

UOT 621.762.4.8

OVUNTU ŞİXTƏSİNİN PRESLƏMƏ PROSESİNİN FENOMENOLOJİ MODELİ

A.A.Cəfərova

Azərbaycan Texniki Universiteti

E-mail: ceferovaafet@aztu.edu.az

Açar sözlər: ovuntu metallurjiyası, presləmə sürəti, nisbi sıxlıq, fenomenoloji model, pres-qəlib

Xülasə. Dəmir-çuqun kompozisiyalardan kipləndiricilərin hazırlanmasında ovuntu şixtəsinin preslənmə prosesinin fenomenoloji modeli təklif olunur. Fenomenoloji model ovuntu şixtəsinin preslənməsində xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişləndirilmiş sistemindən istifadə etməyə imkan verir. Təklif olunan fenomenoloji model soyuq presləmə prosesində məlum empirik tənliklərə izomorf hal tənliyi kimi baxmağa imkan verir. Bu tənliklər presləmə prosesinə nəzarət etməyə imkan verirlər. Elastiki-plastiki mühitə malik şixtələrdə nisbi sıxlıq, vaxt, temperatur, xarici təzyiq və yükləmə sürəti, ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələri və onların morfolojiyası əsas parametrlər qrupuna aiddirlər.

Metal ovuntuların preslənməsi üçün işlənmiş model dayanıqlıdır və müxtəlif keçidlərə malik olan mürəkkəb formalı ovuntu məmullarının qəliblənməsində baş verən prosesləri tam nəzərə alır. Təklif olunan model preslənən sistemin nisbi sıxlığını, presləmə vaxtını, temperaturunu, xarici təzyiqi və yükləmə sürətilə yanaşı ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və formasını nəzərə alan parametrlər toplusundan istifadə etməklə yazılmışdır.

Giriş. Ovuntu metallurjiyasının intensiv inkişafı tədqiqatçılar qarşısında kompüterin köməyi ilə texnoloji proseslərin modelləşdirmə məsələsini qoyur. Metal ovuntuların preslənməsinin ayrı-ayrı parametrləri arasında funksional asılılığını göstərən mövcud modellər kompleks məqsədlər üçün xidmət edə bilməzlər. Birincisi, onlar, bir qayda olaraq statikdirlər, eyni zamanda konsolidasiya olunan ovuntu cisim özündə qeyr-xətti daxili dinamikə qeyri-taraz sistemi əks etdirir, belə olan halda hal tənliyi ilə onun mühitinin digər parametrləri arasında vaxtda olmalıdır. Buna şərti olaraq yalnız məsaməli materialların təzyiqlə qızmar emalı cavab verir [1].

Bundan başqa texnoloji rejimlər temperaturun və presləmə sürətinin dəyişməsinə çox hissiyətliyə [2; s.127], bunu bir qayda olaraq prosesin mövcud modelləri nəzərə almırlar. Aydındır ki, metal ovuntuların presləmə texnoloji prosesinin adekvat modelləşdirilməsi üçün xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişləndirilmiş sistemindən istifadə etmək lazımdır. Bunların içərisində, minimum nisbi sıxlıq τ , vaxt t , temperatur T , xarici təzyiq ρ (və yükləmə sürəti δ), habelə ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və onların formasını (μ) səciyyələndirən ümumiləşdirilmiş reoloji parametrlərin toplusu olmalıdır. Onda presləmə prosesi aşağıdakı şəkildə diferensial tənliklə yazıla bilər.

$$\frac{d\tau}{dt} = F(\tau, t, T, P, \{\mu_R\}), \quad (1)$$

burada $\frac{d\tau}{dt}$ - sıxlaşdırma prosesində məsaməli materialın nisbi sıxlığının dəyişmə sürətidir; $F(\tau, t, T, P, \{\mu_R\})$ - xarici və daxili parametrlərin bəzi funksiyalarıdır. Sistemin hal tənliyi (1) ifadəsinin inteqrallaşdırılması nəticəsində alına bilər.

Bu məqalənin məqsədi qapalı pres-qəlibdə homogen ovuntuların yuxarıda göstərilən tələbləri ödəyən presləmə prosesinin fenomenoloji nəzəriyyəsinin qurulmasına cəhd edilmiş və habelə metal ovuntuların qəliblənmə prosesinin yazılması üçün baza modelinin və texnoloji istehsalat proseslərinin modelləşdirilməsi üçün onun tətbiq yollarının müəyyənəndirilməsidir.

