարություն չի ներկայացնում կոնցենտրացիայի գրադիենտը չափել դիֆուզիայի ուղղությամբ որոշակի ժամանակահատվածից հետո կամ հետևել կոնցենտրացիայի փոփոխությանը՝ ըստ ժամանակի դիֆուզիոն տարածական որևէ կետում:



Նկ.1. Տարածական ծավալում նյութի տեղափոխման սխեմա

Կոնցենտրացիայի, x հեռավորության և t ժամանակի միջև կապ հաստատող հավասարման արտածման համար ուսումնասիրենք տարրական $q\Delta x$ ծավալը, որը տեղակայված է դիֆուզիոն տարածության մեջ (նկ.1 բ): q լայնական հատույթում t ժամանակի ընթացքում ներս դիֆուզիոն նյութի քանակությունը կարելի է արտահայտել՝

$$\Delta m = -D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right) q \Delta t : \quad (2)$$

Եթե դիֆուզիայի գործակիցը հաստատուն մեծություն է, դիֆուզիայի հետևանքով $q\Delta x$ ծավալում դուրս եկող նյութի քանակությունը կարելի է արտահայտել հետևյալ օրինաչափությամբ՝

$$\Delta m_{x+\Delta m} = -D \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right)_{x+\Delta x} q \Delta t = -D \left[\left(\frac{\partial c}{\partial x} \right) - \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right] q \Delta t : \quad (3)$$

(3) և (2) արտահայտությունների տարբերությունը հետագոտվող ծավալում C կոնցենտրացիա ունեցող նյութի քանակությունն է՝

$$\Delta m_{x+\Delta x} - \Delta m_x = -D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \right) q \Delta x \cdot \Delta t : \quad (4)$$

(4) արտահայտությունից, հաշվի առնելով կոնցենտրացիան, կստանանք՝

$$\frac{\Delta m_{x+\Delta x} - \Delta m_x}{q \Delta x \cdot \Delta t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} : \quad (5)$$

Դիֆուզիոն ստացիոնար հոսքը գործականում հազվադեպ է իրագործվում: Որպեսզի հաշվի առնվի ատոմների կուտակման արագությունը նյութի փոքրագույն ծավալում, (5) բանաձևը դիֆերենցում ենք մասնակի ածանցյալի, և ստացված օրինաչափությունը հանդես է գալիս Ֆիկի երկրորդ բանաձևի տեսքով՝

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} : \quad (6)$$

(6) բանաձևը ընդունելի է, երբ դիֆուզիայի գործակիցը կախված չէ կոնցենտրացիայից, հակառակ դեպքում այն ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial c}{\partial x} \right) : \quad (7)$$

Երկկոմպոնենտ հազեցման համար օգտվում ենք հետևյալ հավասարումներից (Գիրկալդի հավասարումը).

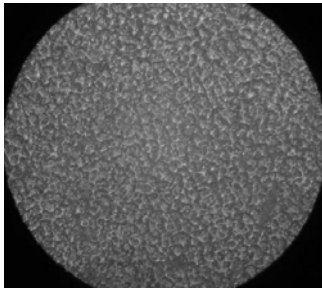
$$\frac{\partial c_1}{\partial t} = D_{11} \frac{\partial^2 c_1}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 c_2}{\partial x^2}, \quad (8)$$

$$\frac{\partial c_2}{\partial t} = D_{21} \frac{\partial^2 c_1}{\partial x^2} + D_{22} \frac{\partial^2 c_2}{\partial x^2}, \quad (9)$$

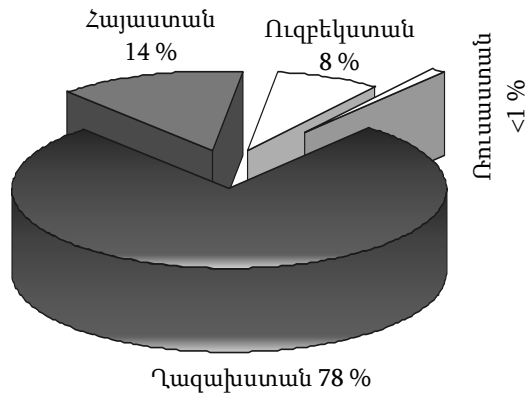
որտեղ $\frac{\partial c_1}{\partial t}$, $\frac{\partial c_2}{\partial t}$ -ն առաջին և երկրորդ տարրերի կոնցենտրացիաների գրադիենտներն են, D_{12} , D_{21} -ը՝ դիֆուզիայի կինետիկական գործակիցները, որոնք հաշվի են առնում երկրորդ տարրի հոսքի ազդեցությունը առաջին տարրի դիֆուզիայի վրա և հակառակը:

