

Философия докторы (PhD) академиялық дәрежесін алу үшін 8D07111 –
«Машина жасау өндірісін сандандыру» білім беру бағдарламасы бойынша
жазылған диссертациялық жұмысқа

АНДАТПА

СОВЕТБАЕВ РАИЛ АЯНОВИЧ

«Ұсақ түйіршікті құрылымы бар алюминий қорытпасынан шыбықтар дайындау технологиясын әзірлеу»

Алюминийдің 6082 қорытпасы машина жасауда, авиацияда, кеме жасауда және энергетикада жоғары беріктігімен, коррозияға төзімділігімен және өңдеудің технологиялылығымен кеңінен қолданылады. Ол жауапты тораптар мен конструкциялық бөлшектерді жасау үшін қажет, алайда дәстүрлі термомеханикалық өңдеу әдістері әрқашан ұсақ түйіршікті құрылымның қалыптасуын және материалдың механикалық қасиеттерінің артуын қамтамасыз ете бермейді, соның салдарынан мұндай бұйымдардың қызмет ету мерзімі төмендеуі мүмкін. Қазіргі талаптарға сәйкес аса маңызды конструкциялар материалы бір мезгілде жоғары беріктікке, пластикалыққа және коррозияға төзімділікке ие болуы тиіс. Қасиеттердің оңтайлы үйлесіміне металдың құрылымын жетілдіру, атап айтқанда түйірді ұсақтау арқылы қол жеткізуге болады. Сондықтан EN AW-6082 қорытпасынан болжамды қасиеттері бар және бүкіл қимасы бойынша ұсақ түйіршікті құрылымға ие бұйымдарды дайындаудың технологиялық процестерін әзірлеу өзекті ғылыми-техникалық міндет болып табылады.

Бұл міндетті шешудің перспективалы тәсілдерінің бірі үш білікті радиалды-ығыстырып илемдеу әдісі болып табылады – ол материал түйіршіктерін айтарлықтай ұсақтауға және илемделетін шыбықтардың беріктік сипаттамаларын арттыруға мүмкіндік беретін қарқынды пластикалық деформация процесі. Радиалды-ығыстыра илемдеу кезінде белсенді ығысуымен бірге барлық жақтан сығуға жуық кернеулік күй қалыптасады, бұл технологиялық және экономикалық тұрғыдан тиімді болып табылады.

Осылайша, 6082 қорытпасын радиалды-ығыстырып илеумдеу процесін зерттеу алюминий бұйымдарының сапасы мен ұзақ қызмет ету мерзімін қамтамасыз етуге, яғни біркелкі ұсақ түйіршікті құрылымға қол жеткізуге және механикалық қасиеттер кешенін жақсартуға бағытталған.

Жұмыстың ғылыми-тәжірибелік маңызы 6082 қорытпасынан жоғары берікті шыбықтарды қарқынды пластикалық деформация әдістері арқылы

өндіру технологиясын дамытуға негізделеді, бұл қазіргі заманғы металлургия мен машина жасауда сұранысқа ие.

Зерттеудің мақсаты – алюминийдің 6082 қорытпасынан үш білікті радиалды-ығыстыру илемдеу әдісі арқылы шыбықтар алу режимдерін ғылыми негіздеу және әзірлеу, ол түйіршіктерді ұсақтауды және деформацияланған металдың механикалық қасиеттерін жақсартуды қамтамасыз етеді.

Көрсетілген мақсатқа қол жеткізу үшін келесі міндеттер шешілді:

- 6082 қорытпасының реологиялық қасиеттерін анықтау (термомеханикалық сынақтар арқылы) және деформация процесінің температуралық-жылдамдық параметрлерінен тәуелділігін орнату;

- Forge NxT 2.1 бағдарламалық ортасында 6082 қорытпасы шыбығын илемдеу процесінің сандық моделін әзірлеу және технологиялық параметрлерді оңтайландыру мақсатында компьютерлік модельдеу жүргізу (модель металдағы деформация, кернеу және температураның таралуын сипаттауы);

- 6082 қорытпасынан шыбықтарды эксперименттік үш білікті радиалды-ығыстыру орнағында илемдеу;

- алынған құрылымға металлографиялық зерттеулер жүргізу және илемделген материалдың механикалық қасиеттерін сынау;

- сандық модельді эксперимент нәтижелерімен салыстыру арқылы верификациялау және сол негізде илемдеу режимдерін оңтайландыру.

