

Выводы

1. На основании проведенных исследований определенно оптимальное соотношение флюсов Record SK и АН-26П в пропорции (50:50)%. При наплавке под новым составом флюса обеспечивается такое же качество металла, как при наплавке порошковой проволокой ПП-Нп-14Х12Г12СТ, под флюсом Record SK.
2. Смесь импортного и отечественного флюсов в установленной пропорции не снижает износостойкость металла наплавленного применяемой порошковой проволокой и позволяет получить значительный экономический эффект.

Список использованных источников:

1. Малинов Л.С. Новая порошковая проволока, обеспечивающая эффект деформационного упрочнения наплавленного металла при эксплуатации / Л.С. Малинов, В.Л. Малинов, Л.Н. Орлов, А.А. Голякевич // Автоматическая сварка. – 2009. – №5. – С. 46-48.
2. Богачев И.Н. Кавитационные разрушения и кавитационностойкие сплавы / И.Н. Богачев, Р.И. Минц. – М. : Металлургия, 1972. – 179 с.
3. Богачев И.Н. Повышение кавитационно-эрозионной стойкости деталей машин / И.Н. Богачев, Р.И. Минц. – М. : Машиностроение, 1964. – 144 с.
4. Разиков М.И. Сварка и наплавка кавитационной стали марки 30Х10Г10 / М.И. Разиков, В.П. Ильин. – М. : НИИМАШ, 1964. – 35 с.
5. Богачев И.Н. Новые кавитационностойкие стали для гидротурбин и их термообработка / И.Н. Богачев, Л.С. Малинов, Р.И. Минц. – М. : НИИИФАРТЯЖМАШ. – 1967. – 47 с.

Bibliography:

1. L.S. Malinov. New cored wire that provides the effect of strain hardening weld metal usage / L.S. Malinov, V.L. Malinov, L.N. Orlov, A.A. Golyakevich // Automatic welding. – 2009. – №5. – P. 46-48.
2. I.N. Bogachev. Cavitation damage and kavitatsionnostoykie alloys / I.N. Bogachev, R.I. Mintz. – Moscow : Metallurgy, 1972. – 179 p.
3. I.N. Bogachev., R.I. Mints. Increased cavitation erosion resistance of machine parts. – Mashinostroenie, 1964. – 144 p.
4. M.I. Razik. Welding and surfacing cavitation steel 30H10G10 / M.I. Razik, V.P. Ilyin. – Moscow : NIIMASH, 1964. – 35 p.
5. I.N. Bogachev., L.S. Malinov., R.I. Mintz. New kavitatsionnostoykie steel turbines and heat treatment. – Moscow : NIINFARTYAZHMASH. – 1967. – 47 p.

Рецензент: А.Д. Размышляев
д-р техн. наук, профессор ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 07.11.2012

УДК 621.791.927.5

©Миронова М.В.*

**ВЛИЯНИЕ ИНДУКЦИИ ПРОДОЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ПРОПЛАВЛЕНИЕ ОСНОВНОГО МЕТАЛЛА
ПРИ ДУГОВОЙ НАПЛАВКЕ**

Показано, что при наплавке постоянное и переменное частотой 50 Гц продольное магнитное поле оказывают тормозящее действие на скорость потоков жидкого металла в ванне, что приводит к уменьшению эффективности проплавления основного металла при наплавке.

Ключевые слова: наплавка, продольное магнитное поле, потоки жидкого металла в ванне, проплавление основного металла.

* канд. техн. наук, доцент, ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь

Міронова М.В. Вплив індукції подовжнього магнітного поля на проплавлення основного металу при дуговому наплавленні. Показано, що при наплавленні постійне і змінне частотою 50 Гц подовжнє магнітне поле надає гальмівну дію на швидкість потоків рідкого металу у ванні, що призводить до зменшення ефективності проплавлення основного металу при наплавленні.

Ключові слова: наплавлення, подовжнє магнітне поле, потоки рідкого металу у ванні, проплавлення основного металу.

M.V. Mironova. Influence of longitudinal magnetic field induction on the base metal penetration at arc surfacing. It is shown constant and alternative of 50 Hz frequency longitudinal magnetic field exert retarding action on the fluid flow speed in weld pool and reduce efficiency of base metal penetration at arc surfacing.

