

# Бөлшектер қорытпаларын құю процесін зерттеу және компьютерлік модельдеу

<sup>1\*</sup>ӘСЕМЖАР Асылжар Төлеуұлы, магистрант, Asylzhar\_2000@mail.ru,

<sup>1</sup>СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна, т.ғ.к., доцент, Assemgul\_work@mail.ru,

<sup>1</sup>МҰХАМЕТЖАНОВА Бигүл Олжабаевна, PhD, аға оқытушы, grek79@mail.ru,

<sup>1</sup>«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** «Qaz Carbon» ЖШС зауытында кесу арқылы дайындалған бөлшектердің өндірісін гипс қалыптарында құюға көшіру мәселелері қарастырылады. Компьютерлік модельдеуді қолдану арқылы гипс қалыптарына құюдың технологиялық процесін жобалау әдістемесі ұсынылған. Бұл әдіс материалдық және қаржылық шығындарды азайтуға, сонымен қатар құм құю арқылы бөлшектерді өндіруді игеру уақытын қысқартуға мүмкіндік береді. Құю әдістерінің бірі еңбек өнімділігін күрт арттыруды қамтамасыз ететін құймалар өндірісі болып табылады. Flow-3D бағдарламасын пайдалану арқылы құю процесін айтарлықтай жеңілдетуге мүмкіндік жасауға болады және материалдың сұйық күйден қатты күйге өту процесінің ба-рысын ескере отырып формалар жасалынады. Жұмыста құю ақаулары, кернеулер мен деформациялар есептелінеді. Технологиялық процесті оңтайландыру келтірілген «мойынтірек қалқаны» құймасын дайындау, құйма жүйесінің қоректік элементтерінің мөлшерін азайту, қолайлы құюдың шығу коэффициентін арттыру арқылы құю процесін модельдеу нәтижелеріне сүйене отырып, CNC машиналарында жабдықты өндіруге арналған басқару бағдарламаларын әзірлеу үшін 3D модельдік өзек моделі жасалынады.

**Кілт сөздер:** құю өндірісі, түсті құю, гипс қалыптарына құю, құю процестері, технологиялық процесс, математикалық модельдер, компьютерлік модельдеу, Flow-3D.

## Кіріспе

Компьютерлік модельдеу жаңа бөлшектерді жобалау және оларды өндірудің технологиялық процестерін жобалау кезінде ажырамас бөлігі болып табылады. Ол маңызды және жиі шешуші бәсекелестік артықшылық мәртебесін алады. Осы өнімді өндірушіге қойылатын талаптар тізіміндегі құю өнімдеріне тапсырыс берушілер көбінесе компьютерлік модельдеуді міндетті түрде қолдану туралы талап қояды. Құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелері ұсынатын артықшылықтар айқын. Біріншіден, бұл құйманың виртуалды прототипінде құю технологиясының нюанстарын пысықтау мүмкіндігі, бұл сынақ құймаларын жасау қажеттілігін азайтады немесе толығымен жояды, технологияны жобалау процесін қысқартады және құю құнын төмендетеді.

Құю технологиясының физикалық процестерін визуализациялау, мысалы, құю қуысының балқымасын толтыру, металды салқындату және қатайту, оны жылу кернеулерінің әсерінен бұзу осы процестердің ерекшеліктерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді, сондықтан құймалардың ақауын азайту және кірістілігін арттыру үшін оларды тиімді басқаруға мүмкіндік береді. Алайда, құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйесін кеңінен енгізу бірқатар себептерге байланысты, соның ішінде құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелері туралы ақпараттың болмауы, білікті мамандардың болмауы және т.б. Өндірісте құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелерін қолданудың маңызды мәселесі ол модельдеуде алынған нәтижелердің нақты өндірістік мәліметтерге сәйкестігі.

Құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелерін сәтті қолдану үшін технологиялық процестің виртуалды моделі нақты өндіріс процесіне сәйкес келуі керек. Бұл сәйкестік сапалық және сандық деңгейде қамтамасыз етіледі. Сапалы сәйкестік модельдеуді қажет ететін физикалық процестердің барабар математикалық модельдерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Құйма ақауларын (тоқтырғыш тұтқалар, балқымаға ауаның араласуы, адгезиялар) жеткілікті деп күтуге болмайды, себебі пайда болатын физикалық және физика-химиялық процестердің нәтижесі балқыманың ағу процесіне әкеліп соқтырады.

## Зерттеу нысаны

Құю өндірісін игеруді жоспарлаған «Qaz

Carbon» (Каз Карбон) – ЖШС АҚ ұсынған сызбалар бойынша дәл құю әдісімен дайындалатын бөлшектердің номенклатурасына талдау жасалды. Бөлшектердің номенклатурасына талдау жасалғаннан кейін гипс қалыптарға құю арқылы өндіру үшін типтік бөлік таңдалды.

Бұл стандартты бөлшек АК6М2 алюминий қорытпасынан жасалған, сұйықтану температурасы 620°C, гипс қалыптарын қолдану шартын қанағаттандырады. Детальдық сызбалар, құймалар жасалды (1-сурет).

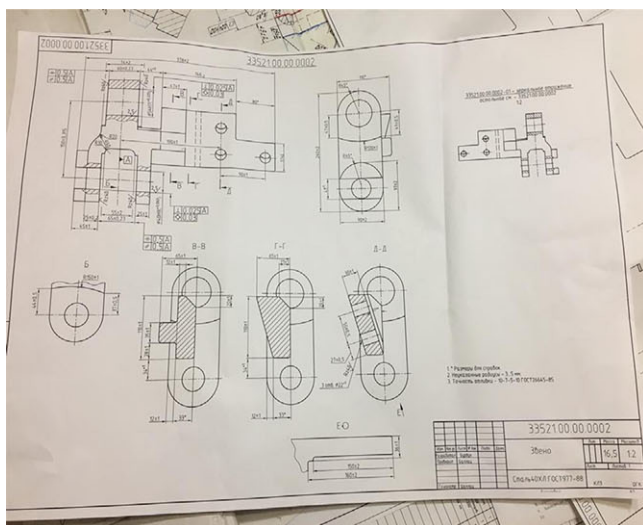
Құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелерін талдау нәтижелері бойынша құю процестерін компьютерлік модельдеу кезеңін жүргізу үшін Flow-3D бағдарламасын пайдалану туралы шешім қабылданды. Бұл бағдарлама қалыптағы балқыманың гидравликасын, температуралық өрістердің таралуын, қалыптағы балқыманың кристалдануының басталуын, кристалдану кезіндегі ақауларды анықтауды және т.б. мүмкіндік береді, сол арқылы технологтың ысырмалық жүйенің оңтайлы конструкциясы және балқыманы құюдың бастапқы температурасы [1, 2].

Компьютерлік модельдеу нәтижелері ақаудың қай жерде пайда болатынын, қандай себеппен пайда болатынын анық көрсетті.

Құйма шойын ұсақтағыш шарларды өндіру үшін арнайы шойын балқыту ИСТ-5,0 индукциялық тигель пештерінде жүргізіледі. Шарларға арналған балқытылатын арнайы сүңгуірдің химиялық құрамы келесідей болуы тиіс.

Сандық сәйкестік математикалық модельдер параметрлерінің мәндерін дұрыс орнатумен қамтамасыз етіледі. Мысалы, қалыптау материалдары мен металл қорытпаларының термофизикалық қасиеттері нақты қолданылатын материалдар мен қорытпалардың қасиеттеріне сәйкес келуі керек. Кейбір қасиеттерді анықтау үшін арнайы эксперименттер мен сынақ құймаларын жасау қажет. Сонымен, микро-жылдамдықты есептеу үшін балқыманың сүзу коэффициентінің эксперименттік мәндері және дендриттік жақтаудың пайда болуының қатты фазасының фракциялары және сүзу ағынын тоқтату қажет. Компьютерлік модельдеу кезінде қалыптау қоспасы физика-механикалық қасиеттерге сәйкес келуі керек.

Мұндай эксперименттерді өндірісте қою қиын, сондықтан көп жағдайда модельдеу мәліметтерден немесе құю процестерін автоматтандырылған модельдеу жүйелерімен жеткізушілердің ұсыныстарынан алынған қасиеттерді пайдаланады. Осылайша, модельдеу мәселесін дұрыс тұжырымдау кезінде және құю процестерін автоматтанды-



а



б

1-сурет – а – Құю процесінің сызбасы, б – Ополка нысандары

1-кесте – Қалыптау қоспасының химиялық қасиеттері

Көміртегі	2,8-4,0%
Кремний	1,0% дейін
Марганец	0,9% дейін
Фосфор	0,3% дейін
Сера	0,15%
Хром	1,0%

2-кесте – Қалыптау қоспасының физикалық қасиеттері

Атауы	Мөлшері
Газ өткізгіштігі	170 бірліктен кем емес
Шики беріктігі	0,7-1,2 кгс/см <sup>2</sup>
Ылғалдылық	3,4-5,6%
Қалыптау қоспасының жалпы саз құрамы	13-19%
Белсенді саз-кемінде	10%
Нысанды толтырудың қаттылығы	70-90 бірлік

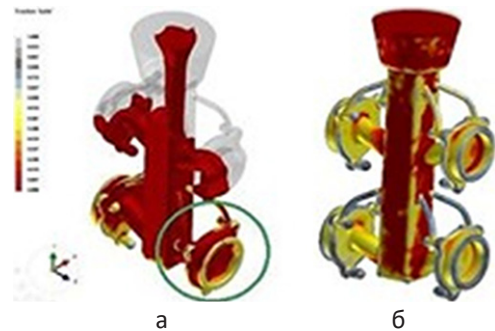
рылған модельдеу жүйелерімен параметрлерінің мәндеріне қатысты жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, сапасы эксперименталды есептеулерге сәйкес нәтижелер алуға мүмкіндік береді.

Құю блогына қорытпаны құю процесін талдау кезінде толтыру сипатын анықтауға, құю жүйесінің тиімділігін бағалауға, турбулентті ағынды аймақтарды, жоғары ағынды аймақтарды, қалыптың немесе шыбықтың эрозиясының мүмкін аймақтарын, түзілу орындарын анықтауға болады. Құймадағы газ қосылыстарының пайда болуына әсер етуі мүмкін [3].

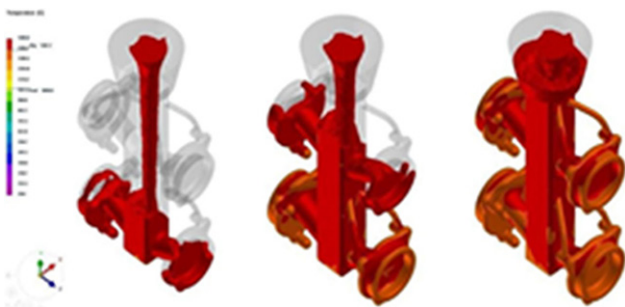
Пішінді толтырудың гидравликалық үлгісіне сүйене отырып (2-сурет), металды құюдың оңтайлы жылдамдығы таңдалды деп қорытынды жасауға болады (ол 0,9 м/с), өйткені құю ыдысындағы металл деңгейі тұрақты деңгейде сақталады, оны беру қажетсіз жарылыстар мен тежелулерсіз жүреді. Құю блогын металмен толтыру динамикасы құю жүйесінің оңтайлы дизайнның көрсетеді. Бұл қорытынды толтырудың тыныш және біркелкі сипатынан, сондай-ақ құю-беру жүйесінің құрылымдық элементтерінің дұрыс және уақытылы жұмысынан туындайды. Кристалдану процесі құйманың түбінен басталады, яғни көтергіштер мен құйманың ең жұқа қабырғаларынан (3-сурет). Құйманың қатаюы өте тез жүреді, өйткені құйманың барлық элементтері жұқа қабырғаларға ие.

Құйманың орталық бөлігінің кристалдануы динамикалық және біркелкі жүреді. Қатаюдың ұқсас сипатымен кішігірім икемділік пайда бола-

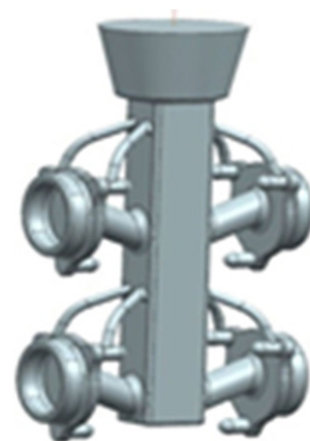
ды. Компьютерлік модельдеу және бөлшектерді жасау технологиясын оңтайландыру сандық инженерлік талдау үшін бағдарламалық өнімдерді әзірлеудегі маңызды бағыт болып табылады. Құю технологиясын сандық жобалау кезеңіндегі құю процестерін компьютерлік талдау (құймаларды жасамас бұрын) даму процесінде сөзсіз пайда болатын қателіктер мен тек компьютерлік модельдеу технологиясы өнімнің ішіне «қарауға», ондағы процестердің табиғатын көруте, ақаулардың себептерін түсінуге мүмкіндік береді.