Зерттеу нысаны – алюминийдің 6082 қорытпасын үш білікті радиалды-ығыстыру илемдеу әдісімен қарқынды пластикалық деформациялау процесі (6082 қорытпасынан шыбықтарды радиалды-ығыстыру станында прокаттау технологиялық процесі).

Қорғауға шығарылатын тұжырымдар:

- 6082 қорытпасының деформациялану заңдылықтары. Үш білікті радиалды-ығыстыру илемдеу процесінің деформация-жылдамдық режимі параметрлері мен алюминийдің 6082 қорытпасының пластикалық деформация сипаттамалары арасындағы тәуелділіктер анықталды. Алғаш рет радиалды-ығыстырып илемдеу процесінде (350–500 °С аралығында) осы қорытпаның деформацияға кедергісіне температура мен деформация жылдамдығының әсері эксперименталды түрде анықталды. Жылытудың температурасын шамамен 350 °С-қа дейін төмендету және біліктердің көлбеу бұрышын арттыру деформацияға кедергіні жоғарылататыны, алайда материалдың жеткілікті пластикалылығы кезінде ұсақ түйіршікті құрылымға қол жеткізуді қамтамасыз ететіні көрсетілді.

- Процесті сандық модельдеу. 6082 қорытпасынан шыбықтарды үш білікті илемдеу процесінің сандық моделі әзірленіп, физикалық эксперименттер

көмегімен верификацияланды. Компьютерлік модельдеу нәтижелері (деформация, кернеу және температураның таралуы) прокатталған металдың құрылымы мен қасиеттері бойынша эксперименттік деректермен жақсы сәйкес келетіні анықталды. Бұл таңдалған модельдің дұрыстығын және оны процесс параметрлерін мен материалдың соңғы сипаттамаларын болжауға қолдануға жарамдылығын дәлелдейді.

– Илемдеудің оңтайлы режимдері. 6082 қорытпасын радиалды-ығыстыру илемдеудің ұтымды технологиялық режимдері анықталды, олар ақаусыз ұсақ түйіршікті құрылым алуға мүмкіндік береді. Ең үлкен тиімділік дайындаманы шамамен 350 °C температурада қыздырып илемдегенде қол жеткізілетіні анықталды; бұл жағдайда материалдың динамикалық жұмсару есебінен металды қосымша қыздырмай-ақ үш ретке дейін қатарынан өткізуге болады. Таңдалған режимдер 6082 қорытпасының түйірін айтарлықтай ұсақтауды қамтамасыз етіп, илемделген шыбықтың тұтастығы мен берілген геометриясын сақтап қалады.

– Алюминий қорытпаларын қысыммен өңдеу технологияларын әзірлеу үшін пластометриялық сынақтар мен зертханалық прокаттауды компьютерлік модельдеумен ұштастыратын кешенді тәсілдің тиімділігі көрсетілді. Сандық және физикалық экспериментті қолдану процесс параметрлерін таңдауға жұмсалатын материалдық және уақыттық шығындарды азайтуға, сонымен қатар нәтижелердің дәлдігін арттыруға мүмкіндік берді;

Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесі нәтижелермен айқындалады:

– 6082 қорытпасын үш білікті радиалды-ығыстыра илемдеу әдісімен қарқынды деформациялық өңдеу жағдайлары анықталды, бұл кезде деформацияланған шыбықтарда ұсақ түйіршікті құрылым қалыптасады. Алғаш рет илемдеу параметрлерінің белгілі бір үйлесімі материалдың тұтастығын бұзбай, 6082 қорытпасының түйірін ұсақ түйіршік деңгейге дейін ұсақтауды қамтамасыз ететіні эксперименталды түрде көрсетілді.

– Алюминийдің 6082 қорытпасының радиалды-ығыстыра илемдеу жағдайындағы реологиялық қасиеттерінің өзгерісі алғаш рет зерттелді. Алынған деректер негізінде үш білікті радиалды-ығыстыра илемдеу процесінің цифрлық егізінің прототипі болып табылатын және 6082 қорытпасының деформациясын сәйкес сипаттайтын сандық модель әзірленіп, верификацияланды. Бұл модель илемдеудің деформация-жылдамдық параметрлерінің материалдың пластикалық деформацияға кедергісіне (350–500 °C температура диапазонында) әсерін анықтауға және өңдеудің оңтайлы режимдерін негіздеуге мүмкіндік берді.

Алынған нәтижелердің дәлелділігі кең ауқымды эксперименттер кешенін жүргізу, сандық модельді верификациялау және компьютерлік модельдеу

нәтижелерінің физикалық эксперимент деректерімен жақсы сәйкестігі арқылы қамтамасыз етілді. Барлық негізгі қорытындылар есептік және эксперименттік деректермен расталды, бұл жүргізілген зерттеулердің сенімділігін дәлелдейді.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы қарқынды пластикалық деформация процестері туралы ғылыми түсініктерді дамытуымен және алынған нәтижелерді өндірісте тікелей қолдану мүмкіндігімен айқындалады. Радиалды-ығыстыра илемдеу жағдайында 6082 қорытпасының деформациялану және құрылым түзу заңдылықтары металдарды қысыммен өңдеу және ұсақ түйіршікті құрылымдарды қалыптастыру процестерін модельдеу үшін деректер базасын кеңейтеді. Өзірленген сандық модель мен анықталған илемдеудің оңтайлы режимдері жоғары пайдалану қасиеттері бар алюминий қорытпаларынан деформацияланған илем өнімдер (шыбықтар, дайындамалар) дайындау технологияларын жобалау және жаңғыртуда пайдаланылуы мүмкін. Зерттеу нәтижелеріне негізделген ұсынымдарды енгізу металлургиялық кәсіпорындарға ұсақ түйіршікті құрылымы және жақсартылған механикалық сипаттамалары бар өнім алуға, осылайша жауапты бөлшектердің сенімділігі мен қызмет ету мерзімін арттыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған кешенді тәсіл (сандық модельдеу және эксперимент) басқа қорытпаларға да қолданылып, тәжірибелік-өнеркәсіптік сынақтарға жұмсалатын шығындарды азайтады.

Жұмыстың апробациясы. Негізгі жарияланымдар. Диссертация тақырыбы бойынша 8 ғылыми еңбек жарияланды, оның ішінде 1 мақала халықаралық рецензияланатын журналда (Scopus базасында индекстелген) және 4 мақала Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған отандық басылымдарда. Сонымен қатар, 2 мақала басқа ғылыми журналдарда және 1 жарияланым конференция материалдарында жарық көрді.

Scopus және WOS деректер базасына кіретін журналдардағы мақалалар: 1) Sovetbayev, R.; Nugman, Y.; Shayakhmetov, Y.; Abilmazhinov, Y.; Kawalek, A.; Ozhmegov. Analyses of the Rolling Process of Alloy 6082 on a Three-High Skew Rolling Mill. Materials 2025, 18(11), 2618. <https://doi.org/10.3390/ma18112618>.

Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдардағы мақалалар тізімі: 2) R. A. Sovetbayev, Y. Y. Shayakhmetov, Y. T. Abilmazhinov, D. K. Dukenbayev, S. S. Shakhova. Algorithm for predicting the roughness of the inner surface during turning process. Қазақстан ғылымы мен техникасы. №4 (2023). ISSN 2788-8770. С.103-113 <https://doi.org/10.48081/WUTY7402>.

3) R. A. Sovetbayev, Y. Nugman, Y. Y. Shayakhmetov, A. Kawalek. Obtaining the necessary mechanical properties of blanks of parts made of aluminum alloy 7075 by physical modeling. Қазақстан ғылымы мен техникасы. №1 (2024). ISSN 2788-8770. С.73-81 <https://doi.org/10.48081/KBNH3045>.

4) R. A. Sovetbayev, Y. Nugman, Y. Y. Shayakhmetov, A. Kawalek. Computer simulation of the stress strain state of bar blanks made of alloy 7075. Қазақстан ғылымы мен техникасы. №3 (2024). ISSN 2788-8770. С.109-119 <https://doi.org/10.48081/IYNS2338>.

5) Rail Sovetbayev, Yerik Nugman, Yerzhan Shayakhmetov, Anna Kawalek. Preparation of AlMgSi1 (6082) aluminum alloy for the study of mechanical and physico-chemical properties in the rolling process. Техникалық ғылымдар және технологиялар сериясы. №2 (147)/ 2024. ISSN: 2616-7263. eISSN: 2663-1261. С.231-244. <https://doi.org/10.32523/2616-7263-2024-147-2-231-244>.

Басқа ғылыми журналдар мен басылымдарда жарияланған мақалалар: 6) R.A. Sovetbayev, Y. Nugman, Y. Shayakhmetov, A. Kawalek. Analysis of methods for obtaining wire products, advantages of technological processes at radial shear mills. Шәкәрім университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы. №1 (13) (2024). ISSN 2788-7995 (Print) ISSN 3006-0524 (Online). С.54-62. DOI: 10.53360/2788-7995-2024-1(13)-8.

7) Р.А. Советбаев, Г.М.Кудайбергенова, Е.З. Нугман. Дайындамалардың наноқұрылымдық мәселелері және оларды қарқынды пластикалық деформация әдістерімен шешу. Шәкәрім университетінің Хабаршысы. Техникалық ғылымдар сериясы. №1 (17) (2025). ISSN 2788-7995 (Print) ISSN 3006-0524 (Online). С. 329-335. [https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1\(17\)-42](https://doi.org/10.53360/2788-7995-2025-1(17)-42).

Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциялар: 8) Р.А. Советбаев, Е.Я. Шаяхметов. Сым өнімдерін алудағы белгілі технологиялық үдерістердің ерекшеліктерін зерттеу: шолу. Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция «Аграрлық және тамақ өнеркәсібін дамытудың перспективалық бағыттары». ISBN 978-601-313-178-8. С.293-298.

Автордың жеке үлесі. Зерттеудің барлық кезеңдері автордың тікелей орындауымен жүзеге асырылды. Автор тақырыпқа қатысты әдеби және патенттік дереккөздерді өз бетінше талдап, зерттеудің мақсаты мен міндеттерін айқындады. Эксперименттік бөлім (6082 қорытпасына Gleeble 3800 қондырғысында пластометриялық сынақтар жүргізу, сондай-ақ үш білікті зертханалық радиалды-ығыстыру орнағында шыбықтарды илемдеу) автордың тікелей қатысуымен немесе өзі орындады. Автор Forge NxT 2.1 ортасында прокаттау процесін сандық модельдеуді ұйымдастырып, жүзеге асырды, есептер сериясын орындап, нәтижелерді өңдеді, сонымен қатар

деформацияланған үлгілерге металлографиялық талдау жүргізіп, олардың қаттылығын және басқа да қасиеттерін өлшеді. Қорғауға шығарылатын барлық негізгі нәтижелер автордың тікелей қатысуымен алынды, диссертация материалдары негізінде мақалалар мен баяндамалар дайындалды. Осылайша, докторанттың жеке үлесі зерттеудің барлық кезеңдерінде – міндетті қоюдан бастап нәтижелерді түсіндіруге дейін көрініс тапты.

Диссертацияның көлемі мен құрылымы. Диссертация қазақ тілінде жазылған және кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және қосымшалардан тұрады. Жұмыс 112 беттен тұрады, оның ішінде 66 сурет, 6 кесте және 125 атаудан тұратын әдебиеттер тізімі қамтылған.