Keywords: surfacing, longitudinal magnetic field, fluid metal flows in weld pool, base metal penetration.

Постановка проблеми. Проблема формирования наплавленного валика и его размеров определяет эффективность использования легирующих элементов в наплавленном слое, уменьшение отходов при механической его обработке.

Анализ последних исследований и публикаций. Как отмечалось в работе [1] при дуговой наплавке под флюсом на изделия из ферромагнитных материалов с использованием продольного магнитного поля (ПРМП) частотой 50 Гц наблюдается снижение глубины проплавления основного металла. Объяснение этого факта сводилось к тому, что в горизонтальной плоскости жидкого металла ванны у электрода имеется значительная радиальная компонента индукции B_r . Для наплавочных работ эффект снижения H_{np} (и площади проплавления - F_{np}) весьма важен, однако причины наблюдаемого явления не были выяснены.

Цель статьи – установить причины, лежащие в основе эффекта снижения глубины и площади проплавления основного металла при дуговой сварке и наплавке.

Изложение основного материала. Для установления причин отмеченного выше явления выполняли наплавки на постоянном токе обратной полярности проволокой Св-08ГА (ферромагнетик) диаметром 4 мм на пластины из стали Ст. 09Г2С (ферромагнетик) толщиной 20 мм под флюсом АН-348А в ПРМП на режиме: $I_n = 500...550$ А, $U_o = 30...32$ В, $V_n = 27$ м/ч. Во всех экспериментах измерения продольной компоненты индукции B_z выполняли у поверхности этой пластины при расстоянии от плоского торца электрода до пластины 5 мм. Индукцию постоянного ПРМП измеряли миллитесламетром типа ЭМ-4305 с датчиком Холла с базой 1×1 мм, а переменного ПРМП – миллитесламетром типа Ф-4356 с датчиком Холла с базой 4×4 мм.

Для создания магнитного поля использовали соленоид с ферромагнитным сердечником, установленный соосно с электродом. Наплавки осуществляли с воздействием постоянного и переменного частотой 50 Гц ПРМП. Чтобы уменьшить радиальные компоненты индукции B_r у электрода в жидком металле ванны выполняли также наплавки проволокой Св-12Х18Н10Т (немагнитной) диаметром 4 мм на пластины толщиной 20 мм из такой же стали под флюсом АН-20С на указанных выше режимах. На рис. 1 приведены данные поперечных макрошлифов валиков при наплавке с неизменной скоростью подачи проволоки. При увеличении индукции B_z как знакопеременного частотой 50 Гц, так и постоянного ПРМП глубина проплавления H_{np} уменьшается в одинаковой степени (ср. кривые 1 и 2 на рис. 1). Кроме того, при использовании немагнитных материалов, когда в зоне жидкого металла у электрода практически отсутствует компонента индукции B_r , глубина H_{np} и площадь F_{np} проплавления основного металла также значительно уменьшается при увеличении индукции B_z ПРМП частотой 50 Гц (кривые 3, 6 на рис. 1). Характерно, что при индукции $B_z \leq 50...60$ мТл глубина проплавления практически не изменяется, а при значениях $B_z \geq 50...60$ мТл начинает существенно уменьшаться. Для выявления причин наблюдаемых эффектов были выполнены исследования, результаты которых изложены ниже.

Наблюдаемое уменьшение H_{np} при увеличении индукции B_z ПРМП и особенно – при увеличении B_z свыше $50...60$ мТл (рис. 1) не может быть объяснено изменением интегрального усилия дуги, либо среднего давления дуги, поскольку они не снижаются в указанном диапазоне индукций ПРМП [2-4]. Полагали, что объяснение факта снижения H_{np} при увеличении индук-

ции B_z ПРМП необходимо искать, анализируя явления, связанные с гидродинамикой жидкого металла в сварочной ванне и, прежде всего, с торможением потоков этого металла при воздействии ПРМП.

