

Максимальное увеличение прочности при сжатии наблюдается при расходе добавки 1 % по сравнению с чистым гипсом и составляет 7,3 МПа, в то время как незначительно изменяется прочность при изгибе и сроки схватывания.

Из результатов рентгенофазового анализа на рисунке 3, б можно увидеть присутствие примеси кварца, что обуславливает повышение прочности гипсового вяжущего.

Вывод. Введение таурита в качестве добавки от 1 до 2 % повышает марку гипсового вяжущего до Г – 7 (прочность при сжатии 7,01 – 7,3 МПа, прочность при изгибе 3,7 – 3,8 МПа). Показатели предела прочности при сжатии и изгибе, сроки схватывания для марки Г – 7 соответствуют требованиям ДСТУ Б В.2.7 – 82:2010. Последующее увеличение процентного содержания таурита 3 – 5 % постепенно снижает прочностные показатели до марки Г – 6.

Результаты исследований подтверждают возможность использования таурита ТС – Д в качестве добавки для повышения прочностных характеристик гипсовых вяжущих.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бутт Ю. М., Сычева М. М., Тимашев В. В. Дегидратация. Химическая технология вяжущих материалов. – М. : Высшая школа, 1980. – 472 с.
2. Крестовиков А. Н., Вигдорович В. Н. Химическая термодинамика. – М. : Госстройиздат, 1973. – 256 с.
3. Пашенко А. А., Сербин В. П., Старчевская Е. А. Вяжущие материалы. – К. : Высшая школа, 1985. – 440 с.
4. Пригожин И., Дежи Р. Химическая термодинамика. – Новосибирск, 1965. – 210 с.
5. Amathieu L., Boistelle R. Crystallization kinetics of gypsum from dense suspension of hemihydrates in water. J. Cristal Growth, 1988, vol.88, n 2, pp. 183 – 192.
6. Murat M., Karmazsin E., Cinétique d'hydratation des sulfates de calcium sémi-hydratés. Essai d'interprétation des courbes "Vitesse – degré d'avancement". In: Compterendu du Colloque International de la R.I.L.E.M. 25 – 27 mai 1977. – France, Saint-Remy-Les-Chevreuse, 1977, pp. 217 – 236.
7. Onorato, Ettore. The fine structure of gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Zeitschrift fuer Kristallographie, Kristallgeometrie, Kristallphysik, Kristallchemie, 1929, vol. 71, pp. 277 – 325.
8. Ridge M. J. Mechanism of setting of gypsum plaster. Rev. Pure and appl. Chem., 1960, vol. 10, n°4, pp. 243 – 276.
9. Ridge M. J., Bright J. E. Twin crystals of precipitated gypsum. – Miner. Mag., 1962, vol. 33, n°259, pp. 347 – 348.
10. Rumyansev B. M., Adriamov R. A. Improvement of water resistance of gypsum products. – Izvestiya Vysshikh Uchebnykh zavedenii, Stroitel'stvo, 1995, vol. 12, pp. 51 – 60.
11. Smadi M., Rami H., Akour A. Potential use of phosphogypsum in concrete, Cement and Concrete Research, 1999, vol. 29, n°9, pp. 1419 – 1425.

УДК 666.974.2: 621.746.464

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФУТЕРОВКИ ПРИБЫЛЬНЫХ НАДСТАВОК СТАЛЕПЛАВИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А. Ю. Конопляник, к. т. н., доц.

Ключевые слова: *прибыльная надставка, жаростойкий бетон, шамотный кирпич, футеровка, виброустановка, слитки*

Постановка проблемы. На Алчевском металлургическом комбинате при разливке спокойной стали в слитки массой 10 – 14 тонн применяют прибыльные надставки, футерованные шамотным кирпичом. Применение таких надставок показало их существенные недостатки, заключающиеся в больших трудозатратах, связанных с устройством кирпичной кладки сложной конфигурации и невысокой стойкостью футеровки, равной 12 – 17 наливов. Кроме того, большие потери тепла через боковую поверхность надставки приводят к увеличению распространения усадочных дефектов в тело слитка, а наличие большого количества швов в кирпичной кладке футеровки – к подвисанию слитка при съеме надставки и, как следствие, образованию на нем поперечных трещин. Производственный опыт эксплуатации

прибыльных надставок массой до 12 т показал, что устранения этих недостатков можно добиться путем применения двухслойной футеровки из жаростойкого бетона, которая изготавливается механизированным способом [1; 2].

Цель работы состояла в разработке составов жаростойких бетонов, конструктивных решений и технологических приемов изготовления двухслойной футеровки применительно к прибыльным надставкам для слитков массой 10 – 14 т.

Результаты исследования: технология разливки спокойной стали в условиях комбината должна обеспечивать разливку стали в слитки массой 13,8, 11,8 и 10,7 т с прибыльными надставками типа Д-13, 11С-1 и Д-10 соответственно. Конструктивные особенности надставок с двухслойной футеровкой определяются параметрами внутренней полости головной части слитка.

При разработке конструкции за основу была принята прибыльная надставка, содержащая металлический корпус с постоянным и рабочим слоями из жаростойкого бетона, в которой боковая поверхность постоянного слоя выполнена расширяющейся к верху надставки [3].

Указанная прибыльная надставка хорошо зарекомендовала себя при разливке стали в слитки массой до 12 т, когда отношение длины прямолинейного участка («свободной длины») рабочего слоя футеровки к его толщине в нижней части не превышает 10. Например, на Макеевском металлургическом комбинате, где масса слитка составляет 8,2 т, а отношение «свободной длины» рабочего слоя к его толщине равно 8,8, срок службы рабочего слоя футеровки составляет 40 – 50 наливов [1].

При массе слитка более 12 т и, соответственно, больших размерах внутренней полости надставки, «свободная длина» рабочего слоя увеличивается, а ее отношение к толщине этого слоя становится более 10. При этом, в результате одностороннего действия температуры и возникающих при этом усилий, рабочий слой футеровки в нижней его части выгибается внутрь надставки и отслаивается от постоянного слоя. Выгиб рабочего слоя происходит во время съема прибыльной надставки с головной части слитка, когда поверхность рабочего слоя резко охлаждается, а температура на поверхности чугунного корпуса остается высокой. Величина выгиба оказывается тем больше, чем больше отношение «свободной длины» рабочего слоя к его толщине. При последующих наливах в образовавшийся между постоянным и рабочим слоями зазор проникает расплавленный металл, застывает там, что при съеме прибыльной надставки с головной части слитка приводит к разрушению рабочего слоя в его нижней части. Все это ведет к снижению срока службы прибыльной надставки.

В надставках, используемых на Алчевском металлургическом комбинате, отношение «свободной длины» рабочего слоя к его толщине составляет: 9,3 для надставки типа Д-10, 9,4 для надставки типа 11С-1 и 12,50 для надставки типа Д-13. Таким образом, при разработке конструктивных решений для надставок типа Д-10 и 11С-1 нет необходимости удержания рабочего слоя футеровки от выгиба, а при разработке конструктивных решений для надставок типа Д-13 возникает необходимость такого удержания.

Поскольку конфигурация внутренней полости надставок 11С-1 и Д-10 отличается незначительно из-за близких по массе параметров слитков, то конструктивные решения внутренней полости этих надставок практически одинаковы. На рисунке 1 приведена конструкция прибыльной надставки типа Д-10 с двухслойной футеровкой из жаростойкого бетона.

При разработке конструкции прибыльной надставки типа Д-13 на внутренней поверхности стенок корпуса (по середине длинных сторон) выполнили ребра шириной, равной толщине постоянного слоя футеровки. При этом поверхности ребер, которые находятся в контакте с рабочим слоем футеровки, выполнили сходящимися внутрь надставки и расходящимися к верху надставки под углом 5 – 10 градусов. Ширина между ребрами принята увеличивающаяся к верху надставки с 80 до 140 мм в связи с увеличением к верху надставки толщины рабочего слоя футеровки. Такое конструктивное решение корпуса образует своеобразный «ласточкин хвост», который в середине длинных сторон надежно удерживает рабочий слой от выгиба. Конструкция прибыльной надставки типа Д-13 с двухслойной футеровкой из жаростойкого бетона приведена на рисунке 2.

Для изготовления двухслойной футеровки разработали и применили жаростойкий бетон на глиноземистом цементе следующего состава, мас %:

Шамотный заполнитель фракции 1 – 10 мм – 63,6

Глиноземистый цемент – 20,5

Жидкое стекло – 15,9

Разработанный состав жаростойкого бетона обладает высокими физико-механическими и огневыми характеристиками, а именно:

Прочность на сжатие:

- после сушки при $t = 110^{\circ}\text{C}$ 20,3 МПа
- после нагрева до $t = 800^{\circ}\text{C}$ 18 МПа
- при температуре $t = 400^{\circ}\text{C}$ 20,1 МПа
- при температуре $t = 800^{\circ}\text{C}$ 18,2 МПа

Кажущаяся плотность:

- после сушки 2 020 кг/м³

Открытая пористость:

- после сушки 21,2 %

Температура деформации

под нагрузкой 0,2 МПа:

- начало размягчения 1 110^oC
- 4 % деформации 1 270^oC

Коэффициент теплопроводности

- при $t=600^{\circ}\text{C}$ 0,9 Вт/м·°C
- при $t=1000^{\circ}\text{C}$ 1,02 Вт/м·°C

Термическая стойкость, 25

800 °C → воздух теплосмен

Коэффициент линейного термического расширения $\alpha \cdot 10^{-6}$

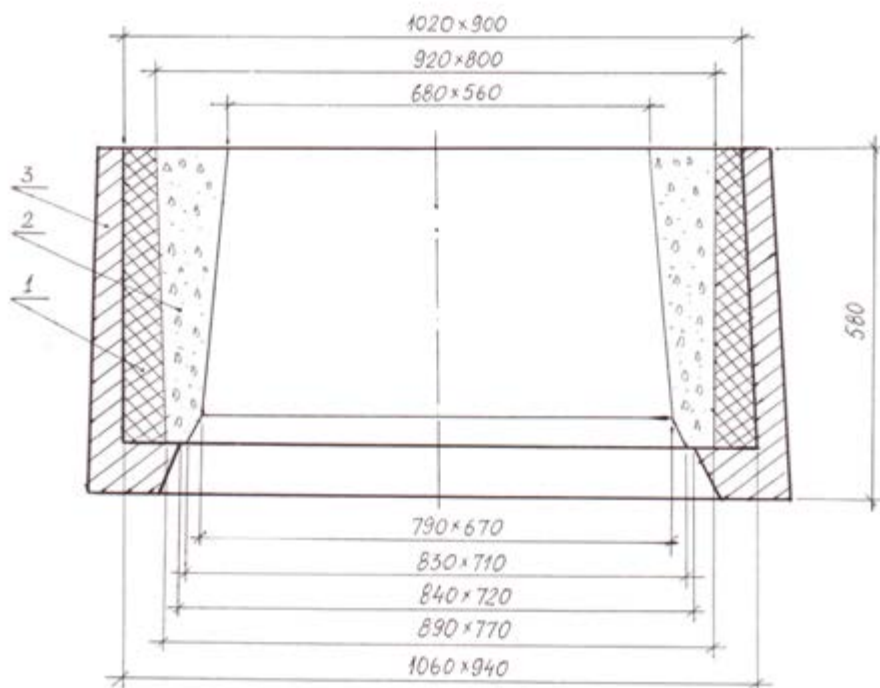
в интервале температур 100 – 1000 °C 2,73 – 5,55

Огнеупорность, °C 1380 °C

Для улучшения теплоизолирующей способности футеровки в состав бетона постоянного слоя добавляли вспученный перлитовый песок в количестве 1,05 %.

Отработку технологического процесса изготовления и эксплуатации футеровки производили на прибыльных надставках типа Д-10. Для сравнения параллельно изготавливали прибыльные надставки, футерованные жаростойким бетоном и шамотным кирпичом.

Футеровку из жаростойкого бетона изготавливали на разработанной установке виброударного действия (виброустановке), схема которой приведена на рисунке 3. Всего было изготовлено 6 прибыльных надставок с двухслойной футеровкой из жаростойкого бетона.



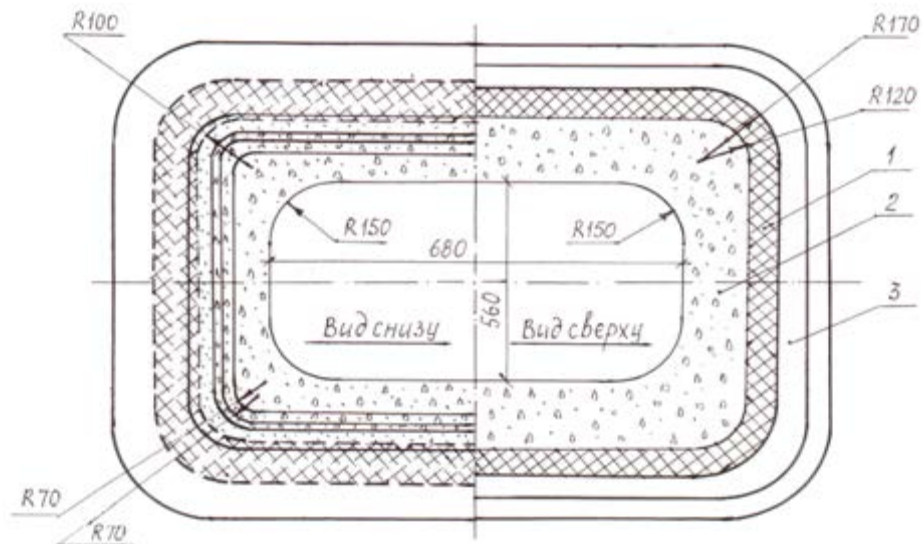
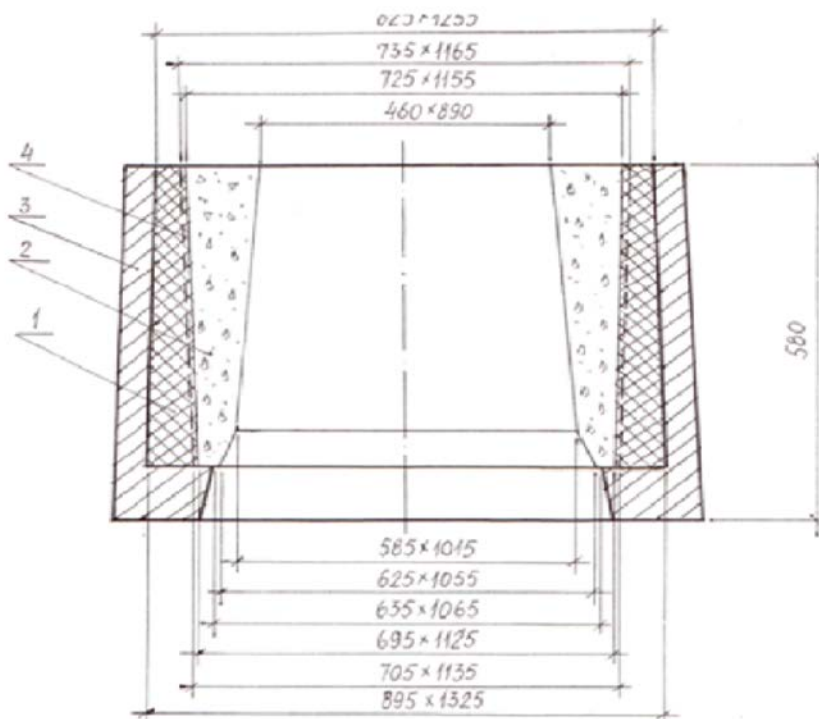


Рис. 1. Конструкция прибыльной надставки для слитков массой 10,7т с футеровкой из жаростойкого бетона:
 1 – постоянный слой футеровки; 2 – рабочий слой; 3 – корпус прибыльной Надставки

Приготовление бетонной смеси производили в бетоносмесителе принудительного перемешивания емкостью 0,3 м³. Вначале в бетоносмеситель подавали сыпучие материалы в последовательности: шамотный заполнитель, глиноземистый цемент и перлитовый песок (для постоянного слоя) и перемешивали в течение 2 минут. Затем добавляли необходимое количество жидкого стекла и всю смесь перемешивали в течение 3 минут.



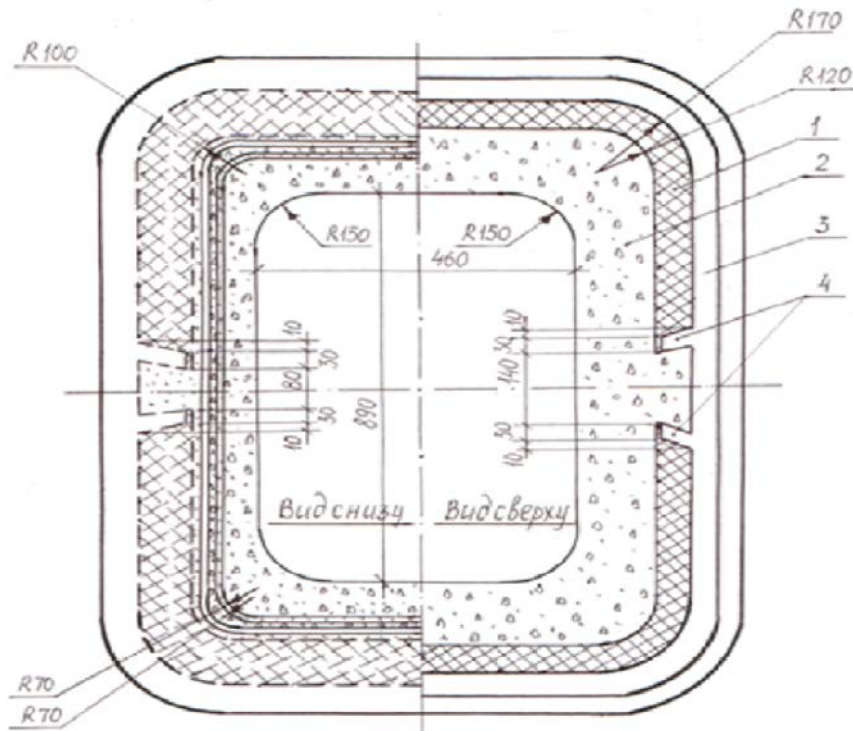


Рис. 2. Конструкция прибыльной надставки для слитков массой 13,8т с футеровкой из жаростойкого бетона:
1 – постоянный слой футеровки; 2 – рабочий слой; 3 – корпус прибыльной надставки; 4 – ребра

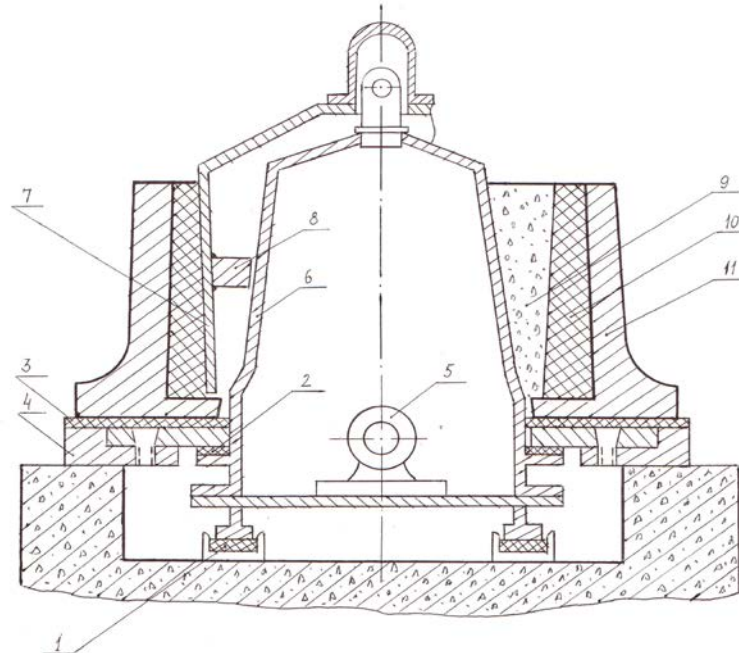


Рис. 3. Виброустановка для изготовления футеровки прибыльных надставок из жаростойкого бетона:
1 – прокладки из микропористой резины толщиной 30мм; 2 – прокладки из резины средней жесткости толщиной 15 мм; 3 – прокладки из жесткой резины толщиной 20 мм; 4 – металлическое кольцо; 5 – вибратор; 6 – вибросердечник для изготовления рабочего слоя футеровки; 7 – съемный сердечник для изготовления постоянного слоя футеровки; 8 – упоры; 9 – рабочий слой футеровки; 10 – постоянный слой футеровки; 11 – корпус прибыльной надставки

Вначале изготавливали постоянный слой футеровки 10. Для этого, включив предварительно вибратор 5, подавали бетонную смесь из бетоносмесителя в зазор между корпусом надставки 11 и съемным сердечником 7. Бетонную смесь уплотняли в течение 4 – 5 мин. После выдержки отформованного постоянного слоя в течение 15 – 20 мин извлекали съемный сердечник, а прибыльную надставку с изготовленным постоянным слоем снимали с виброустановки и подавали на сушку. Сушку постоянного слоя осуществляли на газовых горелках в течение 5 ч по режиму: подъем температуры до 150 °С и выдержка в течение 1,5 ч, подъем температуры до 350 °С и выдержка в течение 3,5 ч.

После сушки постоянного слоя на его поверхность наносили разупрочняющийся при нагреве слой массы толщиной 0,3 – 0,5 мм состава: 50 % лигносульфоната технического плотностью 1,15 г/см³ и 50 % тонкодисперсного отхода производства кремнийсодержащих ферросплавов. Сушка нанесенного слоя осуществлялась за счет тепла, аккумулированного постоянным слоем футеровки.

Для изготовления рабочего слоя футеровки 9 корпус надставки 11 с постоянным слоем 10 помещали на виброустановку и, включив вибратор 5, подавали бетонную смесь в зазор между вибросердечником 6 и постоянным слоем. После уплотнения бетонной смеси и выдержки отформованного рабочего слоя, прибыльную надставку снимали с вибросердечника и снова устанавливали на сушку. Сушку рабочего слоя осуществляли по тому же режиму, что и постоянного.

Испытание прибыльных надставок производили в мартеновском цехе комбината. Прибыльные надставки, футерованные жаростойким бетоном, считались опытными, а футерованные шамотным кирпичом – сравнительными. Опытные и сравнительные прибыльные надставки эксплуатировали на одном составе по действующей на комбинате технологии.

Футеровку надставок в процессе эксплуатации перед каждой плавкой очищали от шлака и наносили на рабочую поверхность защитную обмазку толщиной 7 – 10 мм следующего состава: 100 % песка (с содержанием глины 10 – 20 %), затворенного водой с добавкой лигносульфоната технического. Сталь разливали из 300 т ковшей сифонным способом согласно действующей на комбинате технологической инструкции. После окончания разливки зеркало металла утепляли слоем перлита-угольной смеси.

Стойкость рабочего слоя футеровки опытных надставок составила в среднем 30 наливов. Рабочий слой вышел из строя из-за износа бетона в его нижней части, при этом величина износа составила более 25 мм. Средняя стойкость футеровки сравнительных прибыльных надставок составила 12 – 17 наливов.

Для оценки влияния футеровки из жаростойкого бетона на качество разливаемого металла провели сравнительные исследования слитков, отлитых с прибыльными надставками, футерованными жаростойким бетоном и шамотным кирпичом. Исследования показали, что усадочные дефекты в слитках, отлитых с прибыльными надставками, футерованными жаростойким бетоном, с уменьшенным на 266 кг расходом металла в прибыли, локализируются в пределах прибыльной части и не входят в тело слитка, что свидетельствует о лучшей теплоизолирующей способности этих надставок и возможности снижения отходов металла с головной обрезью.

ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. **Завадский М. Я., Прядко В. М., Виноградов Н. М. и др.** Разработка и внедрение составов жаростойких бетонов, новой конструкции и технологии изготовления футеровки прибыльных надставок сталеплавильного производства // Огнеупоры. – 1987. – № 1. – С. 53 – 56.

2. **Завадский М. Я., Прядко В. М., Конопляник А. Ю. и др.** Технология изготовления футеровки прибыльных надставок из жаростойкого бетона // Черная металлургия. Бюлл. науч.-техн. информ. – 1991. – № 11. – С. 72 – 74.

3. А. с. № 835611. СССР. Прибыльная надставка. / М. Я. Завадский, В. М. Прядко, В. В. Лифар и др. // Открытия. Изобретения. Промышленные образцы. Товарные знаки. – 1981. – № 21. – С. 53.