

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ МЕН ТЕХНИКАСЫ

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/TYNS2338>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажибаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Зарубежные члены редакционной коллегии:
Baigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Lapuerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***М. Сағынтай¹, А. Мустафа²**

^{1,2}Сәтбаев университеті, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

²«RnD Center» ЖШС, Қазақстан Республикасы, Алматы қ.

*e-mail: mukhagali.sagyntay@gmail.com

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7946-1568>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4751-7141>

АДДИТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН АРМАТУРАЛЫҚ СЫРЫҚТАРДЫҢ ДӘНЕКЕРЛЕУ КЕЗІНДЕГІ ҚЫЗУЫН ЗЕРТТЕУ

Аддитивті технологияның қазіргі кездегі өзекті мәселелерінің бірі – оны стандартты бүдірлі болат арматуралық сырықтармен арматуралау болып тұр. Стандартты бүдірлі болат арматуралық сырықтардан автоматты режимде арматуралық тор жасау үшін арнайы автоматты арматуралаушы механизм жасалды. Автоматты арматуралаушы механизм арматуралық сырықтарды көлденең және тік бағытта орналастырып, оларды өзара байланыстыру үшін нүктелі түйіспелі дәнекерлеуді қолданады. Нүктелі түйіспелі дәнекерлеу кезінде жылу мыстан жасалған электродтар арқылы дәнекерленетін тік және көлденең орналасқан арматуралық сырықтарға беріледі. Дәнекерлеу үрдісі өте жылдам жүретіндіктен дәнекерленіп жатқан тік және көлденең орналасқан арматуралық сырықтардың қызуы мен сууын визуалды бақылау мүмкін емес. Тік және көлденең орналасқан арматуралық сырықтардың қанша температураға дейін қызатынын анықтау үшін және олардың қызуы мен суу уақытын нақты білу үшін InfraTec VarioCAM HD head деп аталатын жоғары ажыратымдылықтағы тепловизор қолданылды. Бұл тепловизор дәнекерленген арматуралық сырықтар 0,5 секунда 150 °C-ден астам градусқа қызып, тек 49 секундтан кейін барып 37,9 °C-қа дейін суыйтынын көрсетті. Бұл дәнекерленген арматуралық сырықтарды суыту үшін автоматты арматуралаушы механизмге қосымша суыту жүйесінің қажеттігін көрсетті.

Кілтті сөздер: аддитивті технология, стандартты болат арматура, аддитивті технологиядағы арматуралау, арматуралық тор, арматуралаушы механизм.

Кіріспе

Аддитивті технологияның дүниеге келуін Чарльз Халлдың 1986 жылы 3D баспа технологиясының алғашқы аппаратын патенттеуімен байланыстырады [1, 1–б.]. Ал, құрылыстағы аддитивті технологияның негізі Behroх Хошневистің Contour Crafting технологиясын ойлап табуымен қаланды деп есептеледі [2, 1–б.]. Дегенмен, құрылыс материалдарын қабаттап құйып отырып, ғимарат салу технологиясы АҚШ-та 20-ғасырдың 30–40 жылдары жүзеге асқаны белгілі [3, 1–б.]. Оған дәлел Е. Уршелдің 1944 жылы алған патенті [4, 2–б.], ол патент

алумен тоқталмай өз технологиясын дәлелдеу үшін пішіні жұмыртқа тәріздес үй салған [5, 1–б.], сонымен қатар, оны арматуралауды да ойластырған, әрине, арматура қолмен салынды [6, 1–б.]. Қазіргі уақытқа дейін стандартты болат арматурамен арматуралау үрдісі 3D баспаға дейін [7, 2–б.], 3D баспа барысында [8; 9] және басып шығарудан кейін [10; 11] қолмен жүргізіледі. Сол заманнан бері аутоматты арматуралау мәселесі өзекті болып келеді.

Цюрих техникалық университетінің зерттеу тобы стандартты болат арматурадан автоматты режимде арматуралық торды құру мәселесін шеше алды [12, 7–10-б.]. Ол үшін тік және көлденең бағыттағы арматуралық сырықтарды түйіспелі дәнекерлеу арқылы байланыстыра отырып арматуралық тор жасайтын құрылғы жобалап жасады. Бұл жерде бірінші арматуралық тор толық құрылып болған соң ғана бетон қолмен құйылады, сәйкесінше дәнекерлеу кезінде қызған арматуралық сырықтар суып үлгереді.