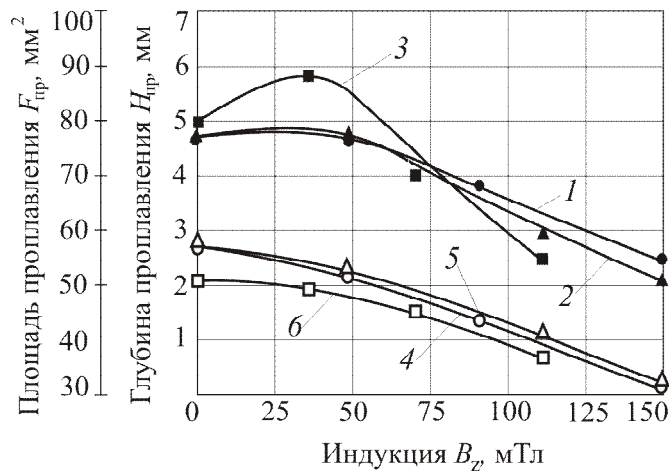


Рис. 1 – Влияние индукции B_z ПРМП на параметры $H_{пр}$ и $F_{пр}$: а – $V_{под} = const$, 1, 4 – $H_{пр}$, $F_{пр}$: Св-08ГА Ø 4 мм, ПРМП частотой 50 Гц; 2, 5 – $H_{пр}$, $F_{пр}$: Св-08ГА Ø 4 мм, постоянное ПРМП; 3, 6 – $H_{пр}$, $F_{пр}$: Св-12Х18Н10Т Ø 4 мм, ПРМП частотой 50 Гц; б – $I_n = const$, 1, 3 – $H_{пр}$, $F_{пр}$: Св-08ГА Ø 4 мм, ПРМП частотой 50 Гц; 2, 4 – $H_{пр}$, $F_{пр}$: Св-08ГА Ø 4 мм, постоянное ПРМП

Было высказано предположение о влиянии ранее не учтенного фактора. Как известно, на движение любого электропроводного тела (в том числе и жидкого металла ванны) постоянное магнитное поле оказывает тормозящее действие. Можно предположить, что аналогичное тормозящее действие на движение жидкого металла оказывает и переменное частотой 50 Гц магнитное поле. Для проверки этого предположения выполняли следующий эксперимент.

Установка для исследований (рис. 2) представляла собой физический маятник (использовать схему установки, представлявшей собой математический маятник, не представилось возможным из-за неустойчивого движения образца при воздействии ПРМП).

На жестких нитях (медных проволоках диаметром 1,5 мм) 1 укрепляли диски 2 из припоя марки ПОС – 40. Эти диски изготавливали расплавлением припоя. Размеры их составляли: диаметр – 66 мм, толщина была в разных сериях различной и составляла 1,5 мм; 2,8 мм и 7 мм, при этом вес этих дисков соответственно составлял: 33,7 г; 67,44 г и 126 г. Плоский диск размещали в ПРМП, которое образовано соленоидом 3 с числом витков $W = 144$. Зазор между торцом этого соленоида и массивной пластиной 4 из малоуглеродистой стали (ферромагнитной) толщиной 40 мм составлял $H = 30$ мм. Проволочки 1 крепили к шарикоподшипнику 5. Распределение индукции в этом зазоре было достаточно равномерным, хотя имелся определенный градиент (снижения) индукции ПРМП в направлении к пластине 4.

Этот маятник имел подшипник 5, что обусловило потери в нем на трение при движении маятника. Кроме того, необходимо было учитывать силы трения проволочек 1 и груза 2 о воздух.

Была решена задача определения только силы торможения $F_{торм}$, действующей со стороны ПРМП, за вычетом других сил (для сокращения объема статьи выкладки не приводятся).

Данные (рис. 3, а) показывают, что имеется линейная связь между максимальной скоростью груза-диска при прохождении его центра через вертикальную ось – V_{max} и силой $F_{торм}$, которая тормозит этот диск при воздействии ПРМП. Характерно, что постоянное и частотой 50 Гц ПРМП аналогично влияет на $F_{торм}$. Однако, при прочих равных условиях сила $F_{торм}$ при воздействии ПРМП частотой 50 Гц несколько меньше, чем при воздействии постоянного ПРМП (при равной индукции). При увеличении индукции ПРМП силы торможения $F_{торм}$ линейно увеличиваются (рис. 3, б).