3-сурет – Бітеуіш бөлшегі құймасының кристалдануы: а – бастапқы сәтте; б – толық қатайғанға дейін



2-сурет – Құю блогын әр түрлі уақытта сұйық металмен толтыру схемасы



4-сурет – Flow-3D бағдарламасындағы құю блогының компьютерлік моделі

### Қорытынды

Қорытындылай келе құю процестерін компьютерлік модельдеу құймалары өнеркәсіптік өндірісінің ажырамас бөлігі және олардың құнын төмендету мен сапасын арттырудың тиімді құралы болып табылады. Модельдеуді қажет ететін құю міндеттерінің шеңбері үздіксіз кеңеюде, ал шешімнің жылдамдығы мен дәлдігіне қойыла-

тын талаптар үздіксіз кеңеюде. Құю процестерін модельдеуден басқа, FLOW-3D басқа да көптеген мәселелерді шешу үшін тиімді пайдаланылуы мүмкін. Бастапқыда FLOW-3D гидродинамикалық талдау пакеті ретінде жасалған, құбыр арматурасының конструкцияларын жасау және оның жұмыс режимдерін есептеу үшін қажет.

### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Формирование отливок из коррозионностойкой стали методом литья под давлением / Медведев К.А.: Дис. ... кандидата технических наук. Красноярск, 2013.
2. Разработка методики проектирования технологического процесса и правил литья под давлением с кристаллизацией (LPMCD) / Чернов Н.М., Медведев К.А. // Вестник Сибирского государственного университета связи. 2012. № 17. С. 185-194.
3. Вольнов И.Н. Моделирование процессов литья – современные вычислительные технологии // Российский литейщик. – 2017. – № 11. – С. 27-30.
4. Вольнов И.Н. Системы автоматизированного моделирования литейных процессов – состояние, проблемы, перспективы // Там же. – 2017. – № 6. – С. 14-17.
5. Голод В.М. Теория происхождения литья (очевидные достижения и неочевидные проблемы) / В.М. Голод // Литейное производство. 2012. – № 6. – С. 21-24.
6. Термодинамическое моделирование сплавов / К.Д. Савельев, В.М. Голод, Д.А. Луковникова, С.В. Ермакова, Э.Н. Горн // Там же. 2013. – № 6. – С. 26-31.
7. Тихомиров М.Д. основные аспекты решения проблемы усадки / М.Д. Тихомиров // Там же. 2014. – № 12.1. С. 8-14.
8. Тихомиров М.Д. основы моделирования литейных процессов. Проблема отопления / М.Д. Тихомиров // Там же. 2015. – № 4. – С. 30-34.
9. Тихомиров М.Д. Модели литейных процессов на ЛП «Полигон» / М.Д. Тихомиров // Литейные материалы, технология, оборудование. Санкт-Петербург, 2014. – С. 21-26.
10. Турищев В. Моделирование процессов литья: что выбрать? / В. Турищев // CADmaster. – 2015. – № 5. – С. 333-335.

### *Исследование и компьютерное моделирование процесса литья сплавов деталей*

<sup>1\*</sup>ӘСЕМЖАР Асылжар Төлеуұлы, магистрант, Asylzhar\_2000@mail.ru,

<sup>1</sup>СМАГУЛОВА Асемгуль Сериковна, к.т.н., доцент, Assemgul\_work@mail.ru,

<sup>1</sup>МУХАМЕТЖАНОВА Бигуль Олжабаевна, PhD, старший преподаватель, grek79@mail.ru,

<sup>1</sup>НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы перехода производства деталей, изготовленных резанием на заводе ТОО «Qaz Carbon», на литье в гипсовых формах. Предложена методика проектирования технологического процесса литья в гипсовые формы с использованием компьютерного моделирования. Этот метод позволяет снизить материальные и финансовые затраты, а также сократить время освоения производства деталей за счет пескоструйной обработки. Одним из методов литья является производство отливок, обеспечивающих резкое повышение производительности труда. С помощью программы Flow-3D можно значительно упростить процесс литья, а формы разрабатываются с учетом хода процесса перехода материала из жидкого состояния в твердое. В работе учитываются дефекты литья, напряжения и деформации. Оптимизация технологического процесса на основе результатов моделирования процесса литья путем подготовки приведенного «несущего щита» отливки, уменьшения размеров питательных элементов литейной системы, увеличения коэффициента выхода приемлемого литья разрабатывается модель стержня 3D-модели для разработки управляющих программ для производства оборудования на станках с ЧПУ.

**Ключевые слова:** литейное производство, цветное литье, литье в гипсовые формы, литейные процессы, технологический процесс, математические модели, компьютерное моделирование, Flow-3D.

**Research and Computer Modeling of the Process of Casting Parts Alloys**

<sup>1</sup>\***ASEMZKHAR Asylzhar**, Master Student, Asylzhar\_2000@mail.ru,

<sup>1</sup>**SMAGULOVA Assemgul**, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, Assemgul\_work@mail.ru,

<sup>1</sup>**MUKHAMETZHANOVA Bigul**, PhD, Senior Lecturer, grek79@mail.ru,

<sup>1</sup>NPJSC «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

\*corresponding author.

**Abstract.** The issues of transferring the production of parts manufactured by cutting at the qaz Carbon LLP plant to casting in gypsum molds are considered. A methodology for designing the technological process of casting plaster molds using computer modeling is proposed. This method allows you to reduce material and financial costs, as well as reduce the time of mastering the production of parts by sand casting. One of the methods of casting is the production of castings, which provides a sharp increase in labor productivity. Using the Flow – 3D program, it is possible to significantly simplify the casting process, and forms are created taking into account the progress of the process of transition of the material from a liquid state to a solid state. The work calculates casting defects, stresses and deformations. Optimization of the technological process based on the results of modeling the casting process by preparing the casting «bearing shield», reducing the amount of nutrients of the casting system, increasing the output coefficient of suitable casting, a 3D model core model is developed for the development of control programs for the production of equipment on CNC machines.

**Keywords:** casting production, color casting, casting in plaster molds, casting processes, technological process, mathematical models, computer modeling, Flow-3D.

**REFERENCES**

1. Formirovanie otlivok iz korrozionnostojkoj stali metodom lit'ya pod davleniem / Medvedev K.A.: Dis. ... kandidata tekhnicheskikh nauk. Krasnoyarsk, 2013.
2. Razrabotka metodiki proektirovaniya tekhnologicheskogo processa i pravil lit'ya pod davleniem s kristallizaciej (LPMCD) / Chernov N.M., Medvedev K.A. // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta svyazi. 2012. No. 17. Pp. 185-194.
3. Vol'nov I.N. Modelirovanie processov lit'ya-sovremennye vychislitel'nye tekhnologii // Rossijskij litejshchik. – 2017. – No. 11. – Pp. 27-30.
4. Vol'nov I.N. Sistemy avtomatizirovannogo modelirovaniya litejnyh processov-sostoyanie, problemy, perspektivy // Tam zhe. – 2017. – No. 6. – Pp. 14-17.
5. Golod V.M. Teoriya proiskhozhdeniya lit'ya (ochevidnye dostizheniya i neochevidnye problemy) / V.M. Golod // Litejnoe proizvodstvo. 2012. – No. 6. – Pp. 21-24.
6. Termodinamicheskoe modelirovanie splavov / K.D. Savel'ev, V.M. Golod, D.A. Lukovnikova, S.V. Ermakova, E.N. Gorn // Tam zhe. 2013. – No. 6. – Pp. 26-31.
7. Tihomirov M.D. Osnovnye aspekty resheniya problemy usadki / M.D. Tihomirov // Tam zhe. 2014. – No. 12.1. Pp. 8-14.
8. Tihomirov M.D. Osnovy modelirovaniya litejnyh processov. Problema otopleniya / M.D. Tihomirov // Tam zhe. 2015. – No. 4. – Pp. 30-34.
9. Tihomirov M.D. Modeli litejnyh processov na LP «Poligon» / M.D. Tihomirov // Litejnye materialy, tekhnologiya, oborudovanie. Saint Petersburg, 2014. – Pp. 21-26.
10. Turishchev V. Modelirovanie processov lit'ya: chto vybrat'? / V. Turishchev // CADmaster. – 2015. – No. 5. – Pp. 333-335.