Դիֆուզիայի գործակիցը կարող է կախված լինել նաև նյութի կոնցենտրացիայից, տարածական կոորդինատներից և ժամանակից:

Մեր կողմից մշակվել է տեխնոլոգիա, որի համաձայն ընտրվել են P6M5 մակնիշի արագահատ միաված պողպատից փորձանմուշներ և 500°C ջերմաստիճանում, 1,0 ժամ պահման տևողությամբ, դժվարահալ մետաղներից մեկի՝ ռենիումի աղի (NH_4ReO_4) միջոցով խողովակային վառարանում՝ ջրածնի միջավայրում, կատարել ենք ջերմաքիմիական մշակում, պողպատի մակերևույթի վրա ստացել ռենիումապատված շերտ:



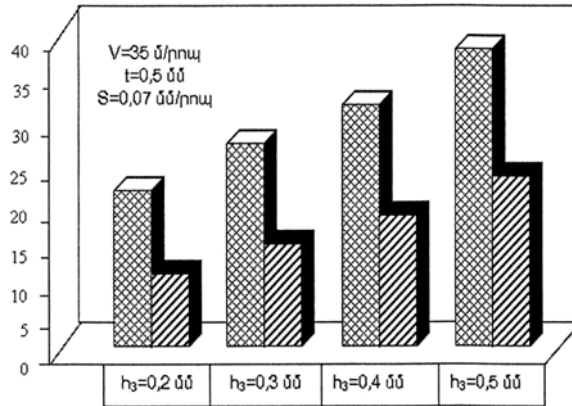
Նկ.2. P6M5 մակնիշի պողպատի կառուցվածքը ռենիումապատումից հետո



Նկ.3. Ռենիումի մոտավոր պաշարների ցուցանիշներն ԱՊՀ-ի երկրներում [3]

Նկ.2-ում ցույց է տրված ռենիումապատված P6M5 մակնիշի պողպատի կառուցվածքը: Հետազոտությունները ցույց են տվել, որ տեխնոլոգիական գործընթացի վրա էական ազդեցություն ունեն տաքացման ջերմաստիճանը և պահման տևողությունը: Ինչպես ջերմաստիճանի բարձրացումը, այնպես էլ պահման ժամանակի ավելացումը դրական են ազդում մաշակայուն շերտի հաստության ավելացման վրա:

Տեղական հումքի օգտագործման առումով Հայաստանի Հանրապետությունն ունի բավարար քանակությամբ ռենիումի պաշարներ: ԱՊՀ-ի երկրներում ռենիումի մոտավոր պաշարների ցուցանիշները տրված են նկ.3-ում [3]: Ներկայումս ռենիումի աղեր՝ ամոնիումի և կալիումի պերռենատների տեսքով, մշակում և ստանում են «Արմենիան Մոլիբդեն Փրոդաքշն» և «Մաքուր երկաթ» մետալուրգիական ձեռնարկություններում:



Նկ.4. Ռենիումով ջերմաքիմիական եղանակով մշակված և միաված արագահատ P6M5 մակնիշի գործիքապողպատների մաշակայունության ցուցանիշներ. $V=35$ մ/րոպ, $t=0,5$ մմ, $s=0,07$ մմ/րոպ, $t \times s = 0,5 \times 0,07$: Մշակվող նյութը՝ պողպատ 45

▨ - միաված,
▨ - ռենիումապատված

Աղյուսակ

Ռենիումապատված և սովորական ջերմային մշակում անցած արագահատ P6M5 մակնիշի պողպատի մաշակայունության կախվածությունը գործիքի հետևի նիստի մաշվածքի չափից