При действии постоянного ПРМП невозможно оценить на сколько (в какой мере) это поле тормозит движение потоков (которые это же поле и создало). Поэтому оценим расчетным

путем эффективность влияния на скорость движения жидкого металла в сварочной ванне ПРМП частотой 50 Гц. Усилие торможения $F_{\text{торм}}$ не зависит от веса модельного диска P . Зависимость $F_{\text{торм}}$ от веса P для данной индукции B_z ПРМП выражается формулой:

$$F_{\text{торм}} = k \cdot P,$$

где k – коэффициент (постоянная величина для данных значений B_z и V_{max}).
Учитываем, что $P = mg$ и $F_{\text{торм}} = kmg$.

Из этих выражений $m = \frac{P}{g}$ и $m = \frac{F_{\text{торм}}}{a}$, тогда $a = \frac{F_{\text{торм}}}{m} = \frac{kmg}{m} = kg$; $a = kg$.

Убыль скорости при торможении $\Delta V = \sqrt{2aL}$, где L – путь торможения, м.

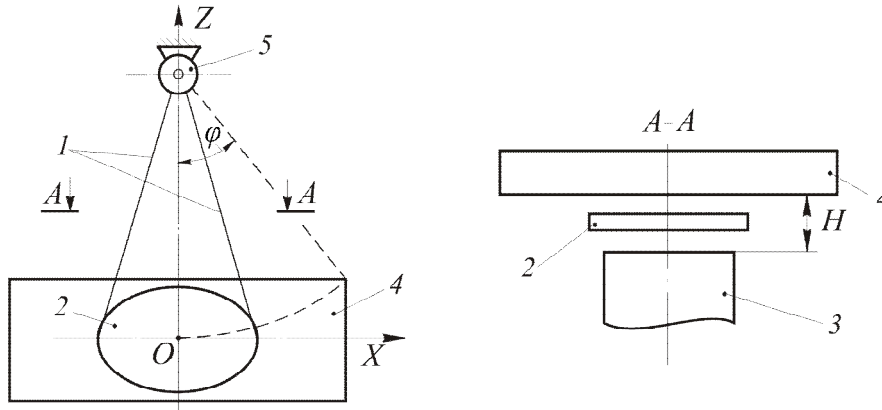


Рис. 2 – Схема устройства для исследований тормозящего действия ПРМП на движение токопроводящих тел (обозначения расшифрованы в тексте)

