

0-1
МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ Б С С Р

ВИТЕБСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ЛЕГКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ



" УТВЕРЖДАЮ "

Проректор института по учебной
и научной работе

В.Я. Богданов
доц. БОГДАНОВ В.Я.

" 16 " *декабрь* 1970 г.

О Т Ч Е Т

N.з.р. 7006/167

Б110409

по хоздоговорной теме: "ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ,
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙ-
СТВ СТЕКЛА ПЕЧИ № I Борисовского стеклозавода
им. ДЗЕРЖИНСКОГО". *XO-11*

Заказчик- Борисовский стекло-
завод им.Дзержинского

Научный руководитель темы -
канд.техн.наук Н.В.ШКЛЯР

Шкляр

В работе принимали участие:

от ВТИЛП - к.т.н., доц. *С.Е. Савицкий*, *Савицкий*

к.т.н. С.Г.КОВЧУР

ассистент В.Е.КОВЧУР

ассистент Е.Н.ШКЛЯР. *Шкляр*

от Борисовского стеклозавода им.Дзержинского:

инженеры А.П.ГАЙДУК

А.С.КОРОЛЬ

Е.В.УХИНА

Н-52

Библиотека ВГТУ



г.Витебск, 1970 г.

0-12

С О Д Е Р Ж А Н И Е

ГЛАВА I. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА СТЕКОЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ Стр.

В С Т У П Л Е Н И Е	I
1. Теплопередача и технология производства стекла.....	2
2. Теплопередача в стекле	4
3. Радиация в стекле	5
4. Истинная и кажущаяся теплопроводность стекла	II
5. Переходный процесс теплопередачи	14
6. Теплопередача в стекловаренных печах	17
7. Температурные измерения в стеклоплавильном объеме.....	18
8. Конвекция в стекломассе.....	19
9. Отопление стекловаренных объёмов	22
10. Теплопередача и закаливание	23

ГЛАВА II. ИССЛЕДОВАНИЕ СЛОЖНОГО ТЕПЛООБМЕНА В ПЛАМЕННОМ ПРОСТРАНСТВЕ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

31

ГЛАВА III. НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕПЛОВОЙ РАБОТЫ СТЕКЛОВАРЕННЫХ ПЕЧЕЙ

1. Техническая характеристика ванной печи для варки хрусталя..	51
2. Конструктивные данные	55
3. Рекомендации по увеличению производительности работы стекловаренных печей	56

ГЛАВА IV. ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МАЛОСВИНЦОВЫХ СТЕКОЛ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ МАССОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ХРУСТАЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

1. Разработка новых составов стёкол с малым содержанием окиси свинца	61
--	----

2. Влияние PbO на оптические свойства стёкол.....	66
3. Изучение плотности свинцовых стёкол	68
4. Влияние окиси свинца на коэффициент термического расширения стёкол	69
5. Влияние PbO на термическую стойкость некоторых силикатных стёкол.....	70
6. Влияние окиси свинца на кристаллизационные свойства стекол..	71
7. Выводы и рекомендации промышленности	73
8. Литература	75

Г Л А В А I

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ТЕПЛА В СТЕКОЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

В С Т У П Л Е Н И Е

Трудно переоценить важность теплопередачи для производства стекла: варка, формовка и отжиг стекла зависят от контролируемой подачи тепла или от прекращения его действия. Тем не менее производство стекла стало искусством задолго до того, как теплопередача была признана как отдельная отрасль исследования. Многие основные достижения современной технологии, такие как непрерывная варка, регенеративный отжиг (восстанавливающий) и машинное вытягивание листового стекла были получены без каких-либо количественных данных о механизмах теплопередачи, участвующей в процессе. В большинстве основных отраслей промышленности эмпирическая технология значительно превзошла науку.

Признавая существование такой пропасти между промышленной практикой и её научными составляющими, мы остановимся на некоторых последних исследованиях процесса теплопередачи, который имеет место в производстве стекла. Мы, однако, не делаем даже попытки приводить картину современного состояния чрезвычайно сложного и разностороннего промышленного производства. Наша основная цель помочь пониманию практики производства стекла, используя термины и понятия некоторых передовых теорий теплопередачи, которые применяются в ней.

I. Теплопередача и технология производства стекла

Теплопередача - это такая отрасль техники, которая имеет отношения к механизмам радиации, теплопроводности и конвекции, а в более широком смысле - связана с экономией топлива, процессом его сгорания (окисления), измерением температуры и тому подобное. Она помогает стекольной промышленности в конструировании оборудования, а также в попытке оптимизировать операции и в разработке новых процессов.

Итак, первое, что должно быть признано при обсуждении роли теплопередачи в технологии стекла - это то, что явления, с которыми она соприкасается, всего лишь незначительная часть среди многих других, участвующих в производстве стекла. Поэтому эффективное использование теплопередачи в стекольной промышленности зависит от понимания этой взаимосвязи. Без этого никакие знания в области теплопередачи не смогут помочь в производстве хорошего стекла, и чем яснее представляются такие основные процессы, как варка, формовка и отжиг, тем более эффективно может быть применен инструмент теории теплопередачи к оптимизации производства. И наоборот, лучшее проникновение в процесс теплопередачи может, в свою очередь, вести к лучшему пониманию других физико-химических явлений. Это следует ожидать, так как любая взаимозависимость - это двухсторонняя связь.

Многие проблемы теплопередачи являются общими для стекольного производства и других отраслей промышленности. Поэтому большой объем знаний, накопленных вне пределов нашей отрасли промышленности, также ценны для нас. Эта "стандартная" информация по теплопере-

1. W.H.McAdams, Heat Transmission, McGraw-Hill Book Co., New York, 1954.
2. F.V.Tooley, Handbook of glass Manufacture, Ogden Publishing Co., New York, 1961.
3. R.Günther, Glass-Melting Tank Furnaces, translated by J.Currie Society of Glass Technology, Sheffield, 1958.
4. L.A.Adams and E.D.Williamson, "The Annealing of Glass", J.Franklin Inst., 190, 1920.
5. G.M.Bartenew, J.Tech.Phys., 19, 1949.
6. V.L.Ingenbom, J.Techn.Phys., 24, 1954.
7. E.H.Lee, T.G. Rogers and T.C.Woo, J.Am.Ceram.Soc., 48, 1965.
8. P.Jørgensen, Verres et Refr., 20, 1967.
9. W.Trier, Glastechn. Ber., 36, 1963.
10. F.J.Grove and P.E. Jellyman, J.Soc. Glass Technol., 39, 1955.
11. Genzel, Glastechn. Ber., 24, 1951.
12. N.Neuroth, Glastechn. Ber., 25, 1952.
13. R.Gardon, "Emissivity of Transparent materials", J.Am. Ceram.Soc., 39, 1956.
14. H.O.Momahon, J.Am.Ceram.Soc., 34, 1951.
15. J.R.Beattie, "A Glass Surface Temperature Pyrometer", J. Soc.Glass Technol., 38, 1954.
16. C.Hilsum and J.M.Ross, Nature, 179, 146, 1957.
17. A.Schuster, "The Influence of Radiation on the Transmission of Heat", Phil. Mag., 5, 243-257, 1903.
18. F.W.Preston, J.Soc. Glass Technol., 31, 134, 1947.
19. B.S.Kellelt, Steady Flow of Heat Through Hot Glass", J. Opt.Soc. Am., 42, 339-343, 1952.
20. L.Genzel, "Der Anteil der Wärmestrahlung bei Wärmeleitungs-vorgängen", Z.Physik, 135, 177-195, 1953.
21. W.Geffcken, Glastechn. Ber., 25, 392-396, 1952.
22. L.Genzel, Glastechn. Ber., 26, 69-71, 1953.
23. A.Waether, J.Dörr, and E.Eller, Glastechn.Ber., 26, 133-140, 1953.
24. E.H.Ratcliffe, Glass Technology, 4, 113-128, 1963.
25. J.C.Akfirat, R.Gardon, "The Thermal Conductivity of Glasses at Moderate Temperatures" - to be published.
26. N.Neuroth, Glastechn.Ber., 32, 197-198, 1959.

27. R.Gardon, J.Am.Ceram. Soc., 41, 200-209, 1958.
28. D.A.Mograw, J.Am.Ceram. Soc., 44, 353-363, 1961.
29. W.Trier, J.Am. Ceram. Soc., 44, 339-345, 1961.
30. W.Trier, Glastech. Ber., 26, 5-12, 1953.
31. W.Trier, Glastech.Ber., 33, 401-411, 1960.
32. J.Peyches, Verres et Rejr., 3-17 June, and 26-37 Aug.1947.
33. J.C.Hamilton, R.R.Rough, Glass ⁺technology, New York, 1962.
34. W.Trier, Glastech.Ber., 38, 282-292, 1965.
35. D.E.Sharp, Ceramic Industry, 63, 1954.
36. D.E.Sharp, "Fuel Utilization in Glass Melting", Ceramic Industry, 63, 1954.
37. R.Germerdonk, Glastech.Ber., 36, 86-90, and 158-169, 1963.
38. W.Trier and A.Stein, Glastech, Ber., 38, 353-361, 1965.
39. R.Gardon and J.C.Akfirst, J. of Heat Transfer, Proc.ASME, 88, ,Series C, 101-108, 1966.
40. R.Gardon, "Tempering Glass by Forced Convection", PaperNo 79 Proc. 7-th International Congress on Glass, Bruxelles, 1965.
41. A.F.Vanzee and H.M.Noritake, J.Amer.Ceram.Soc., 41, 164-175, 1958.
42. P.Gilara and J.Debast, Glass Technology, Proc.6-th Internat. Congr. on Glass, Plenum Press, New York, 1962.
43. С.Г.Ковчур. Хрустальные стёкла с малым содержанием
Стекло и керамика, 1963, № 5, 31-34.
44. К.И.Блох. Исследование факела стекловаренной печи на гид-
равлической модели, кандидатская диссертация, ВНИИС
Москва, 1948.
45. Эйгенсон Л.С. Применение метода моделирования к некоторым
задачам стекольной промышленности. Труды техниче-
ской конференции работников стекольной промышлен-
ности. Промстройиздат, 1948.
46. И.М.Шейнкоп. Исследование методами моделирования работы
фидера при производстве непрерывного стеклянного
волокна одностадийным способом, кандидатская дис-
сертация, МИХМ, 1964.

47. Д.Б.Гинзбург. Стекловаренные печи. Гизлегпром, 1948.
48. Н.А.Захариков. Теплообменные процессы в стекловаренных печах. Гостехиздат УССР, 1962.
49. К.К.Тилис. К методике расчёта стекловаренных печей, "Стекло", Информационные материалы института стекла, № 4, 1964
№ 2, 1965 г.
50. Д.Б.Гинзбург. О теплообмене в пламенном пространстве. стекло-
А.Я.Рапопорт варенной печи. Сб. "Исследования в области хи-
Г.Б.Элькин мии и технологии силикатов", МХТИ им.Д.И.Мен-
Я.В.Шкляр делеева, вып. 4, 1966.
Ю.Н.Писцов
51. R. Cermendonk. Über die Größe des konvektiven Wärmeeübergangs von der Flamme aus das Glas in Glasschmelzwannenöfen, "Glastechn. Ber.", H. 3, 5, 1963.
52. В.И.Лебедев, Я.В.Шкляр. К расчёту сложного теплообмена в стекловаренных печах, "Энергетика", известия вузов, № 12, 1966.
53. В.И.Лебедев, Исследование внешнего теплообмена в стеклова-
Я.В.Шкляр, ренных печах и некоторые вопросы их конструк-
М.Я.Хинкис тивного оформления. "Сб. трудов ОКБ ЭТХИМ МХП СССР", 1969.
54. В.И.Сухов. Исследование влияния аэродинамических условий ввода горючей смеси на теплообмен в камере сгорания газа, кандидатская диссертация, МИХМ, 1965.
55. В.И.Лебедев, К расчёту внешнего теплообмена в ваннных печах
М.Я.Хинкис, с поперечным направлением пламени, "Стекло и
А.Я.Рапопорт, керамика" № 7, 1967.
Я.В.Шкляр,
Г.Б.Элькин

56. Я.В.Шкляр, В.И.Лебедев. О сложном теплообмене в неохлаждаемых камерах сгорания. Сб. "Теплофизические свойства веществ, передача тепла и аэродинамика", КПИ, г. Краснодар, 1970.
57. К.Т.Виллис. Термозонд для измерения лучистого теплообмена в стекловаренных печах. "Стекло"., Бюллетень института стекла, № 4, 1959.
58. А.С.Невский. Теплопередача в мартеновских печах, Металлургиздат, 1963.
59. Я.В.Шкляр. Исследование теплообмена в печах прямого нагрева производства стекловолокна, отчёт МТИ по научно-исследовательской теме № 51-19-65, 1966г.
60. Я.В.Шкляр. Некоторые закономерности конвективного теплообмена В.И.Лебедев, в пламенном пространстве стекловаренных печей прямого нагрева. Сб. "Теплофизические свойства веществ, передача тепла и аэродинамика", КПИ, Краснодар, 1970.
61. М.В.Кирпичёв. О теплопередаче в паровых котлах. "Успехи тепловой техники", ИХТИ НТО ВСХ, 1924.
62. С.Г.Ковчур. Хрустальные стекла с малым содержанием Стекло и керамика, 1963, № 3, 31-34,
63. С.Г.Ковчур. Исследование влияния окиси циркония в присутствии окислов на спектральную абсорбцию и некоторые физико-химические свойства силикатных стёкол. Кандидатская диссертация, Минск, 1969.
64. А.К.Яхкинд. Периодический закон Д.И.Менделеева и оптические постоянные стекол. Сб. "Стеклообразное состояние", изд.-во АН СССР, М-Л, 1960, 324-326.

65. А.Д.Аппен. Некоторые общие закономерности изменения свойств силикатных стекол в зависимости от их состава.

Докторская диссертация, Л. 1953.

66. Г.О.Богдыхянц и А.Г.Алексеев. Электронографическое исследование стеклообразного кремнезёма и свинцовосиликатных стёкол.Сб." Стеклообразное состояние".

Изд-во АН СССР, М-Л, 1960, 226-230.

67. С.Е.Савицкий, Я.В.Шкляр, С.Г.Ковчур, А.П.Гайдук.

Повышается производительность стекловаренных печей.

" Промышленность Белоруссии", 1971, № 1. (В печати).

Библиотека ВГТУ