Գործիքի մաշակայունության ցուցանիշները, րոպ								
կտրման արագությունը- 40 մ/րոպ								
h/h	միաված(h_3 , մմ)				ռենիումապատված(h_3 , մմ)			
	0,2	0,3	0,4	0,5				
1	10	11	17	17	23	27	33	35
2	13	15	15	20	21	25	36	35
3	11	13	16	18	22	27	34	34
4	12	12	15	16	24	28	33	36
5	11	12	18	19	23	29	34	35
Միջին արժեքը	11,4	12,4	16,4	18,0	22,6	27,2	34,0	35,0
Մաշման բարձրացման ցուցանիշներ	1,0	1,0	1,0	1,0	1,9	2,2	2,0	1,9

Կատարել ենք մի շարք գիտափորձական աշխատանքներ և բացահայտել ռենիումով ջերմաքիմիական մշակման ենթարկված արագահատ գործիքապողպատների մաշակայունության և արդյունավետության բարձրացումը: Փորձարկումները կատարվել են $V=35$ մ/րոպ արագությամբ, կտրման խորությունը կազմել է $t=0,5$ մմ, մատուցումը՝ 0,07 մմ/պտ: Մշակվել է պողպատ 40: Գործիքի մաշակայունության չափ է ընդունվել կտրող թիթեղիկի հետևի նիստի մաշումը՝ $h_3=0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ մմ: Փորձարկվել են երկու խմբի (միաված և միաված+ռենիումապատված)

թիթեղիկներ՝ յուրաքանչյուրից հինգ հատ: Թիթեղիկների փորձարկումներից ընտրվել է դրանց միջին թվաքանական արժեքը: Փորձարկման արդյունքները բերված են նկ. 4-ում և աղյուսակում:

Այսպիսով, աշխատանքում բերված հավասարումները հնարավորություն են տալիս ճիշտ պատկերացում կազմել ջերմաքիմիական մշակման ժամանակ դիֆուզիայի գործընթացի ձևավորման մասին: Կատարված գիտափորձնական տվյալներից պարզ է դառնում, որ արագահատ գործիքապողպատների վրա դժվարահալ մետաղներից (ռենիումից) մաշակայուն շերտերի ստացումը՝ տեղական հումքի օգտագործմամբ, գիտատեխնիկական նոր նվաճում է: Այն հնարավորություն է տալիս բարձրացնել գործիքների մաշակայունությունը սովորական, ստանդարտ թիթեղիկների համեմատ ավելի քան 1,9 ... 2,2 անգամ (աղ.):

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Лариков Л.Н., Исайчев В.И.** Диффузия в металлах и сплавах: Справочник. – Киев: Наукова думка, 1987.- 510 с.
2. **Криштал М.А.** Механизм диффузии в железных сплавах. – М.: Металлургия, 1985. - 176 с.
3. **Бурденкова Н.Н.** Рений. Тенденции в развитии мирового рынка. – М.: ИМГРЭ, 2002. - 95 с.

ՀՊՃՀ (Պ): Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 10.05.2011:

**Г.С. ОВСЕПЯН, К.Г. КАРАПЕТЯН, К.С. АГБАЛЯН, Н.Г. ОВСЕПЯН,
С.В. ВАРДАНИЯН**

**ПРОЦЕСС ДИФФУЗИИ И ПОЛУЧЕНИЕ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ НА
БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЯХ**

Заданы характеристические уравнения диффузионного процесса во время термохимической обработки и пояснены происходящие закономерности перестановки материала в элементарном объеме. Разработана технология получения износостойкого слоя из рения на быстрорежущих сталях. Приведены экспериментальные данные о повышении износостойкости инструментов.

Ключевые слова: диффузия, уравнение, коэффициент диффузии, концентрация, течение, рений, металлизация.

**G.S. HOVSEPYAN, K.G. KARAPETYAN, K.S. AGHBALYAN, N.G. HOVSEPYAN,
S.V. VARDANYAN**

**THE EQUATION, PROCESS OF DIFFUSION AND RECEPTION OF THE
DIFFUSIVE LAYER ON FAST-CUTTING STEELS**

The characteristic equations of diffusive process during thermochemical processing are given and material shift laws of material shift occurring in an elementary volume are explained. Technology of wearproof layers obtaining from rhenium on fast-cutting steels is developed. Experimental data on increase in wear resistance of tools are given.

Keywords: diffusion, equation, diffusion factor, concentration, current, rhenium, metallization.