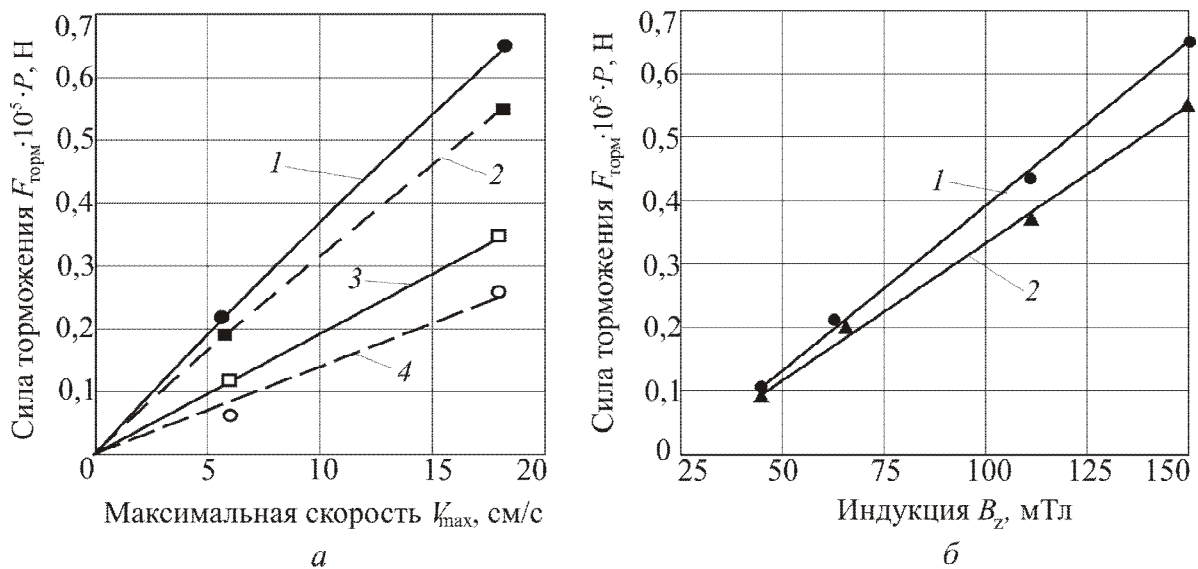


Рис. 3 – Зависимость силы торможения от максимальной скорости перемещения диска (а) и от индукции ПРМП (б): а – 1, 2 – $B_z = 150$ мТл; 3, 4 – $B_z = 63 \dots 66$ мТл; 1, 3 – постоянное ПРМП; 2, 4 – переменное частотой 50 Гц ПРМП; б – 1 – постоянное ПРМП; 2 – переменное частотой 50 Гц ПРМП ($V_{\text{max}} = 18$ см/с)

Оценим «тормозящее» действие ПРМП частотой 50 Гц на скорость потоков в ванне. Учитывая, что заметное влияние ПРМП частотой 50 Гц оказывает на глубину проплавления основного металла H_{np} (F_{np}) в области значений $B_z > 50 \dots 60$ мТл примем значение $B_z = 150$ мТл. Для области скоростей $V_{\text{max}} \leq 5$ см/с значение коэффициента $k = 0,2 \cdot 10^{-3}$, т.е. $F_{\text{торм}} = 0,2 \cdot 10^{-5} \cdot P$ [Н].

Тогда на длине ванны $L = 5$ см, тогда убыль скорости составит величину $\Delta V \approx 1,41$ см/с,

что составляет $\frac{1,4 \cdot 100}{5} = 28,2\%$ по отношению к принятой скорости $V_{max} \leq 5$ см/с.

В то же время, при значительных скоростях потока эффект торможения скорости будет меньше. Например, при максимальной скорости потока 18 см/с на длине 5 см снижение скорости составит 13 %. Для более точных оценок необходимы данные о скорости потоков в реальной сварочной ванне.

Следует отметить, что, казалось бы, небольшая сила $F_{торм}$ (по сравнению с весом испытуемого образца – P) оказывает существенное тормозящее влияние на скорость потоков жидкого металла в сварочной ванне. Уменьшение скорости потока увеличивает толщину прослойки жидкого металла под дугой $\delta_{ж}$ и этим объясняется существенное снижение глубины проплавления H_{np} основного металла при воздействии ПРМП частотой 50 Гц, если $B_z > 50 \dots 60$ мТл.

Действием указанного фактора торможения потоков жидкого металла возможно также объяснить факт снижения глубины и площади проплавления основного металла при наплавке с воздействием ПРМП частотой 50 Гц, когда изделие и электрод не являются ферромагнетиками.

Применительно к действию постоянного ПРМП можно отметить, что это поле и возбуждает потоки жидкого металла в ванне (за счет действия сил Лоренца) и одновременно оказывает тормозящее действие на скорость этих потоков.

Однако основной вклад в снижение глубины (H_{np}) и площади проплавления основного металла (F_{np}) при воздействии ПРМП вносит «тормозящее» действие на скорость потока (в хвостовую часть ванны из головной ее части) осевая (продольная) составляющая индукции ПРМП. Тормозящее действие на скорость потоков пропорционально индукции B_z ПРМП.

Выводы

1. При дуговой наплавке проволокой под флюсом глубина проплавления основного металла уменьшается, если величина продольной компоненты индукции постоянного и переменного частотой 50 Гц ПРМП превышает уровень 65 мТл. Это наблюдается при использовании проволок и изделий как из ферромагнитных материалов, так и немагнитных материалов.
2. Постоянное и переменное частотой 50 Гц ПРМП оказывают тормозящее действие на скорость потоков жидкого металла в ванне, что приводит к увеличению толщины прослойки жидкого металла под дугой, к уменьшению эффективности проплавления основного металла при дуговой наплавке пропорционально увеличению индукции ПРМП, если ее значения превышают уровень порядка 50...60 мТл.

Список использованных источников:

1. Болдырев А.М. Управление глубиной проплавления при дуговой сварке и наплавке с помощью продольного переменного магнитного поля / А.М. Болдырев, В.А. Биржев, А.В. Черных // Сварочное производство. – 1993. – № 6. – С. 30-31.
2. Ленивкин В.А. Определение скоростного напора плазмы сварочной дуги / В.А. Ленивкин, П.И. Петров, Н.Г. Дюргерев // Сварочное производство. – 1984. – № 7. – С. 3-4.
3. О формировании сварного шва в продольном магнитном поле при аргонодуговой сварке / В.Н. Селяненок и др. // Сварочное производство. – 1975. – № 11. – С. 5-7.
4. Размышляев А.Д. Особенности проплавления основного металла при дуговой наплавке в продольном магнитном поле / А.Д. Размышляев, М.В. Миронова // Автоматическая сварка. – 2008. – № 8. – С. 24-28.

Bibliography:

1. A.M. Boldyrev. Controlling the penetration depth at arc welding and surfacing using longitudinal alternating magnetic field / A.M. Boldyrev, V.A. Birzhev A.V. Chernyh // Svarochnoe proizvodstvo. – 1993. – № 6. – P. 30-31. (Rus)
2. V.A. Lenivkin. Definition of ram pressure plasma arc / V.A. Lenivkin // Svarochnoe proizvodstvo. – 1984. – № 7. – P. 3-4. (Rus).
3. About the formation of the weld in the longitudinal magnetic field at TIG welding / V.N. Selyanenkov and other // Svarochnoe proizvodstvo. – 1975. – № 11. – P. 5-7. (Rus)
4. A.D. Razmyshljaev. Features of penetration of the base metal in arc surfacing in a longitudinal

magnetic field / A.D. Razmyshljaev, M.V. Mironova // Avtomaticheskaya svarka. – 2008. – № 8. – P. 24-28.

Рецензент: В.А. Роянов
д-р техн. наук, проф. ГВУЗ «ПГТУ»

Статья поступила 14.11.2012

УДК 669.018:620.178.167.001.5

©Малинов В.Л.*

ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ НАПЛАВЛЕННОГО МЕТАЛЛА С МЕТАСТАБИЛЬНЫМ АУСТЕНИТОМ ПРИ АБРАЗИВНОМ И УДАРНО-АБРАЗИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Представлены результаты исследований износостойкости при абразивном и ударно-абразивном изнашивании и технологической прочности наплавленного металла, содержащего в качестве одной из основных структурных составляющих метастабильный аустенит. Полученные данные позволяют оптимизировать химический состав наплавленного металла.

Ключевые слова: наплавленный металл, аустенит, мартенсит, карбиды, абразивная и ударно-абразивная износостойкость, коэффициент динамичности.

Малинов В.Л. *Зносостійкість наплавленого металу з метастабільним аустенітом при абразивному та ударно-абразивному впливі. Наведені результати досліджень зносостійкості при абразивному і ударно-абразивному зношуванні та технологічної міцності металу, що містить у якості однієї із основної структурної складової метастабільний аустеніт. Отримані дані дозволяють оптимізувати хімічний склад наплавленого металу.*

Ключові слова: наплавлений метал, аустеніт, мартенсит, карбіди, абразивна і ударно-абразивна зносостійкість, коефіцієнт динамічності.

V.L. Malinov. *Wear resistance of deposited metal with metastable austenite under abrasive and impact-abrasive action. The research results of abrasive and impact-abrasive wear resistance and technological strength of deposited metal containing metastable austenite as major structural component are given. The obtained data make possible optimize deposited metal chemical composition.*

Keywords: deposited metal, austenite, martensite, carbide, abrasive and impact-abrasive wear resistance, dynamic coefficient.

Постановка проблемы. Большое количество различных деталей машин и механизмов работает в условиях абразивного и ударно-абразивного воздействия, в результате чего они интенсивно изнашиваются. Это требует значительных затрат на их восстановление или замену. Одной из наиболее эффективных технологий упрочнения и восстановления деталей является электродуговая наплавка порошковыми электродами. Материалы, применяемые для наплавки, существенно отличаются по типу и степени легирования, а дорогие легирующие элементы зачастую используются неэффективно. Для предупреждения трещин в наплавленном металле применяется предварительный и сопутствующий подогрев, что требует затрат энергоносителей и затрудняет технологический процесс.

Наиболее эффективно задача ресурсосбережения решается за счет повышения долговечности при экономном легировании, путем получения для конкретных условий эксплуатации наиболее рационального структурно-фазового состояния наплавленного металла. Кроме того,

* канд. техн. наук, доцент ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь