

# Иттриймен модификацияланған болаттардағы металл емес қосындыларды қалыптастыру

<sup>1</sup>**МАҚУЛБЕК Әлида Мухамеджанқызы**, магистрант, alidamakulbek97@mail.ru,

<sup>1\*</sup>**ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбаевна**, PhD, қауымдастырылған профессор, zhuma-77@mail.ru,

<sup>1</sup>**ОМАРОВА Айдана Ержанқызы**, докторант, aidana\_kartu@mail.ru,

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

\*автор-корреспондент.

**Аңдатпа.** Металлургиядағы перспективалы бағыттардың бірі сирек кездесетін металдардың (ЖСМ) модификациялау қабілеттерін зерттеу болып табылады, олардың арасында иттрий ерекше қызығушылық тудырады. Аралас қасиеттерге ие иттрий күрделі модификатор ретінде әрекет етеді, сондықтан оны темір-көміртекті балқымаларды модификациялау үшін қолдану үлкен қызығушылық тудырады. Жұмыста төмен қоспаланған иттрийлі болатты модификациялаудың металл емес қосындылардың түзілуіне және модификатор қоспаларының санына қосындылардың түрі мен мөлшеріне әсерін зерттеу жүргізілді. Иттрий металл балқымасымен әрекеттесіп, оксидтердің, нитридтердің және карбонитридтердің отқа төзімді кристалды жүйелерін құрайды. Мұндай мәжбүрлі орталықтардың пайда болуы сұйық металдың кристалдану жағдайларын жақсартып қана қоймайды, сонымен қатар қатты күйдегі ауыспалы процестеріне оң әсер етеді. Бұл металл сапасының жалпы деңгейін, оның икемділігі мен кең температура диапазонындағы беріктігін арттырады, жоғары температуралы коррозияға төзімділікті арттырады.

**Кілт сөздер:** төмен легіріленген болат, модификациялау, иттрий, металл емес қосындылар.

## Кіріспе

Қазіргі таңда болаттың қасиеттерін арттыруға бағытталған технологиялық пайдалану қасиеттеріне қойылатын талаптардың өсуі әрқашан дамудан озып келеді. Болаттың сапасы, ең алдымен, зиянды қоспалардың құрамымен, дайындаманың (құйманың) физикалық және химиялық гетерогенділігімен анықталады, ал оған металл емес қосындылар айтарлықтай әсер етеді. Соңғы жылдары жоғары легіріленген болаттарға, әсіресе қоспалары аз күкірт және фосфор болаттарға сұраныстың арту үрдісі байқалады. Күкірт пен фосфордың зиянды әсері металдың қасиеттеріне жақсы белгілі, сондықтан болатты балқыту кезінде оларды алып тастау мәселесіне назар аударылады. Металды тазартудың тиімді әдістерін зерттеу, бұл одан әрі қажеттілікті ынталандырады [1].

Металлургиядағы перспективалы бағыттардың бірі сирек кездесетін металдардың (ЖСМ) модификациялау қабілеттерін зерттеу болып табылады, олардың арасында иттрий ерекше қызығушылық тудырады. Аралас қасиеттерге ие иттрий күрделі модификатор ретінде әрекет етеді, сондықтан оны темір-көміртекті балқымаларды модификациялау үшін қолдану үлкен қызығушылық тудырады. Иттрий металл балқымасымен әрекеттесіп, оксидтердің, нитридтердің және карбонитридтердің отқа төзімді кристалды

жүйелерін құрайды [2].

Бұл металл сапасының жалпы деңгейін, оның кең температура диапазонындағы икемділігі мен беріктігін арттырады, жоғары температуралы коррозияға төзімділікті арттырады және т.б.

Алайда, иттрийді модификатор ретінде пайдалану сынақ кезеңінде, бұл таза түрде иттрийді алудың күрделілігімен және болат иттриймен модификациялау нәтижесінде пайда болған металл емес қоспалар туралы ақпараттың болмауымен және алынған металдың қасиеттерімен түсіндіріледі.

## Зерттеу әдістемесі

Иттрийдің модификациялық әсерін эксперименттік тексеру үшін модификация режимдерінің өзгеруінің металл емес қосындылардың ерекшеліктері мен болат құймаларының құрылымына әсерін егжей-тегжейлі зерттеу үшін құймаларға салыстырмалы зертханалық зерттеу жүргізілді.

Модификацияланған балқыманың химиялық құрамы кестеде келтірілген.

Алунд тигеліне орналастырылған металл графит жылытқышын пайдаланып зертханалық қарсылық пешінде балқытылды. Балқыманың тотығуын болдырмау үшін балқыту құрғатылған аргон атмосферасында жүргізілді [3]. Металды

модификациялау 1525-1530°C температурада жүзеге асырылды, модификатор балқымаға болат қаптамасында енгізілді. Осы температурада қысқа уақыт ұсталғаннан кейін пеш өшіріледі, 09Г2С болаттың модификацияланған және модификацияланбаған құймалары пешпен бірге тигельдерде салқындатылды. Құймалардың массасы 0,4 кг құрады. Модификатор 0,01%, 0,05%, 0,10 мөлшерінде енгізілді % [4].

Салқындағаннан кейін құймалар қалыптардан алынды. Макроқұрылымды зерттеу үшін құймалардан бойлық осьтік сынамаалар дайындалды.

#### Алынған нәтижелер және оларды талқылау

Құймалардың макроқұрылымы 1-суретте көрсетілген. Макроқұрылымды анықтау үшін құймалар Каллинг реактивінде бір мезгілде өңделген. Зерттеу нәтижесінде № 2 құймаға енгізілген 0,01% иттрий құйманың дендритті құрылымын, әсіресе оның төменгі бөлігінде ұсақтауға әкелетіні анықталды. Енгізілген модификатор санының одан әрі артуы дендриттік құрылымның айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді. № 3 құймада қара дақ бар, бұл толық сіңірілмеген модификатордың болуымен байланысты. Модификация әсері 0,01% Y қоспасымен көрінеді. Модификатор санының одан әрі артуы макроқұрылымның сипатына ай-

тарлықтай өзгерістер енгізбейді.

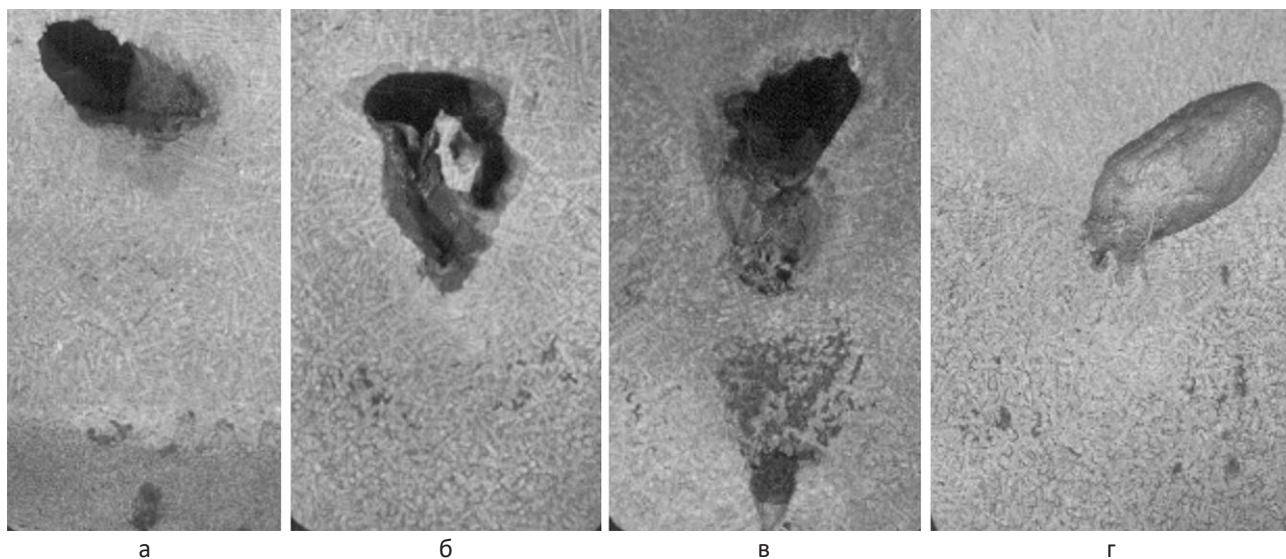
Металл емес қосындыларды металлографиялық зерттеу көрсеткендей, қосындылар сфералық пішінге жақын және құрамында ЖСМ бар сульфидті фазаның шеңберлерімен қоршалған жалғыз оксидтер болып табылады (2-сурет). ЖСМ металына енгізу кезінде марганец сульфидтері, жекелеген шпинельдер және ЖСМ оксисульфидтерінің аздаған мөлшері кездеседі. ЖСМ көп металда (0,02% Y) тек оксисульфидтер кездеседі, ал марганец сульфидтері жоқ.

