

Ս.Գ. ԱՂԲԱԼՅԱՆ, Վ.Ա. ԲԱՂԴԱՍԱՐՅԱՆ, Գ.Ա. ՎԱՍԻԼՅԱՆ,
Ս.Ա. ՀԱՐՈՒԹՅՈՒՆՅԱՆ

**ՏԱՔ ԱՐՏԱՄՂՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ ՁՈՒԼՎԱԾ ԱԼՅՈՒՄԻՆԱՅԻՆ
ՀԱՄԱՁՈՒԼՎԱԾՔՆԵՐԻ ԴԵՖՈՐՄԱՑԻԱՆ ԼԱՐՎԱԾՍՅՈՒՆ ՎԻՃԱԿԻ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ ԵՎ ԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՈՒ ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ
ՁԵՎԱՎՈՐՄԱՆ ՕՐԻՆԱԶՄՓՈԽՅՈՒՆԵՐԸ**

Ուսումնասիրվել է ձուլված ալյումինային համաձուլվածքների տաք արտամղման դեֆորմացիան լարվածային վիճակը և կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման ընթացքը: Բացահայտվել է, որ արտամղման ժամանակ մետաղի օղակաձև շերտերը ենթարկվում են ոչ միայն առանցքային և լայնական, այլ նաև սահքի դեֆորմացիայի: Վերջինս ներքին շերտերից դեպի մակերևութային շերտեր աճում է: Աճում են նաև երկարացման հիմնական լարումները և սահքի դեֆորմացիաների գումարը: Ցույց է տրված, որ մամլման մասի ելքի մոտ երկարացման գլխավոր լարումների ուղղությունները տարբեր են, դրանք կազմում են մամլման առանցքի հետ որոշակի անկյուն, որը նույնպես աճում է դեպի մակերևույթ: Արդյունքում բացահայտվել է, որ գլխավոր շառավղային և շրջանագծային դեֆորմացիաները հանդիսանում են արգելակող դեֆորմացիաներ:

Առանցքային բառեր. ձուլում, ալյումինային համաձուլվածք, տաք արտամղում, սահքի դեֆորմացիա, լարում, մամլմայր, ճնշում:

Ներածություն: Բարձր տեսակարար ամրությամբ, հրամրությամբ, պլաստիկությամբ և այլ արժեքավոր հատկություններով օժտված նոր նյութերի ստեղծման բնագավառում մեծ հետաքրքրություն են ներկայացնում մետաղական հիմքով կոմպոզիտային նյութերը, ինչպիսիք են, օրինակ, դիսպերս մասնիկներով կարծրացող և դիսպերս հատիկներով ամրացվող նյութերը, որոնցից առաջինում դիսպերս մասնիկների չափերը տատանվում են 0,01 մկմ-ից մինչև 0,1 մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ 1-ից 15 ծավ. %, մինչդեռ երկրորդում դիսպերս հատիկների չափերը գերազանցում են 1,0 մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ ~25 ծավ. %: Կոմպոզիտային նյութերի այլ օրինակ են հանդիսանում երկմետաղական և շերտավոր նյութերը: Սակայն հատկությունների բազմազանության տեսանկյունից առավել հեռանկարային են մետաղական թելքերով ամրանալորված կոմպոզիտային նյութերը, որոնց մեջ մետաղական թելքերի տրամագիծը տատանվում է մեկ մկմ-ի մասերից մինչև մի քանի տասնյակ և հարյուր մկմ, իսկ ծավալային պարունակությունը՝ մի քանի %-ից մինչև 70 ծավ. % և ավելի:

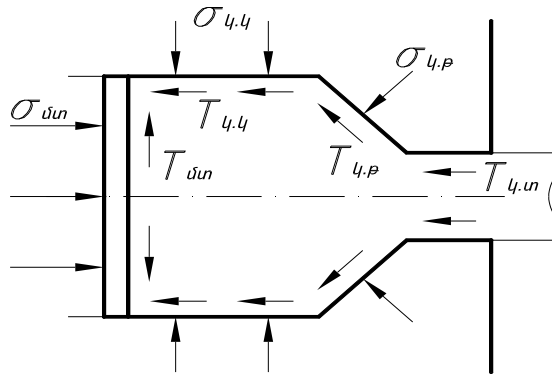
Վերջին տարիներին արդյունաբերության տարբեր բնագավառներում լայն կիրառություն են ստացել հատկապես ալյումինի հիմքով բարձրամուր համաձուլվածքները և կոմպոզիտային նյութերը, որոնց ստացումը նպատակահարմար է իրականացնել ձուլման տեխնոլոգիաներով: Խնդիրն այն է, որ ալյումինային փոշին բավականին օքսիդացած է, ինչը խոչընդոտում է լեգիրող տարրերի հետ մետաղական կոնտակտի և հետևաբար՝ համասեռ համաձուլվածքի ստացմանը, որի հետևանքով խիստ դժվարանում է անհրաժեշտ մեխանիկական հատկությունների ապահովումը: Բացի նշվածից, ալյումինային փոշին բավական թանկ է: Ձուլման եղանակով ստացված համաձուլվածքներում նշված թերություններն իսպառ վերանում են: Մյուս կողմից՝ ձուլման արատների վերացման և մանրահատիկ կառուցվածք ստանալու նպատակով, որոնք ապահովում են բարձր մեխանիկական հատկությունների ստացում, ժամանակակից տեխնիկայում մեծ կիրառություն են գտել ճնշմամբ մշակման տեխնոլոգիաները, այդ թվում՝ տաք արտամղումը:

Ելնելով վերոհիշյալից՝ աշխատանքի նպատակն է հետազոտել ձուլված ալյումինային համաձուլվածքների տաք արտամղման դեֆորմացման լարվածային վիճակը և ուսումնասիրել կառուցվածքի ու հատկությունների ձևավորման գործընթացը, ինչը հանդիսանում է խիստ արդիական և հեռանկարային խնդիր:

Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը: Մետաղների դեֆորմացման գործընթացի հետազոտման համար կիրառվում են բազմազան փորձնական և առանձին դեպքերում՝ վերլուծական հետազոտություններ: Այս եղանակները հնարավորություն են տալիս սահմանել արտամղվող մետաղի ծավալի տարրական մասնիկների փոխադարձ տեղափոխությունները, այդ տեղափոխությունները որոշող որակական և քանակական կախվածությունները և, հետևաբար, նաև արտամղվող մետաղի դեֆորմացման լարվածային վիճակը [1-5]: Փորձերը կատարվել են $\Phi 25$ մմ և $h=45$ մմ չափսերով A5E+(5,7...6,5)%Cu բաղադրությամբ ալյումինային համաձուլվածքից ձուլված գլանական և կիսագլանական նմուշների վրա:

Հետազոտության արդյունքները: Ուղիղ արտահոսքով մամլման ժամանակ մետաղի վրա ազդող արտաքին ուժերի և դրանց առաջացրած լարումների սխեման պատկերված է նկ. 1-ում [3]:

Արտամղվող մետաղի վրա մամլամատից ազդող ուժերը և լարումները ($\sigma_{մտ}$) հանդես են գալիս որպես առաջնային ակտիվ, իսկ կոնտեյների կողային և թեք մակերևույթներից ազդող ուժերը և լարումները ($\sigma_{կ,կ}$, $\sigma_{կ,թ}$), ինչպես նաև կոնտեյների և մամլամատի վրա առաջացած շփման ուժերը ($T_{կ,տ}$, $T_{կ,թ}$, $T_{կ,կ}$, $T_{մտ}$)՝ որպես երկրորդային ակտիվ ուժեր և լարումներ: Կոնտեյների վրա արտամղվող մետաղից ազդող ուժերը և լարումները հանդիսանում են ռեակտիվ ուժեր:



Նկ. 1. Ուղիղ արտահոսքով մամլման ժամանակ մետաղի վրա ազդող արտաքին ուժերի և նրանց առաջացրած լարումների սխեման (ուժերը ցույց են տրված նույն սլաքով)

Արտամղման ընթացքում այս բոլոր ուժերը և լարումները փոփոխվում են՝ կախված գործընթացի սկզբնական, ինչպես նաև հաջորդող փուլերում արագության և դեֆորմացման պայմաններից, մետաղի ֆիզիկական վիճակի և կոնտեյնների հետ մետաղի հպման մակերևույթի փոփոխություններից: Հատկապես զգալի փոփոխություն դիտվում է արտամղման գործընթացի վերջնական փուլում [1, 6, 7]:

Ըստ ուժային և դեֆորմացման պայմանների՝ արտամղման գործընթացը կարելի է բաժանել 3 հիմնական փուլերի [8]:

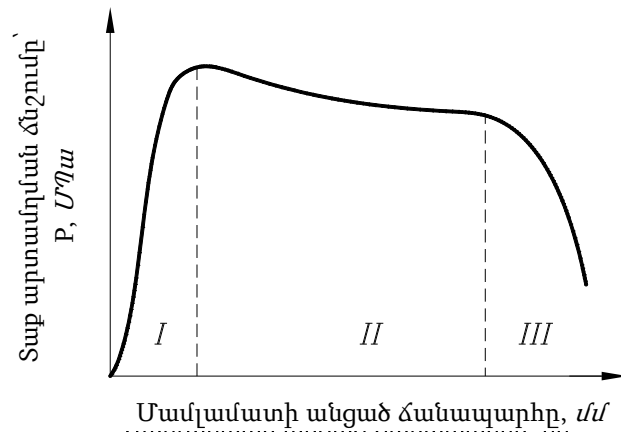
I փուլ - գործընթացի սկզբնական փուլն է, որի ընթացքում տեղի է ունենում արտամղվող նախապատրաստվածքի նստեցում,

II փուլ - գործընթացի հիմնական փուլն է, որը բնութագրվում է մետաղի կայունացած հոսքով,

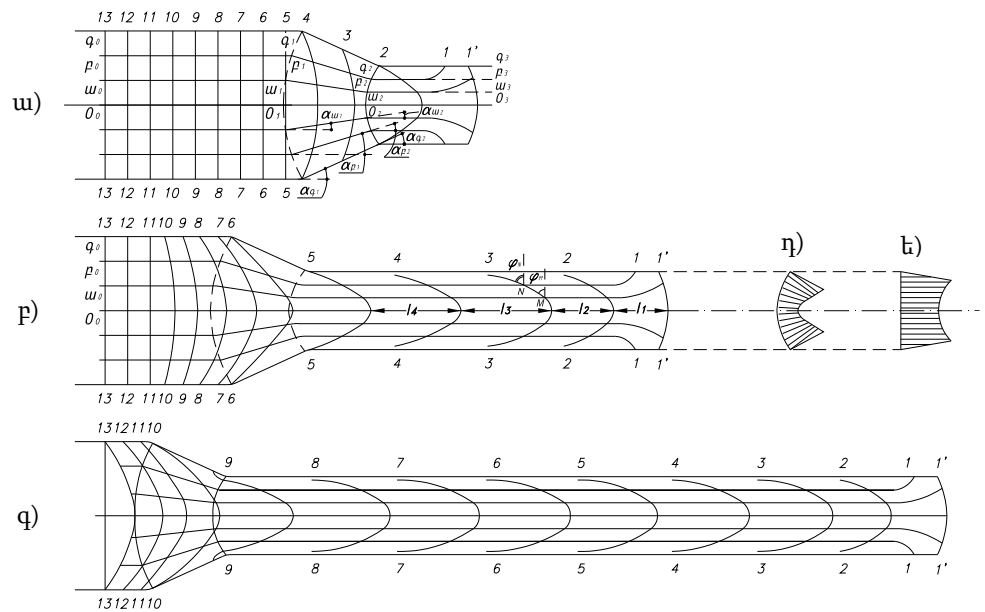
III փուլ - գործընթացի վերջնական փուլն է, որի ժամանակ մետաղի կայունացված հոսքը խախտվում է, և արտամղման գործընթացն ավարտվում է:

Փուլերից յուրաքանչյուրին բնորոշ են ուժային պայմաններ, որոնք որոշվում են հիմնականում ինդիկատորային դիագրամի (արտամղման լրիվ ճնշում – մամլամատի անցած ճանապարհ) միջոցով (նկ. 2) [3]:

Արտամղվող մետաղի դեֆորմացման վիճակը բնութագրվել է կոորդինատային ցանցի սխեմայի փոփոխմամբ՝ համապատասխանաբար գործընթացի սկզբում, մեջտեղում և ավարտին: Արտամղվող մետաղի կոորդինատային ցանցի և դեֆորմացման վիճակի ընդհանուր սխեման բերված է նկ. 3-ում:



Նկ. 2. Ուղիղ արտահոսքով մամլման ժամանակ մամլամատի վրա ազդող գումարային ճնշման փոփոխությունը տարբեր փուլերում (I, II, III)



Նկ. 3. Մամլվող մետաղի կորորդինատային ցանցի և լարվածային վիճակի ընդհանուր սխեման. ա- գործընթացի սկզբին, բ- գործընթացի հիմնական փուլում, գ- գործընթացի վերջնական փուլում, դ- գլխավոր դեֆորմացիաների էպյուրը պլաստիկ գոտու սեղմող մասի ելքի մոտ, ե- գլխավոր երկարացնող դեֆորմացիաների էպյուրը նմուշի տրամագծով

Սխեման կազմվել է միայն արտամղման բարենպաստ պայմաններում կատարված փորձերի հիման վրա: Այն հնարավորություն է տալիս սահմանել միանցուղի կոնական մայրակով արտամղման ժամանակ դեֆորմացիայի բնույթը բնորոշող հետևյալ հիմնական դրույթները.

1. Արտամղումից հետո սկզբնական կոորդինատային ցանցի բոլոր երկայնական ուղիղ գծերը, բացառությամբ առջևի մասի, մնացել են ուղիղ, սակայն ծովել են մայրակի մամլման մասի մուտքի և ելքի մասում:

2. Ծովածքները փոխադարձ հակուղղված են, ինչպես, օրինակ՝ α_{q1} և α_{q2} անկյունները, որը վկայում է դեֆորմացիայի ոչ մոնոտոնության մասին:

3. Անկյուններ $\alpha_{q1} > \alpha_{p1} > \alpha_{w1}$ և $\alpha_{q2} > \alpha_{p2} > \alpha_{w2}$, ինչը վկայում է մակերևութից դեպի կենտրոն դեֆորմացիայի ոչ մոնոտոնության նվազման մասին:

4. Երկայնական ուղիղները ծովել են մայրակը սեղմող մասի մուտքի մոտ՝ q_1 , p_1 , w_1 և ելքի՝ q_2 , p_2 , w_2 կետերում: Դա ցույց է տալիս, որ արտամղվող մետաղի պլաստիկ գոտու մամլվող մասի ճակատային մակերևույթները ներկայացնում են սահուն ասիմետրիկ մակերևույթներ, որոնց ուռուցիկությունն ուղղված է արտամղմանը հակառակ:

5. Պլաստիկ գոտու մամլվող մասից որոշակի հեռավորության վրա կոորդինատային ցանցի երկայնական գծերը թեքվել են նախապատրաստվածքի առանցքի ուղղությամբ՝ առաջացնելով արտաքին շերտերի հաստացումներ և ներքին շերտերի նեղացումներ:

6. Նախապատրաստվածքում սկզբնական կոորդինատային ցանցի բոլոր լայնական գծերը սիմետրիկ թեքվել են ուռուցիկ մասով արտամղվող մետաղի հոսքի ուղղությամբ: Դա վկայում է, որ արտամղվող մետաղում ներքին շերտերը շարժվել են մակերևութային շերտերից արագ:

7. Արտամղման ավանդական պայմաններում արտամղվող մետաղում կոորդինատային ցանցի լայնական գծերը, բացառությամբ նախապատրաստվածքի ճակատային մասերին հարող գծերի, ստացել են պարաբոլի տեսք՝ $Y^2 = 2px$: Այս պարաբոլների p պարամետրը կախված է նախապատրաստվածքի ճակատային մասից ունեցած կորերի հեռավորությունից:

8. Առջևի ճակատին հարող լայնական գծերը (տվյալ դեպքում՝ մեկը) արտամղումից հետո ընդունում են $1 - 1' - 1' - 1$ բեկյալի տեսք, ինչը ցույց է տալիս, որ մինչ դեֆորմացիան ուղիղ գծի ծայրերը տեղափոխվել են կողային մակերևույթ, և որ մամլվածքի ճակատային մակերևույթի մի մասն անցել է նրա կողային մակերևույթի վրա:

9. Լայնական գծերի ճկվածքի աղեղը մեծացել է մետաղի հոսքին հակառակ ուղղությամբ:

10. Ընդհանուր դեպքերում, մետաղի հոսքի հակառակ ուղղությամբ դիտվում է նաև լայնական գծերի հեռավորության չնչին աճ:

11. Լայնական գծերի թեքվածքների ձևը ցույց է տալիս, որ արտամղման ժամանակ արտամղվող մետաղի օղակաձև շերտերը ենթարկվում են ոչ միայն առանցքային և լայնական, այլ նաև սահքի դեֆորմացիայի: Վերջինս ներքին

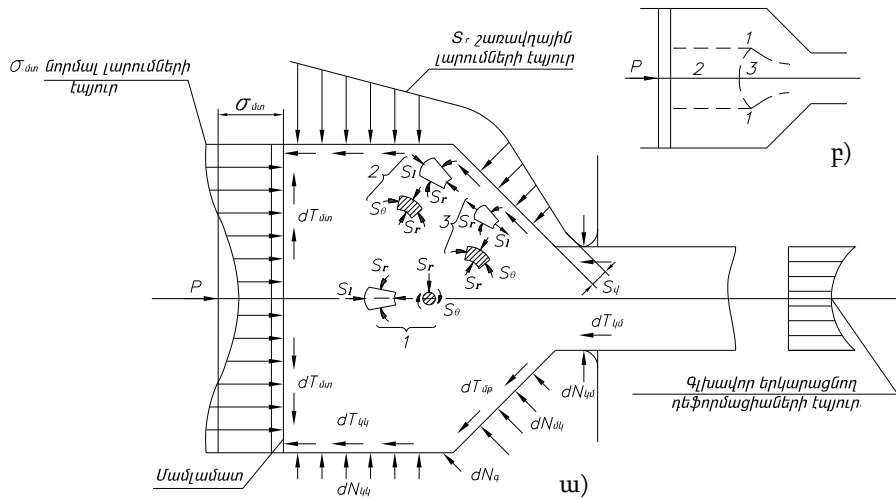
շերտերից դեպի մակերևութային շերտեր աճում է: Դա ապացուցվում է $\gamma_N > \gamma_M$ անկյունների անհավասարությամբ, որոնք բնութագրում են N և M կետերում սահքի դեֆորմացիաները:

12. Դեպի մակերևույթ սահքի դեֆորմացիայի աճը ցույց է տալիս, որ երկարացման լարումները, որոնք հանդիսանում են հիմնական և սահքի դեֆորմացիաների գումար, նույնպես աճում են դեպի մակերևույթ:

13. Մամլման մասի ելքի մոտ երկարացման գլխավոր լարումների ուղղությունները տարբեր են. դրանք մամլման առանցքի հետ կազմում են որոշակի անկյուն, որը նույնպես աճում է մակերևութի ուղղությամբ:

14. Դիտարկված սխեմատիկ փոփոխություններից հետևում է, որ նմուշի ամբողջ ծավալում գլխավոր շառավղային և շրջանագծային դեֆորմացիաները հանդիսանում են որպես կարճացման դեֆորմացիաներ:

Մամլվող մետաղի վրա ազդող ուժերի սխեման բերված է նկ. 4-ում [1, 9]: Եթե արտամղվող մետաղը մտովի բաժանենք անսահման փոքր պատի հաստություն ունեցող երկայնական օղակաձև (խողովակաձև) շերտերի և անտեսենք գործիքի հետ արտաքին շփման ազդեցությունը, ինչպես նաև շերտերի միջև ներքին շփումը, ապա նման բազմաշերտ օբյեկտի տաք արտամղման ժամանակ յուրաքանչյուր շերտ կգտնվի բազմակողմանի անհավասարաչափ սեղմման տակ: Դա նշանակում է, որ երկարացնող դեֆորմացիաները հիմնականում կլինեն պասսիվ: Արտամղման սովորական պայմաններում, երբ դեֆորմացման դիմադրությունը ամբողջ ծավալում գրեթե նույնն է, արտամղվող մետաղում ներքին շերտերը շարժվում են մակերևութային շերտերից արագ: Արդյունքում առաջանում են լրացուցիչ լարումներ՝ մակերևութային շերտերում ձգող, քանի որ յուրաքանչյուր ներքին շերտ, շարժվելով ավելի արագ հարևան շերտի նկատմամբ, տանում է նրան իր հետևից, իսկ ներքին շերտում՝ սեղմող, քանի որ յուրաքանչյուր մակերևութային շերտ խոչընդոտում է հարևան ներքին շերտի շարժմանը: Արդյունքում, ձգտելով լարումների հավասարեցման, առաջանում է արտաքին շերտերի գոտի, որը գտնվում է լրացուցիչ երկայնական ձգող լարումների ազդեցության տակ, որոնք փոքրանում են մակերևութից դեպի առանցք ուղղությամբ, և ներքին շերտերի գոտի, որը գտնվում է լրացուցիչ երկայնական սեղմող լարումների ազդեցության տակ, որոնք մեծանում են դեպի առանցք ուղղությամբ:



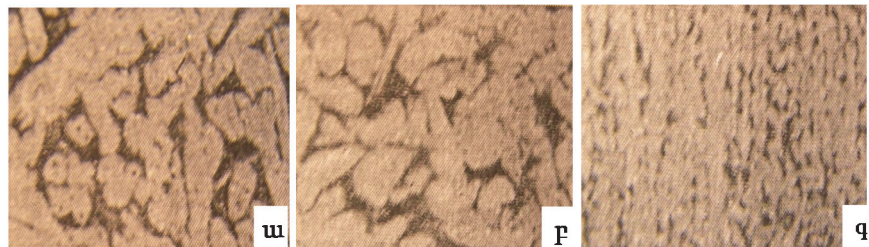
Նկ. 4. Տաք արտամղման ժամանակ արտամղվող մետաղի վրա ազդող ուժերի սխեման, դեֆորմացիաների էպյուրը և լարվածային վիճակի տեսակները՝ ա – գործընթացի իրականացում սովորական պայմաններում; բ – գործընթացի իրականացում մետաղի մակերևութային շերտում ամրային հատկությունների կտրուկ փոքրացման պայմաններում:
 P – մամլամատից մանվող մետաղի վրա ազդող լրիվ ձևշումը, $dT_{\alpha\alpha}$, $dT_{\alpha\beta}$, $dT_{\alpha\gamma}$ – շփման տարրական ուժերի մեծությունները՝ համապատասխանաբար մամլամատի, կոնտեյնների կողային, մայրակի թեք և կալիբրող մակերևույթների վրա, $dN_{\alpha\alpha}$, $dN_{\alpha\beta}$, $dN_{\alpha\gamma}$ – կոնտեյնների կողային, մայրակի թեք և կալիբրող մակերևույթների վրա նորմալի ուղղությամբ ազդող տարրական ուժերի մեծությունները, dN_α – տարրական ուժի լրիվ մեծությունը, որը հանդիսանում է $dN_{\alpha\alpha}$ և $dT_{\alpha\alpha}$ ուժերի գումարը; S_α , S_r , S_θ – ընդերկայնական, շառավղային և շրջանային գլխավոր նորմալ լարումները մայրակի սեղմող տեղամասում, $\sigma_{\alpha\alpha}$ – մամլամատի մակերևույթի որևէ կետում նորմալ լարումը, 1, 2, 3 – տարբեր լարվածային վիճակում գտնվող գոտիները

Ներքին շերտերի գոտում (նկ. 4 ա, գոտի 1) լրացուցիչ սեղմող լարումները, վերադրվելով հիմնական սեղմող լարումների վրա, չեն փոխում մետաղի լարվածային վիճակը. այն մնում է նույնը, ինչ որ հիմնական տեսքը, այսինքն՝ բազմակողմանի անհավասարչափ սեղմված:

Արտաքին շերտերի գոտում (նկ. 4 ա, գոտի 2 և 3) ձգման լրացուցիչ լարումները, վերադրվելով հիմնական սեղմող երկայնական լարումների վրա, փոքրացնում են դրանք, իսկ որոշ պայմանների դեպքում, գերազանցելով դրանց, փոխում են մետաղի լարվածային վիճակի տեսքը և բազմակողմանի անհավասարչափ սեղմումը ձևափոխում երկկողմանի (լայնական) սեղմման և երկայնական ձգման: Տարանուն լարումներով գոտին (գոտի 3) գտնվում է պլաստիկ գոտու մամլման տեղամասի ելքի մոտ, որտեղ դեպի ելք ուղղությամբ հիմնական լարումները փոքրանում են, իսկ լրացուցիչները՝ աճում:

Գործընթացի այն պայմաններում, երբ արտաքին շերտի դեֆորմացման դիմադրությունները, համեմատած ներքինների հետ, շատ փոքր են, արտաքին շերտերը շարժվում են ավելի արագ, քան ներքին շերտերը: Արդյունքում առաջանում են լրացուցիչ լարումներ՝ ներքին շերտում ձգող, քանի որ յուրաքանչյուր արտաքին շերտ, շարժվելով արագ հարևան ներքին շերտի նկատմամբ, տանում է նրան իր հետևից, իսկ արտաքին շերտում՝ սեղմող, քանի որ յուրաքանչյուր ներքին շերտ, շարժվելով դանդաղ հարևան արտաքին շերտերի նկատմամբ, արգելակում է նրան: Այսպիսով, պլաստիկ գոտու մամլող մասում առաջանում են դեպի մակերևույթ փոքրացող լրացուցիչ երկայնական ձգող լարումներով ներքին շերտերի և դեպի առանցք փոքրացող լրացուցիչ սեղմող երկայնական լարումներով գոտիներ: Այդ լրացուցիչ լարումները, վերադարձվելով հիմնականների վրա, առաջացնում են բազմակողմանի անհավասարաչափ սեղմմամբ արտաքին շերտերի գոտիներ (գոտի 1, նկ. 4 բ), բազմակողմանի անհավասարաչափ սեղմմամբ ներքին շերտերի գոտիներ (գոտի 2, նկ. 4 բ) և, հնարավոր է, լայնական սեղմմամբ և երկայնական ձգմամբ ներքին շերտերի գոտի (գոտի 3, նկ. 4 բ):

Տաք արտամղման ժամանակ համալձուլվածքների կառուցվածքային բնութագրերն են հատիկի չափը, ձևը և կառուցվածքային անհամասեռության աստիճանը: Մամլվածքի կառուցվածքը բնութագրվում է մեծ անհամասեռությամբ, որի հիմնական պատճառը դեֆորմացիայի անհամասեռությունն է: Կառուցվածքային անհամասեռության պատճառ են հանդիսանում նաև ջերմաստիճանային պայմանների փոփոխությունը, մամլման և դրանից հետո սառեցման ժամանակ մետաղում ընթացող կառուցվածքային փոփոխությունները [1, 10]: Ընդհանուր առմամբ, մամլվածքում անհամասեռությունն արտահայտվում է նրա լայնական և երկայնական հատույթներում հատիկի չափերի անհամաչափությամբ: Կախված դեֆորմացման վիճակից՝ մամլվածքում հատիկի չափը կենտրոնական շերտերից դեպի արտաքին մակերևույթ և առջևից հետին մաս փոքրանում է: Նկ. 5 և 6-ում պատկերված միկրոկառուցվածքներում հատիկի չափերի այդ տարբերությունները տեսանելի են:

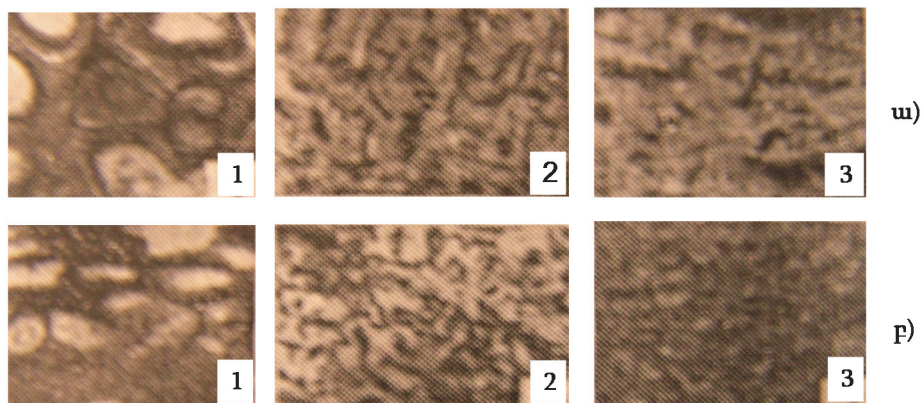


Նկ. 5. Դյուրալյումինային լարի ներքին շերտերի միկրոկառուցվածքը (x100).

ա – առջևի ծայր, բ – մեջտեղ, գ – հետևի ծայր

Հատիկի չափերի անհամաչափությունը մխումից հետո էլ ավելի է զարգանում, քանի որ տաքացման ժամանակ մեծ դեֆորմացիաներով գոտիներում տեղի է ունենում ինտենսիվ վերաբյուրեղացում, որի հետևանքով առաջանում է խոշորահատիկ կառուցվածքով եզրաշերտ: Վերջինս աճում է մամլվածքի առջևից դեպի ետև: Այսպիսի եզրաշերտի առաջացումը և նրա հաստության փոփոխության բնույթը մեկ անգամ ևս ապացուցում են կառուցվածքային անհամասեռության փաստը [1, 11]:

Քսուքով մամլման դեպքում խոշորահատիկ եզրաշերտ կամ ընդհանրապես չի առաջանում, կամ ունենում է փոքր հաստություն [1]:

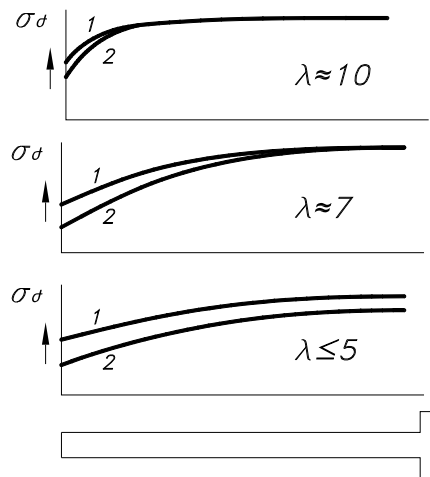


Նկ. 6. Առանց քսուքի մամլված դյուրալյումինային լարի տարբեր տեղամասերի միկրոկառուցվածքը ($\times 250$). ա – լարի մակերևույթ, բ – լարի կենտրոն.
1 – առջևի ծայր, 2 – մեջտեղի մաս, 3 – մամլամնացորդի մոտ

Մամլվածքի կառուցվածքը բնութագրող պայմանական հայտանիշ է հատիկի միջին չափը, որը կախված է մամլման պայմաններից: Դեֆորմացիայի մեծացմանը զուգընթաց հատիկի միջին չափը նվազում է, իսկ մամլման ջերմաստիճանի բարձրացմանը զուգընթաց՝ աճում:

Մամլվածքներում հաճախ դիտվում է առանցքին զուգահեռ արտահայտված շերտավորվածություն: Նման կառուցվածքի առկայության դեպքում խզված մամլվածքի լայնական կտրվածքն ունի աստիճանական մակերևույթ, որը վկայում է մամլվածքի առանցքին զուգահեռ մակերևույթների թուլացված մասերի առկայության մասին: Մամլվածքում առկա դեֆորմացման և կառուցվածքային անհամասեռությունն ազդում է նրա մեխանիկական հատկությունների վրա: Ուղիղ արտահոսքով մամլման դեպքում մամլվածքի ամրության սահմանն աճում է կենտրոնական շերտից դեպի մակերևույթ և առջևի ծայրից դեպի մամլամնացորդ: Որոշ դեպքերում նման կերպով, բայց հակառակ ուղղությամբ փոխվում է հարաբերական երկարացումը:

Արտամղման գործակցի ոչ մեծ արժեքների դեպքում մամլվածքի կենտրոնական և մակերևութային շերտերում մեխանիկական հատկությունների տարբերությունը մեծանում է: Արտամղման մեծ գործակիցների դեպքում այդ տարբերությունը կտրուկ նվազում է և հաճախ իսպառ վերանում: Դա պայմանավորված է մետաղների և համաձուլվածքների մեծ արտամղման գործակիցների դեպքում մեխանիկական հատկությունների անհամաչափության ինտենսիվության փոքրացմամբ: $\lambda=10$ և ավելի մեծ արժեքների դեպքում մամլվածքում մեխանիկական հատկությունները, բացառությամբ առջևի ծայրի ոչ մեծ տեղմասում, գործնականում հավասարվում են: Նկ. 7-ում բերված գրաֆիկում պատկերված է մամլվածքի կենտրոնական և ներքին շերտերում ամրության սահմանի փոփոխության և արտամղման գործակցի կապը [1]:



Նկ. 7. Մամլվածքի մակերևութային (1) և ներքին (2) շերտերում ամրության սահմանի փոփոխության կախվածությունը արտամղման գործակցից

Եզրակացություն: Տաք արտամղման գործընթացի հետազոտման արդյունքում բացահայտվել է, որ ներքին շերտերի գոտում լրացուցիչ սեղմող լարումները, վերադրվելով հիմնական սեղմող լարումների վրա, չեն փոխում մետաղի լարվածային վիճակը. այն մնում է նույնը, այսինքն՝ բոլոր կողմերից անհավասարաչափ սեղմված: Արտաքին շերտերի գոտում ձգման լրացուցիչ լարումները, վերադրվելով հիմնական սեղմող երկայնական լարումների վրա, փոքրացնում են դրանք, իսկ որոշ պայմանների դեպքում, գերազանցելով դրանց, փոխում են մետաղի լարվածային վիճակի տեսքը և բոլոր կողմերից անհավասարաչափ սեղմումը ձևափոխում երկկողմանի (ընդլայնական) սեղմման և երկայնական ձգման:

Ցույց է տրված, որ մամլվածքում առկա դեֆորմացման և կառուցվածքային անհամասեռությունն ազդում է դրա մեխանիկական հատկությունների վրա:

Ուղիղ արտահոսքով մամլման դեպքում մամլվածքի ամրության սահմանն աճում է կենտրոնական շերտերից դեպի մակերևույթ և առջևի ծայրից դեպի մամլամնացորդ: Արտամղման գործակցի ոչ մեծ արժեքների դեպքում մամլվածքի կենտրոնական և մակերևութային շերտերում մեխանիկական հատկությունների տարբերությունը մեծանում է, իսկ արտամղման մեծ գործակիցների դեպքում այդ տարբերությունը կտրուկ նվազում է և հաճախ իսպառ վերանում, որը պայմանավորված է մետաղներում և համաձուլվածքներում մեծ արտամղման գործակիցների դեպքում մեխանիկական հատկությունների անհամաչափության ինտենսիվության փոքրացմամբ:

Հետազոտությունները կատարվել են Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանի «Նյութագիտություն և մետալուրգիա» բազային գիտահետազոտական լաբորատորիայում:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Перлин И.Л., Райтбарг Л.Х.** Теория прессования металлов. - М.: Металлургия, 1975. – 467 с.
2. **Петросян Г.Л.** Пластическое деформирование порошковых материалов. -М.: Металлургия, 1988. – 153 с.
3. **Աղբալյան Ս.Գ., Ստեփանյան Ա.Մ.** Վոլֆրամմոլիբդենային արագահատ պողպատներ և դրանց ջերմամշակումը. Մենագրություն.- Երևան, 2006.- 123 էջ:
4. **Джонсон В., Кудо Х.** Механика процесса выдавливания металла / Пер. с англ. - М.: Металлургия, 1965. – 174 с.
5. **Гун Г.Я., Полухин П.И., Полухин В.П., Прудовский Б.А.** Пластическое формоизменение металлов. - М.: Металлургия, 1965. – 174 с.
6. **Աղբալյան Ս.Գ., Ասլանյան Վ.Ժ., Տոսյան Մ.Ե.** Исследование получения полых изделий экструзией // Композиционные материалы и их обработка. - Ереван, 1985.- С.33-38.
7. Горячая экструзия титановой губки / **В.А. Павлов, В.В. Щербина, В.П. Токарев и др.** // Порошковая металлургия.- 1974.- N 9.- С. 153-158.
8. **Дмитрович А.М.** Справочник литейщика.- Минск: Высшая школа, 1989.- 390 с.
9. **Աղբալյան Ս.Գ.** Теоретические и технологические основы формования структуры и свойств порошковых материалов при экструзии: Автореф. дис. ... докт. техн. наук. –Ереван, 1992. – 33 с.
10. **Радомысельский И.Д., Шебран Н.И., Скальчук А.А.** О некоторых закономерностях экструзии из спеченных магниевых порошков // Порошковые конструкционные материалы.- Киев, 1980.- С. 85-87.
11. **Աղբալյան Ս.Գ., Ասլանյան Վ.Ժ., Куроедов В.А.**Технология изготовления труб малого диаметра экструзией // Структура и свойства порошковых материалов. – Ереван, 1988. - С. 24-28.

Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 21.11.2023:

С.Г. АГБАЛЯН, В.А. БАГДАСАРЯН, Г.А. ВАСИЛЯН, С.А. АРУТЮНЯН

**ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО
СОСТОЯНИЯ ЛИТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ПРИ ГОРЯЧЕЙ
ЭКСТРАКЦИИ И ЗАКОНОМЕРНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ
СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ**

Исследовано напряженно-деформированное состояние литых алюминиевых сплавов при горячей экструзии и процесс формирования их структуры и свойств. Установлено, что в процессе экструзии окружные слои металла подвергаются не только осевой и поперечной деформации, но и деформации скольжения. Последняя растет от внутренних слоев к поверхности. Главные растягивающие напряжения и сумма касательных напряжений также возрастают. Показано, что направления главных растягивающих напряжений на выходе сжимающей части различны, они образуют определенный угол с осью сжатия, который также увеличивается по направлению к поверхности. В результате установлено, что основные радиальные и окружные деформации являются тормозными деформациями.

Ключевые слова: литье, алюминиевый сплав, горячее прессование, деформация скольжения, напряжение, матрица, давление.

**S.G. AGHBALYAN, V.A. BAGDASARYAN, G.A. VASILYAN,
S.A. HARUTYUNYAN**

**INVESTIGATING THE STRESS - STRAIN STATE OF ALUMINIUM
ALLOYS AT HOT EXTRUSION AND REGULARITIES OF STRUCTURE
AND PROPERTY FORMATION**

The stress strain state, as well as the process of formation of structure and features of aluminium alloys at hot extrusion are investigated. It has been shown that during hot extrusion, the ring layers of an extruded element experience not only longitudinal and transverse deformations but also a slip. The slip increases at passing from inner layers to the surface. The tensile principal stresses and the sum of slip deformations also increase. It has been also shown that at the exit of the pressing part, the tensile principal stresses have different directions, forming an angle with the extruder axis, which also increases towards the surface. As a conclusion, it has been stated that the main radial and circumferential deformations act as restraining deformations.

Keywords: casting, aluminium alloy, hot extrusion, slip, stress, matrix, pressure.