Classen және авторлар 3D баспа барысында стандартты болат арматураны автоматты түрде арматуралау тұжырымдамасын ұсынды [13, 6–9–б.]. Бұл жұмыста арматураларды 3D баспа барысында ұзарту үшін доғалы дәнекерлеуді қолданған. Дегенмен, нақты тәжірибе кезінде тұжырымдама қағидаларынан ауытқып, арматуралық тор алдын ала қолмен жасалып, сосын барып бетон 3D баспаланған. Сәйкесінше, 3D баспа барысында дәнекерлеуден кейін қызып тұрған арматура ылғал бетонмен жанасқанда булану болмаған.

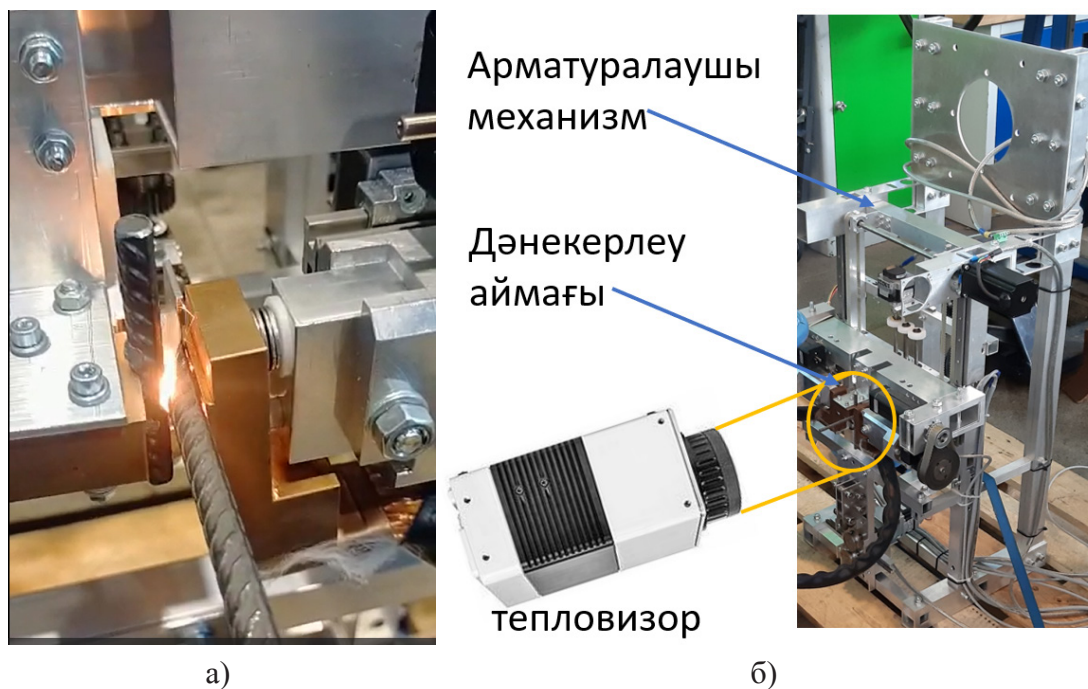
Мақала авторлары алдыңғы жұмысында [14, 238-240-б.] 3D баспа барысында стандартты болат арматураны автоматты түрде арматуралауға мүмкіндік беретін аутоматты арматуралаушы механизмнің тұжырымдамасын ұсынған еді. Тұжырымдамаға сәйкес арматуралық тор 3D баспа барысында құрылып, бірден бетонға интеграциялану керек. Осы жерде дәнекерлеу кезінде қызған арматуралық сырықтар ылғал бетонға жанасқанда булану болуы мүмкін. Ол өз кезегінде бетон ішінде қуыс кеуектер тудыру қауіпі бар. Сондықтан, арматуралық сырықтардың дәнекерлеу кезінде қанша температураға дейін қызатынын және олардың қызуы мен суу уақытын зерттеу керек.

Материалдар мен әдістері

Арматуралық сырық ретінде DIN 488-1:2009-08 стандартына сәйкес жасалған диаметрі 8 мм болатын бүдірлі болат арматура қолданылды. Түйіспелі дәнекерлеуші аппарат ретінде Expert D64653 LORSCH аппараты қолданылды. Дәнекерленген арматуралық сырықтардағы жылуды өлшеу үшін InfraTec VarioCAM HD head деп аталатын жоғары ажыратымдылықтағы тепловизор қолданылды.

Автоматты арматуралаушы механизм көлденең және тік арматуралық сырықтарды бір-біріне қатысты крест тәріздес орналастырып, электродтарымен қысып дәнекерлеп отырды (1а-сурет). Тепловизор дәнекерлеу аймағынан 60 см арақашықтықта орналастырылып, оның фокусы дәнекерлеу аймағына бағытталды. 1б-суретте тепловизордың фокусы шартты түрде сары түсті шеңбермен және сызықтармен көрсетілген. Тепловизордың оптикасы көлденең арматуралық сырықтың өстік сызығына қатысты параллель орналастырылды да тек сол

бағыттан өлшенді. Тік арматуралық сырыққа қатысты параллель орналастыруға автоматты арматуралаушы механизмнің басқа бөліктері кедергі жасады.

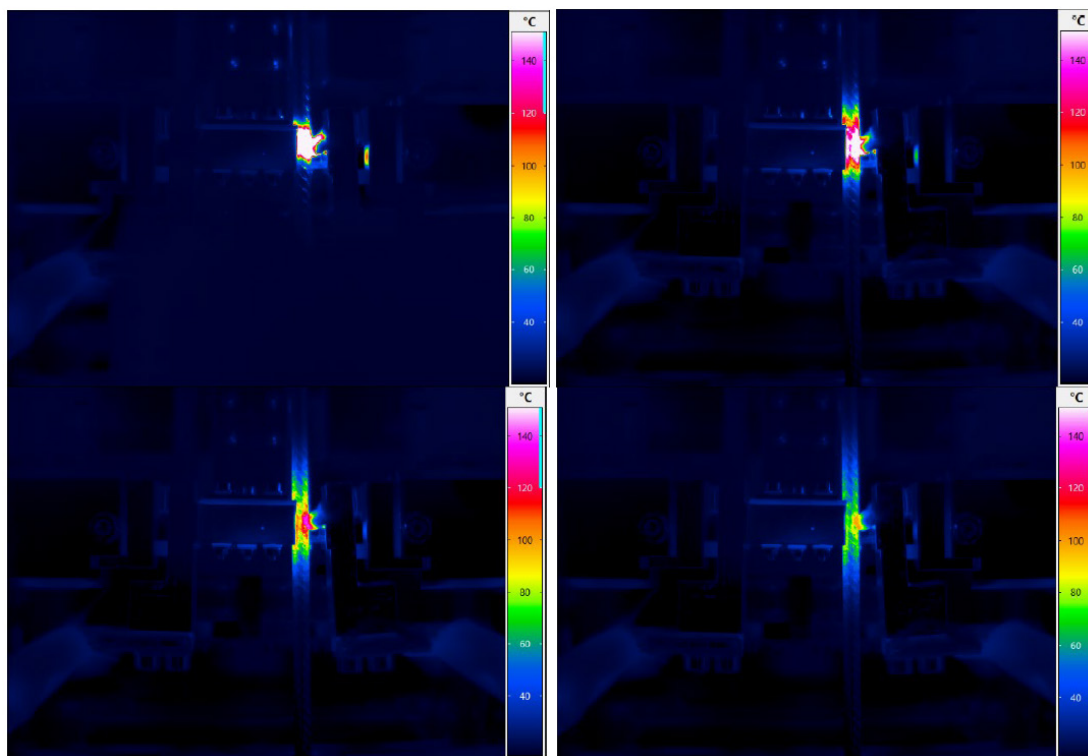


Сурет 1 – Тәжірибе жасау: а – арматуралық сырықтарды дәнекерлеу, б – тепловизормен жылу өлшеудің шартты сұлбасы

InfraTec VarioCAM HD head жоғары ажыратымдылықтағы тепловизор компьютерге жалғанып, өзінің арнайы бағдарламасында өлшенген мәндерді электронды түрде жазып, инфрақызыл суреттерді сақтап отырды. Тәжірибе 150-ден астам рет қайталанып, мәндер MS Excel бағдарламасына өткізіліп, сонда өңделді.

Нәтижелер мен талқылау

Тепловизордан алынған нәтижелер жылу көзі тік және көлденең арматуралар түйіскен нүктеде екенін көрсетті. Сосын жылу біртіндеп арматуралық сырық бойымен сол нүктенің асты мен үсті жағына тарап, ақырындап суыйтынын анықталды (2-сурет).



Сурет 2 – Тепловизордан алынған суреттер: дәнекерлеу кезінде арматуралық сырықтардың қызуы мен сууы

Дәнекерлеу үрдісі 0,3 секундта жүреді. Дәнекерлеу басталғаннан бастап 0,5 секундта арматуралық сырықтар 150 °C-ден астам қызады. Сосын ақырындап суып бастайды. 3-суреттегі диаграммада көрсетілгендей суу үрдісі қызуға карағанда ұзақ жүреді. 49 секундтан кейін 37,9 °C-қа дейін суыйды.

Автоматты арматуралаушы механизм бетонды 3D баспалайтын шүмектің алдына орнатылатынын ескерсек, онда арматуралық тордың қалай тез қызатын болса, солай тез сууын қамтамасыз ету керек. Әйтпесе, бетонның құрамындағы су буланып, бу қысымымен бетон мен арматуралық сырық арасында кеуектер қалыптастыру қаупі бар. Мұндай кеуектер бетон мен арматура байланысын әлсіретіп қоймай, сонымен қатар, ішкі кернеулердің шоғырлану аймағына айналу қаупі



Сурет 3 – Арматуралық сырықтың қызып-суу диаграммасы бар.

Сондықтан, дәнекерленген арматуралық сырықтарды белсенді түрде суыту мүмкіндіктерін қарастырған абзал.

Авторлар ұсынған тұжырымдама бойынша автоматты арматуралаушы механизм шүмектің алдына орнатылады. Шүмек пен автоматты арматуралаушы механизмнің дәнекерлеуші бөлігінің артқы жағындағы шеткі орнының арасындағы арақашықтық 160 мм шамасында және 3D баспаның орташа жылдамдығы 80 мм/с. Сонда дәнекерлеуден кейін қызған арматуралық сырықтар максимум 2 секундта суып үлгеруі керек.

Қорытынды

3D баспаланған бетонды арматуралау – құрылыстағы аддитивті технологияның қазіргі кездегі өзекті мәселелерінің бірі болып тұр. Мақала авторлары ұсынған тұжырымдама бұл мәселені шешуге бағытталған. Дегенмен, 3D баспа барысында түйіспелі дәнекерлеуді қолданып арматуралық тор жасағанда дәнекерленген арматуралық сырықтардың қызып, бетонға интеграцияланға дейін суып үлгермеу мәселесі туындайды. Мақала осы мәселенің анықтап зерттеуге бағытталған.

Зерттеу нәтижесі дәнекерлеуден кейін қызған арматуралық сырықтардың суу үрдісін кем дегенде 50 есе жылдамдату керектігін көрсетті. Келесі жұмыстарда дәнекерленген арматуралық сырықтарды суытудың әртүрлі тәсілдері зерттелетін болады және суыту жүйесін автоматты арматуралаушы механизмнің қай жеріне орналастыру оңтайлы болатындығы анықталатын болады.

Қаржыландыру бойынша ақпарат

Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитеті қаржыландыратын зерттеу аясында жүзеге асырылды (Грант №AP19178044).

REFERENCES

- 1 **Savvides, L. A.** History of 3D Printing: Three Waves of Development. Emerald Publishing Limited, Leeds – 2021. – P. 29–51. – <https://doi.org/10.1108/978-1-80071-665-020211005>
- 2 **Smith, D.** Printed buildings: an international race for the ultimate in automation. // Construction Research and Innovation – 2012. – Vol. 3(2). – P. 26–31. – [Electronic resource]. – <https://doi.org/10.1080/20450249.2012.11873838>
- 3 The Real First 3D Printed Building (1930's). – [Electronic resource]. – <https://www.youtube.com/watch?v=DI9rhG5BPrM&t=257s>
- 4 URSCHEL, W.E. Қабырғаларды салуға арналған машина. Патент АҚШ № 2,339,892. 25 қаңтар 1944. АҚШ, Патенттік ведомство.
- 5 Concrete Without Forms. <https://www.youtube.com/watch?v=nkxe9uK8jSo>
- 6 Urschel Wall Building Machine. – [Electronic resource]. – <https://www.youtube.com/watch?v=QXqwnJTVSsE>
- 7 **Liu, M., Wang, L., Ma, G., Li, W., Zhou, Y.** U-type steel wire mesh for the flexural performance enhancement of 3D printed concrete: A novel reinforcing approach // Materials Letters. – 2023. – Vol. 331. – <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.133429>.
- 8 [Electronic resource]. – <https://www.youtube.com/shorts/bMlvx9u4kkA>
- 9 [Electronic resource]. – <https://www.youtube.com/shorts/b97-PX8HIU>
- 10 **Asprone, D., Auricchio, F., Menna, C., Mercuri V.** 3D printing of reinforced concrete elements: Technology and design approach // Construction and Building Materials. – 2018. – Vol. 165. – P. 218–231. – <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.018>.
- 11 **Gebhard, L., Mata-Falcón, J., Anton, A., Dillenburger, B., Kaufmann, W.** Structural behaviour of 3D printed concrete beams with various reinforcement strategies // Engineering Structures. – 2021. – Vol. 240. – <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2021.112380>.
- 12 **Hack, N., Dörfler, K., Walzer, A.N., Wangle, T., Mata-Falcón, J., Kumar, N., Buchli, J., Kaufmann, W., Flatt, R. J., Gramazio, F., Kohler, M.** Structural stay-in-place formwork for robotic in situ fabrication of non-standard concrete structures: a real scale architectural demonstrator// Automation in Construction – 2020. – Vol. 115. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103197>.
- 13 **Classen, M., Ungermann, J., Sharma, R.** Additive Manufacturing of Reinforced Concrete—Development of a 3D Printing Technology for Cementitious Composites with Metallic Reinforcement. // Applied Sciences – 2020. – Vol. 10(11). – <https://doi.org/10.3390/app10113791>
- 14 **Сағынтай, М., Мустафа, А., Нұрман, Е.** 3D баспаланған бетонды арматуралауға арналған аутоматты арматуралаушы механизм. //Л. Н. Гумилев атындағы ЕҰУ хабаршысы. Техникалық ғылымдар және технология сериясы. – 2023. – № 4/2023.