Металды механикалық сынау нәтижелері 0,01% Y және 0,02% Y мөлшерінде ЖСМ лигатурасын енгізу бойлық бағытта – 400°C-80°C кезінде соққы тұтқырлығын 20-25%-ға, ал көлденеңінен 30-90%-ға арттыруды қамтамасыз ететінін көрсетті. Сондай-ақ, модификацияланған металдың механикалық қасиеттерінің жоғары изотропиясын атап өткен жөн.

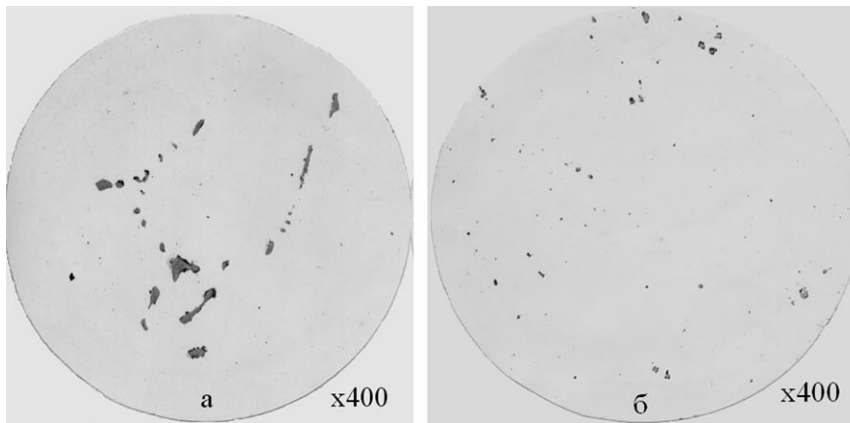
#### Қорытынды

Иттриймен металды өзгерту (тіпті аз мөлшерде болса да) металл емес қосындылардың таралуына, пішінінің, өлшемдерінің және сипатының өзгеруіне әкеледі, сонымен бірге ЖСМ мөлшері бар металда (0,02% Y) тек оксисульфидтер кездеседі, ал ЖСМ мөлшері аз металда (0,01% Y) мар-

| Құрамында иттрий бар ЖСМ лигатурасымен модификацияланған балқыманың химиялық құрамы |         |                                         |      |      |       |       |       |        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------|------|------|-------|-------|-------|--------|
| Құймалар сериясының нөмері                                                          | Қорытпа | Элементтердің құрамы, массасы бойынша % |      |      |       |       |       |        |
|                                                                                     |         | C                                       | Si   | Mn   | P     | S     | Al    | O      |
| 1                                                                                   | 09Г2С   | 0,09                                    | 0,57 | 1,50 | 0,028 | 0,014 | 0,040 | -      |
| 2                                                                                   | -       | 0,30                                    | 1,50 | 1,80 | 0,010 | 0,020 | 0,083 | 0,0096 |



1-сурет – 09Г2С болаттың макроқұрылымы: а – модификацияланбаған; б – 0,01% Y модификацияланған; в – 0,05% Y; г – 0,10% Y



2-сурет – Болаттағы металл емес қосындылар: а – салыстырмалы құйма; б – иттриймен түрлендірілген құйма (0,01% Y)

ганец сульфидтері де бар. Иттрий концентрациясының 0,02%-дан жоғары ұлғаюы құйманың макроқұрылымының сипатына одан әрі өзгерістер енгізбейді.

Иттрий бір уақытта тотықсыздандырғыш

және күкіртсіздендіргіш ретінде әрекет етеді, ал иттрий қосылған балқымадағы оттегі мен күкірт реакциясының өнімдері күрделі металл емес қоспалардың пайда болуына әкеледі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Совершенствование литейных жаростойких хромоалюминиевых сталей микролегированием и модифицированием / М.М. Ямшинский [и др.] // Новые материалы и технологии в машиностроении. 9-я Международная научно-техническая конференция. – Киев, 2009. – С. 20-24.
2. Харлашин П.С. Металлургия (проблемы, теория, технология, качество): учебник для вузов / П.С. Харлашин, В.С. Волошин, Г.С. Ершов, Т.Н. Чаудри, В.П. Тарасов, А.М. Скребцова, В.И. Капранов, В.А. Романова, Л.К. Лещинский, В.П. Сударев. – Мариуполь: ПГТУ, 2004. – 723 с.
3. Буторина И.В. Поиск путей устойчивого развития металлургической отрасли методом математического моделирования / И.В. Буторина, П.С. Харлашин // Электromеталлургия. – 2003. – № 4. – С. 56-60.
4. Явойский В.И. Включения и газы в сталях / В.И. Явойский [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 272 с.

#### Формирование неметаллических включений в сталях, модифицированных иттрием

<sup>1</sup>МАҚУЛБЕК Әлида Мухамеджанқызы, магистрант, alidamakulbek97@mail.ru,

<sup>1</sup>\*ЖОЛДУБАЕВА Жумагуль Дюсенбаевна, PhD, ассоциированный профессор, zhuma-77@mail.ru,

<sup>1</sup>ОМАРОВА Айдана Ержанқызы, докторант, aidana\_kartu@mail.ru,

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

\*автор-корреспондент.

**Аннотация.** Одним из перспективных направлений в металлургии является исследование модифицирующих способностей редкоземельных металлов (РЗМ), среди которых особый интерес вызывает иттрий. Обладая комбинированными свойствами, иттрий выступает в качестве комплексного модификатора, поэтому его использование для модифицирования железоуглеродистых расплавов вызывает большой интерес. В работе проведены исследования влияния модифицирования низколегированной стали иттрием на образование неметаллических включений и количество добавок модификатора на тип и размер включений. Иттрий, вступая во взаимодействие с металлическим расплавом, образует тугоплавкие кристаллические системы оксидов, нитридов и карбонитридов. Такое образование вынужденных центров не только улучшает условия кристаллизации жидкого металла, но и положительно влияет на процессы превращения в твердом состоянии. Это повышает общий уровень качества металла, его пластичность и прочность в широком интервале температур, увеличивает сопротивление высокотемпературной коррозии.

**Ключевые слова:** низколегированная сталь, модификация, иттрий, неметаллические включения.

**Formation of Nonmetallic Inclusions in Yttrium-modified Steels**

<sup>1</sup>**MAKULBEK Alida**, Master Student, alidamakulbek97@mail.ru,

<sup>1\*</sup>**ZHOLDUBAEVA Zhumagul**, PhD, Associate Professor, zhuma-77@mail.ru,

<sup>1</sup>**OMAROVA Aidana**, Doctoral Student, aidana\_kartu@mail.ru,

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

\*corresponding author.

**Abstract.** One of the promising areas in metallurgy is the study of the modifying abilities of rare earth metals (REM), among which yttrium is of particular interest. Having combined properties, yttrium acts as a complex modifier, so its use for modifying iron-carbon melts is of great interest. The paper studies the effect of modification of low-alloy steel with yttrium on the formation of non-metallic inclusions and the amount of modifier additives on the type and size of inclusions. Yttrium, interacting with a metal melt, forms refractory crystal systems of oxides, nitrides and carbonitrides. Such formation of forced centers not only improves the conditions of crystallization of liquid metal, but also has a positive effect on the processes of transformation in the solid state. This increases the overall level of metal quality, its ductility and strength in a wide temperature range, increases resistance to high-temperature corrosion.

**Keywords:** low-alloy steel, modification, yttrium, nonmetallic inclusions.

## REFERENCES

1. M.M. Yamshinskii [i dr.]. Sovershenstvovanie liteinykh zharostoikikh khromoaluminievykh stalei mikrolegirovaniem i modifitsirovaniem. Novye materialy i tekhnologii v mashinostroenii. 9-ya Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya. – Kiev, 2009. – Pp. 20-24.
2. Kharlashin P.S. Metallurgiya (problemy, teoriya, tekhnologiya, kachestvo): uchebnik dlya vuzov. P.S. Kharlashin, V.S. Voloshin, G.S. Ershov, T.N. Chaudri, V.P. Tarasov, A.M. Skrebtsova, V.I. Kapranov, V.A. Romanova, L.K. Leshchinskii, V.P. Sudarev. – Mariupol': PGU, 2004. – 723 p.
3. Butorina I.V. Poisk putei ustoychivogo razvitiya metallurgicheskoi otrasli metodom matematicheskogo modelirovaniya. I.V. Butorina, P.S. Kharlashin. Elektrometallurgiya. – 2003. – No. 4. – Pp. 56-60.
4. Yavoiskii V.I. Vklucheniya i gazy v stalyakh. V.I. Yavoiskii [i dr.]. – Moscow: Metallurgiya, 1979. – 272 p.