Nəticələrin müzakirəsi: Aşağıdakı şərti qəbul edib preslənən cismin daxilində makroskopik həcmə baxaq.

$$W \ll v \ll V, \quad (2)$$

burada W - ayrıca zərrəciyin orta həcmi; V - prespəstahın həcmidir. v_0 və v_τ vasitəsilə məsamələr və metalla tutulmuş həcm v payını işarələyək. Onda V makro həcmnin nisbi sıxlığını τ və məsaməliliyi θ aşağıdakı şəkildə yazmaq

$$\tau + \theta = 1 \text{ şərti daxilində} \quad (3)$$

$$\tau = \frac{V_\tau}{V}; \theta = \frac{V_\theta}{V}. \quad (4)$$

Sonra $\tau = \tau(t)$ funksional asılılığının növünü təyin edirik. Təyininə görə τ kəmiyyəti özündə intensiv termodinamiki parametri əks etdirir. Yəni sistemə τ parametrinin evolyusiya xarakterinin tədqiqində makroskopik ekvivalentlik prinsipi tətbiq olunandır [3; s.245], bu konkret məsələnin sərhəd şərtlərinin nəzərə alınmasına bərabərdir. Bizim halda bu fakt (2) düsturu ilə ifadə olunub.

Metal ovuntuların preslənməsində metalın mexaniki möhkəmlik qüvvəsini üstələyən səthi gərilmə qüvvələrinə zərrəciklərin məsamələrə axmasına kömək edən xarici təzyiq qüvvəsi əlavə olunur [4; s.133]. Buna uyğun olaraq prespəstahın sıxlaşmasının F iki mexanizmini daxil edək. Deformasiya F_1 və termiki F_2 və fərz edək ki, (1) tənliyinin birinci hissəsi bu mexanizmlərin xətti kombinasiyasıdır

$$\frac{dx}{dt} = F_1 + F_2. \quad (5)$$

Sonra tutaq ki, sıxlaşmanın deformasiya mexanizminin təsiri nəticəsində prespəstahın nisbi sıxlığının dəyişmə sürəti böyümənin təbii qanununa tabedir

$$F_1 = A\tau, \quad (6)$$

burada A - bir əmsaldır. Digər tərəfdən, bu, mexanizmin özündə elastiki və qeyri-elastiki proseslərin kombinasiyasını əks etdirir. Qeyri-elastiki proseslərdə ovuntu zərrəciklərinin bir-birinə nəzərən yerdəyişməsi onların optimal qablaşmasının təmininədək baş verir. Bu proses məsaməlilik azaldıqca yavaşır [5]. Elastiki proseslər ovuntu zərrəciklərinin bir-birilə elastiki qarşılıqlı təsirlə əlaqədardır, ancaq ovuntunun zərrəciklərinin sayı, hansılardakı onun hər biri qarşılıqlı təsirdə olur sıxlaşma ilə yüksəlir, onda A -nı aşağıdakı kimi yazmaq olar.

$$A = R_1\theta - R_2\tau, \quad (7)$$

burada sağ tərəfin birinci toplananı qeyri-elastiki qarşılıqlı təsirə, ikinci toplananı isə elastikliyə uyğun gəlir. “Mənfi” işarəsi o şəraiti nəzərə alır ki, elastiki proseslər ovuntu cismin konsolidasiyasına mane olur.

Termiki proseslər mexanizminin təsirinin nəticəsi isə məsaməliliyin azalması ilə baş verən yavaşayan yığışmadır.

$$F_2 = R_e\theta. \quad (8)$$

(7) və (8) ifadələrini (6)-a qoyub, prosesin məntiqi tənliyini alırıq

$$\frac{d\tau}{dt} = R_1\tau\theta - R_2\tau^2 + R_e\theta, \quad (9)$$

burada R_1, R_{-1}, R_2 - əsasən temperaturdan və tətbiq olunan təzyiqdən asılı olan və tərkibində şixtənin ümumiləşdirilmiş reoloji parametrləri olan fenomenoloji əmsallardır.

Aşağıdakı qeydləri etmək zəruridir. $\tau = \tau(p)$ növ sonlu model asılılıqlarında, bir qayda olaraq müzakirə predmeti olan fenomenoloji əmsallardır [2; s.131, 3; s.249].

Bu halda bəzi müəlliflər, mövcud modelləri yaxşılaşdıraraq çalışırlar bu əmsalların sayını minimuma çatdırsınlar və ya onları nəzəri çıxarışını yazsınlar [6; s.217]. Məsələnin həllinə belə yanaşma, bizim fikrimizcə, mübahisəlidir, çünki mövcud modellər prosesə təsir edən çoxlu amillərə nəzarət etmir, aydındır ki, modelin aydın görünüşü eksperimental təyin olunur. Başqa sözlə, son model tənliklərində göstərilən əmsalların iştirakı zəruridir [7].

(6)-nın şərtini nəzərə alaraq (9) belə yazaq

$$\frac{d\tau}{dt^*} = -\tau^2 + \alpha\tau + \beta, \quad (10)$$

burada $t^* = (R_1 + R_{-1})t$; $\alpha = (R_1 - R_2)/(R_1 + R_{-1})$; $\beta = R_2/(R_1 + R_{-1})$.

(10) diferensial tənliyinin həlli aşağıdakı şəkil alır.

$$\tau(t^*) = \frac{S_1 - S_2 \frac{\tau_0 - S_1}{\tau_0 - S_2} \exp\{-(S_1 - S_2)t^*\}}{1 - \frac{\tau_0 - S_1}{\tau_0 - S_2} \exp\{-(S_1 - S_2)t^*\}}, \quad (11)$$

burada $\tau_0 = \tau(t^* = 0)$.

(11) ifadəsilə yazılan əyrilərin ümumi görünüşü eksperimental kinetik asılılıqlara oxşardır [8].

Modelin qurulmasına əsaslanaraq analogi metal ovuntuların soyuq preslənməsi prosesini yazaq. Bu halda sıxlaşmanın termiki mexanizmi nəzərə alınmır, ($R_2 = 0$) və (9) tənliyi aşağıdakı şəkil alır.

$$\frac{d\tau}{dt} = R, \tau\theta - R_{-1}\tau^2, \quad (12)$$

və ya (6)-nı nəzərə alaraq

$$\frac{d\tau}{dt} = -(R_1 + R_{-1})\tau^2 + R_1\tau. \quad (13)$$

Sabit temperatur halında (13) ifadəsinin sol tərəfi $\frac{d\tau}{dt} = \frac{d\tau}{dp} \frac{dp}{dt} = \frac{d\tau}{dp} P$ şəklini alır və aşağıdakı tənliyə çevrilə bilər:

$$\frac{d\tau}{dp} = B\tau(1 - b\tau), \quad (14)$$

burada $B \equiv \frac{R_1}{P}$; $b \equiv 1 + \frac{R_{-1}}{R_1}$. Hal tənliyini (14)-ü inteqrallaşdırma nəticəsində alırıq

$$BP + const = \ln \frac{\tau}{1 - b\tau}, \quad (15)$$

burada

$$const \equiv \ln \frac{\tau_0}{1 - b\tau_0}; \tau_0 \equiv \tau(p = 0).$$

(15) hal tənliyi Şapiro-Koltqraft və Konopitski tənliklərindən yalnız az əhəmiyyətli fərqlənir, onlar asanlıqla aşağıdakı formaya gətirilir [9; s.362]:

$$KP + const = \ln \frac{1}{1 - \tau}, \quad (16)$$

bu Kunin-Yurçenko empirik asılılığına izomorf hal uyğundur. (16)- da K əmsalı axıcılıq həddindən asılıdır [10]. Tərəfimizdən çıxarılmış hal tənliyində B -yə uyğun əmsal yükləmə sürətindən asılıdır, buna, [6; s.221]-dakı eksperimental məlumatlar uyğundur. Lakin müxtəlif sabit temperaturalarda proseslərin yazılma halına uyğun modelin identifikasiyasında göstərilən əmsalların əlavə fenomenoloji təhlili zəruridir. Sadə halda fərz etmək olar ki, $R_1 \sim T^*$ və $R_1 \sim \frac{1}{\dot{\theta}^*}$, burada T^* - gətirilmiş temperaturdur. Bu halda (12) tənliyi aşağıdakı şəkil alır

$$\frac{d\tau}{dp} = \frac{\alpha T^*}{P} \tau \left\{ 1 - \left(1 - \frac{\beta}{T^{*2}} \tau \right) \right\}, \quad (17)$$

burada α və β - şixtənin eksperimental təyidlə axtarılan ümumiləşdirilmiş realoji parametrləridir.

Beləliklə, təklif olunan fenomenoloji model struktur dayanıqlıdır, real prosesin adekvat yazılışını reallaşdırmağa imkan verir. Soyuq presləmə prosesinin baxılma halında Şapiro- Koltqraft və Kunin-Yurçenko empirik tənliklərinə izomorf hal tənliyi almağa imkan verir, bu tənliklər nəzərə-tedicidir, ancaq prosesin ilkin parametrlərini nəzərə almırlar. Tərəfimizdən təklif olunan model isə ovuntu materiallarının presləmə texnoloji prosesinin kompleks tədqiqi və modelləşdirilməsində istifadə üçün nəzərdə tutulur.

Nəticə. Kipləndiricilərin alınması üçün ovuntu şixtəsinin soyuq presləmə prosesinin fenomenoloji modeli təklif olunmuşdur. Bu model göstərir ki, metallik ovuntuların preslənmə texnoloji prosesinin adekvat modelləşdirilməsi üçün xarici və daxili termodinamiki parametrlərin genişlənməmiş sistemindən istifadə etmək lazımdır [7,8].

Belə sistemlərə minimum nisbi sıxlıq, vaxt, temperatur, xarici təzyiq və yükləmə sürəti, habelə ovuntu zərrəciklərinin fiziki-kimyəvi xassələrini və onların formasını səciyyələndirən ümumiləşdirilmiş real parametrlərin toplusu aiddir. Model soyuq presləmə halında Şapiro-Koltqraft və Kunin-Yurçenko empirik tənliklərinə izomorf hal tənliyi almağa imkan verir.

ƏDƏBİYYAT

- Hewitt R.L., Wallace W., de Matherbe M. S. The effects of strain- hardening in powder compaction. - Powder Metallurgy, 2003, 16, №31, p. 88-166.
- Бальшин М.Ю. Научные основы порошковой металлургии и металлургии волокна- М.:Книга по Требованию, 2021. 336 с.
- Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. М.: Мир, 1988, Т.1, 405с.
- Ковальченко М.С. теоретические основы горячей обработки пористых материалов давлением. – Киев: Наукова думка, 1990. 240 с.
- Генералов М.Б., Степанова А.Р. К вопросу о влиянии скорости деформирования на параметры прессования порошкообразных материалов. В кн.: Химическое машиностроение, 1986, вып.5, с. 22-25.
- Федорченко И.М., Андриевский Р.А. Основы порошковой металлургии. Киев: Изд-во АН УССР, 1983, 420 с.
- Mamedov A.T., Mamedov V. A. Phenomenological approach to the plastic deformation of metallic powders in Confined cavity. АМЕА-nın xəbərləri, Elm və innovasiya seriyası, 2012, №1 (9), s.67-72.
- Məmmədov A.T., Rüstəmov S.M. Dəmir əsaslı məsaməli cisimlərin plastiklik hipotezinin eksperimental yoxlanması // Azərbaycan Milli Aviasiya Akademiyasının Elmi məcmuələri, 2016, cild 18, №4, s.72-79.
- Рахманов С.Р., Мамедов А.Т., Беспалько В.Н., Тополов В.Л., Азимов А.А. Машиностроительные материалы (Справочные данные, термины и определения), Днепропетровск – Баку, «Сабах» 2017, 410с.
- Mamedov A.T., Ismailov N.Sh., Jafarova V.N. Ladle Treatment of Structural steel: Physical Modeling // Russian Engineering Research, 2022.p.1228-1233.

PHENOMENOLOGICAL MODEL OF THE PROCESS OF PRESSING POWDER CHARGE**A.A.Jafarova***Azerbaijan Technical University*

Abstract. A phenomenological model of the powder charge pressing process in the manufacture of sealants from iron-cast iron compositions is proposed. The phenomenological model makes it possible to use an extended system of external and internal thermodynamic parameters when pressing a powder mixture. The proposed phenomenological model allows us to consider known empirical formulas as an isomorphic equation of state for cold pressing. Such equations make it possible to control the pressing processes. In an elastic-plastic medium, relative density, time, temperature, external pressure, loading speed, physical and chemical properties of powder particles and their morphology belong to the main groups of parameters.

The developed model for pressing metal powders is structurally stable and fully takes into account the processes occurring during the formation of powder products of complex shape with different transitions. The proposed model is described using a variety of parameters such as relative density, pressing time, temperature, external pressure and loading rate, physicochemical properties, and powder particle shapes.

Keywords: powder metallurgy, pressing speed, relative density, phenomenological model, press form.

ФЕНОМЕНОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ПРЕССОВАНИЯ ПОРОШКОВОЙ ШИХТЫ**А.А.Джафарова***Азербайджанский технический университет*

Резюме. Предложена феноменологическая модель процесса прессования порошковой шихты при изготовлении уплотнителей из железочугунных композиций. Феноменологическая модель позволяет использовать расширенную систему наружных и внутренних термодинамических параметров при прессовании порошковой шихты. Предложенная феноменологическая модель позволяет рассматривать известные эмпирические формулы как изоморфное уравнение состояния при холодном прессовании. Такие уравнения позволяют контролировать процессы прессования. В упруго-пластичной среде относительная плотность, время, температура, наружное давление, скорость нагрузки, физико-химические свойства порошковых частиц и их морфологии относятся к основным группам параметров.

Разработанная модель для прессования металлических порошков структурно устойчива и полностью учитывает процессы, происходящие при формовании порошковых изделий сложной формы, имеющих различные переходы. Предложенная модель описана с использованием множества параметров, таких как относительная плотность, время прессования, температура, внешнее давление и скорость нагружения, физико-химические свойства и формы порошковых частиц.

Ключевые слова: порошковая металлургия, скорость прессования, относительная плотность, феноменологическая модель, плотность, пресс-форма.

Daxil olub: 31.10.2022