09.09.24 ж. баспаға түсті.

11.09.24 ж. түзетулерімен түсті.

12.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

***М. Сагынтай¹, А. Мустафа²**

^{1,2}Сатбаев университет, Республика Казахстан, г. Алматы

²ТОО «RnD Center», Республика Казахстан, г. Алматы

Поступило в редакцию 09.09.24.

Поступило с исправлениями 11.09.24.

Принято в печать 12.09.2024.

ИССЛЕДОВАНИЕ НАГРЕВА АРМАТУРНЫХ СТЕРЖНЕЙ ПРИ СВАРКЕ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Одной из актуальных проблем аддитивной технологии является армирование стандартными рифлёными стальными арматурными стержнями. Для автоматического изготовления арматурной сетки из стандартных рифлёных стальных стержней был создан специальный автоматический механизм армирования. Автоматический механизм армирования размещает арматурные стержни в горизонтальном и вертикальном направлениях и использует точечную контактную сварку для их соединения. При точечной контактной сварке тепло передается через электроды, сделанные из меди, на свариваемые вертикально и горизонтально расположенные арматурные стержни. Поскольку процесс сварки происходит очень быстро, визуально контролировать нагрев и охлаждение вертикально и горизонтально расположенных арматурных стержней невозможно. Для определения температуры нагрева вертикально и горизонтально расположенных арматурных стержней, а также точного времени их нагрева и охлаждения был использован тепловизор с высоким разрешением InfraTec VarioCAM HD head. Этот тепловизор показал, что сваренные арматурные стержни нагреваются до более чем 150°C за 0,5 секунды и остывают до 37,9°C только через 49 секунд. Это показало необходимость установки дополнительной системы охлаждения для автоматического армирующего механизма.

Ключевые слова: аддитивная технология, стандартная стальная арматура, армирование в аддитивных технологиях, арматурная сетка, армирующий механизм.

***M. Sagyntay¹, A. Mustafa²**^{1,2}Satbayev University, Republic of Kazakhstan, Almaty²«RnD Center» LLP, Republic of Kazakhstan, Almaty

Received 09.09.24.

Received in revised form 11.09.24.

Accepted for publication 12.09.24.

RESEARCH ON THE HEATING OF REINFORCEMENT BARS DURING WELDING USED IN ADDITIVE TECHNOLOGIES

One of the current challenges in additive technology is the reinforcement with standard ribbed steel bars. A special automated reinforcement mechanism was developed to automatically produce reinforcement mesh from standard ribbed steel bars. The automated reinforcement mechanism arranges the reinforcement bars in both horizontal and vertical directions and uses spot contact welding to join them. During spot contact welding, heat is transferred through copper electrodes to the vertically and horizontally placed reinforcement bars being welded. Since the welding process occurs very quickly, it is impossible to visually monitor the heating and cooling of the vertically and horizontally arranged bars. To determine the temperature reached by the vertically and horizontally arranged bars during heating, as well as to precisely measure their heating and cooling times, a high-resolution InfraTec VarioCAM HD head thermal imager was used. This thermal imager showed that the welded bars heat up to over 150°C in 0.5 seconds and cool down to 37.9°C only after 49 seconds. This indicated the need for an additional cooling system for the automated reinforcement mechanism.

Keywords: additive technology, standard steel reinforcement, reinforcement in additive technologies, reinforcement mesh, reinforcement mechanism.

Теруге 13.09.24 ж. жіберілді. Басуға 30.09.24 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 1,09 Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс № 4279

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz