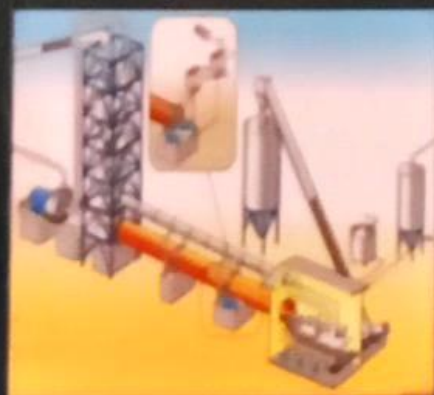


PGS. TS. NGUYỄN ĐĂNG HÙNG

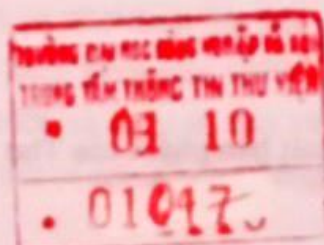
LÒ NUNG GỐM SỨ VÀ VẬT LIỆU CHỊU LỬA LÒ NUNG CLINKE XI MĂNG VÀ VÔI LÒ NẤU THỦY TINH VÀ FRIT (LÒ SILICAT)



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

PGS. TS. NGUYỄN ĐĂNG HÙNG

LÒ NUNG GÓM SỨ VÀ VẬT LIỆU CHỊU LỬA
LÒ NUNG CLINKE XI MĂNG VÀ VÔI
LÒ NẤU THỦY TINH VÀ FRIT
(LÒ SILICAT)



NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

GIỚI THIỆU TÁC GIẢ

PGS. TS. Nguyễn Đăng Hùng quê gốc ở Long Biên, Hà Nội. Ông sinh trưởng trong một gia đình trí thức truyền thống. Nhờ vào nền tảng về giáo dục của gia đình nên đã có tâm thành viên làm trong ngành Giáo dục và Đào tạo, giảng dạy tại nhiều trường đại học danh tiếng ở Hà Nội.

PGS. TS. Nguyễn Đăng Hùng là sinh viên Khóa I của Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội. Sau khi tốt nghiệp, năm 1959 ông đã trở thành giảng viên đầu tiên xây dựng Bộ môn Công nghệ vật liệu Silicat tại chính ngôi trường ông theo học. PGS. TS. Nguyễn Đăng Hùng cũng là người thầy đầu tiên dạy môn *Công nghệ vật liệu chịu lửa* từ niên học 1960 – 1961 và môn *Lò Silicat* từ niên học 1961 – 1962. Năm 1973, ông đã bảo vệ thành công Luận án Tiến sĩ tại Tiệp Khắc. Với nhiều thành tích đóng góp trong quá trình nghiên cứu và giảng dạy, ông đã được phong hàm Phó Giáo sư. Trong thời gian công tác tại trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, ông đã được cử đi dạy đại học ở nước ngoài trong 7 năm bằng tiếng Pháp với các chuyên ngành Công nghệ Gốm sứ, Thủy tinh, Lò silicat, Hóa lý silicat. Nhiều nghiên cứu sinh, học viên cao học và các thế hệ sinh viên đã được ông đào tạo và trưởng thành trong lĩnh vực này.

Ngoài đam mê nghiên cứu khoa học, PGS. TS. Nguyễn Đăng Hùng còn rất tâm huyết với việc biên soạn các cuốn sách thuộc chuyên ngành ông giảng dạy. Ông là người đầu tiên viết cuốn sách “Kỹ thuật sản xuất vật liệu chịu lửa” in tại Nhà xuất bản Giáo dục năm 1967. Tiếp sau đó là các cuốn sách khác như: “Lò silicat” (3 tập), năm 1976 và “Kỹ thuật hóa học vật liệu chịu lửa” (cùng biên soạn với đồng nghiệp) được in tại Trường Đại học Bách Khoa năm 1978; “Công nghệ sản xuất vật liệu chịu lửa”, Nhà xuất bản Bách Khoa Hà Nội, năm 2006 và được tái bản vào năm 2013. Đến năm 2011, ông viết cuốn sách chuyên đề “Lò quay nung clinke xi măng” cho Tổng Công ty Công nghiệp Xi măng Việt Nam VICEM.

Cuốn sách “**Lò nung Gốm sứ và Vật liệu chịu lửa; Lò nung clinke Xi măng và Vôi; Lò nấu Thủy tinh và Frit**” là sự tổng hợp tất cả những kiến thức căn bản và thực tiễn về các loại lò nung từ truyền thống đến hiện đại. Mặc dù tuổi đã cao nhưng tác giả đã cập nhật liên tục những thông tin khoa học và sự phát triển công nghệ mới nhất của Thế giới nhằm giúp bạn đọc có cái nhìn toàn diện hơn. Với hơn 50 năm kinh nghiệm nghiên cứu, giảng dạy và thông qua thực tế sản xuất tác giả đã biên soạn cuốn sách “**Lò nung Gốm sứ và Vật liệu chịu lửa; Lò nung clinke Xi măng và Vôi; Lò nấu Thủy tinh và Frit**” với tâm nguyện truyền lại cho thế hệ sau những kiến thức, hiểu biết về lĩnh vực Lò Silicat.

NHÀ XUẤT BẢN BÁCH KHOA HÀ NỘI

LỜI NÓI ĐẦU

Trước sự phát triển mạnh mẽ của Khoa học và Công nghệ, đòi hỏi các ngành công nghiệp cần phải có sự thay đổi và cải tiến vượt bậc nhằm đáp ứng được những yêu cầu mới của thời đại. Ngành công nghiệp Gốm sứ, Xi măng và Thủy tinh của nước ta cũng đang thay đổi mạnh về công nghệ, cách thức cũng như mẫu mã và quy trình sử dụng thực tế.

Từ những năm đầu của thập niên 60, khi giảng dạy về môn học "Lò Silicat", tác giả đã mong muốn tích lũy kiến thức và kinh nghiệm để xuất bản cuốn sách chuyên về lò Silicat. Đến năm 1976, tác giả biên soạn tài liệu "Lò Silicat" (ba tập) dành cho sinh viên của Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội và các trường Đại học, Cao đẳng liên quan đến lĩnh vực này trên cả nước. Sau hơn 50 năm đúc kết kinh nghiệm giảng dạy và quá trình thực tế tại các nhà máy, xí nghiệp; tác giả đã biên soạn và liên tục cập nhật thông tin về khoa học công nghệ để xuất bản cuốn sách với tên gọi mới là: "Lò nung Gốm sứ và Vật liệu chịu lửa; Lò nung clinker Xi măng và Vôi; Lò nấu Thủy tinh và Frit".

Nội dung cuốn sách đã khác nhiều so với ba tập "Lò silicat" in năm 1976 do tích hợp kinh nghiệm giảng dạy hơn 50 năm, thực tế sản xuất và tiếp cận được những tài liệu mới từ nguồn tiếng Anh và tiếng Pháp. Bên cạnh đó, nền công nghiệp Gốm sứ, Xi măng và Thủy tinh của nước ta chính là những minh họa thực tiễn đa dạng và phong phú giúp cho bạn đọc dễ tiếp cận và sử dụng. Kết cấu của cuốn sách gồm 13 chương, nội dung cuốn sách tập trung giới thiệu những kiến thức cơ bản về cấu tạo và quy trình hoạt động của các loại lò cũng như những vấn đề đảm bảo môi trường khi sử dụng lò.

Mặc dù đã có thâm niên giảng dạy về môn học "Lò Silicat" ở trong nước cũng như ở nước ngoài bằng tiếng Pháp nhưng tác giả cũng chưa thật thỏa mãn với những nội dung của cuốn sách này. Có thể cuốn sách vẫn chưa thật hoàn chỉnh và chắc chắn còn có thiếu sót. Tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp, trao đổi của các cá nhân và tập thể để cuốn sách được hoàn thiện hơn và ngày càng trở thành tài liệu bổ ích cho các sinh viên của các trường đại học và cao đẳng nước ta cũng như những người làm việc trong ngành Gốm sứ, Vật liệu chịu lửa, Xi măng, Vôi, Thủy tinh và bạn đọc trên toàn quốc.

Tác giả

PGS. TS. NGUYỄN ĐĂNG HÙNG

MỤC LỤC

Giới thiệu tác giả	3
Lời nói đầu	5
CHƯƠNG 1. NHIÊN LIỆU VÀ QUÁ TRÌNH CHÁY	17
1.1. Phân loại và yêu cầu của nhiên liệu	17
1.1.1. Phân loại nhiên liệu	17
1.1.2. Yêu cầu của nhiên liệu	17
1.2. Nhiên liệu rắn	18
1.2.1. Thành phần nhiên liệu	18
1.2.2. Tính chất của nhiên liệu	19
1.2.3. Các loại nhiên liệu rắn	23
1.3. Nhiên liệu lỏng	29
1.3.1. Các tính chất của nhiên liệu	29
1.3.2. Dầu mỏ	29
1.3.3. Dầu FO hay Mazut	30
1.4. Nhiên liệu khí	33
1.4.1. Đặc điểm nhiên liệu khí	33
1.4.2. Khí thiên nhiên	35
1.4.3. Khí đồng hành	36
1.4.4. Gas lỏng LPG (Liquified Petroleum Gas)	37
1.4.5. Khí chế biến dầu	38
1.4.6. Đá phiến dầu	38
1.4.7. Khí đá phiến	41
1.4.8. Băng Methane	42
1.4.9. Các khí khác	43
1.5. Lựa chọn nhiên liệu	44
1.5.1. Sơ bộ giá thành và lựa chọn nhiên liệu	44
1.5.2. Lựa chọn nhiên liệu	45
1.6. Quá trình cháy và thiết bị đốt nhiên liệu	46
1.6.1. Nhiên liệu rắn	46
1.6.2. Nhiên liệu lỏng	54
1.6.3. Nhiên liệu khí	57
1.6.4. Tính toán vòi đốt	59

CHƯƠNG 2. TÍNH TOÁN QUÁ TRÌNH CHÁY NHIÊN LIỆU	64
2.1. Mục đích và quy ước trong tính toán	64
2.1.1. Mục đích	64
2.1.2. Quy ước trong tính toán	65
2.2. Nội dung tính toán quá trình cháy hoàn toàn	65
2.2.1. Xác định nhiệt trị của nhiên liệu	65
2.2.2. Lượng không khí cần thiết để cháy nhiên liệu	66
2.2.3. Lượng và thành phần sản phẩm cháy	69
2.2.4. Nhiệt độ cháy nhiên liệu	70
2.2.5. Nhiệt độ cần nung nóng (gia nhiệt) sơ bộ không khí	75
2.2.6. Tính toán quá trình cháy với không khí giàu oxy	7
2.3. Nội dung tính toán quá trình cháy không hoàn toàn	81
2.3.1. Cho biết lượng nhiệt tổn thất q_4 , %	81
2.3.2. Cho biết hàm lượng CO_2 % trong sản phẩm cháy và hệ số α	82
2.3.3. Cháy với giá trị không khí dư $\alpha < 1$	83
2.4. Các tính toán khác	83
2.4.1. Tính gần đúng quá trình cháy	83
2.4.2. Tính lượng không khí bổ sung để khi giảm đến nhiệt độ cho	84
2.4.3. Tính lượng hơi nước bổ sung để giảm nhiệt độ	85
2.4.4. Hồi lưu sản phẩm cháy để hạ nhiệt độ cháy của nhiên liệu	85
2.4.5. Tính cân bằng vật chất của quá trình cháy	86
2.5. Các ví dụ tính toán quá trình cháy	87
CHƯƠNG 3. KHÍ HÓA THAN	114
3.1. Lý thuyết cơ bản	114
3.1.1. Quá trình tiến hành khí hóa	114
3.1.2. Các loại khí than	115
3.1.3. Ảnh hưởng tính chất nhiên liệu đến quá trình khí hóa	118
3.2. Cấu tạo lò khí hóa	120
3.2.1. Vỏ lò hay thân lò	122
3.2.2. Gỉ lò	124
3.2.3. Mỏ gió	124
3.2.4. Thiết bị nạp than	125
3.2.5. Khuấy đảo nhiên liệu	127
3.3. Trạm khí hóa	127
3.3.1. Phương pháp khô	128
3.3.2. Phương pháp ướt sản xuất ga lạnh	130
3.3.3. An toàn lao động ở trạm khí hóa	134

3.4. Tính toán lò khí hóa	135
3.4.1. Tính toán mức độ chuẩn bị nhiên liệu	136
3.4.2. Thành phần và lượng sản phẩm zôn chung khô	138
3.4.3. Thành phần, lượng khí ở zôn khí hóa, lượng tác nhân khí hóa tiêu tốn	139
3.4.4. Thành phần, lượng và nhiệt độ hỗn hợp khí cuối cùng	141
3.4.5. Lượng hơi nước trong gió	141
3.4.6. Chiều cao lớp nhiên liệu	142
3.4.7. Năng suất của lò khí hóa	143
3.4.8. Số lò khí hóa	144
3.4.9. Hệ số tác dụng hữu ích của lò khí hóa	145
CHƯƠNG 4. CHUYỂN ĐỘNG KHÍ TRONG LÒ	150
4.1. Những khái niệm về định luật cơ bản	150
4.1.1. Định luật Boil – Mariotte	150
4.1.2. Định luật Gay – Lussac	150
4.1.3. Định luật Le Chatelier	151
4.1.4. Phương trình trạng thái của khí	151
4.1.5. Định luật Dalton	152
4.2. Các dạng áp suất khí	152
4.2.1. Áp suất tĩnh học	152
4.2.2. Áp suất hình học	154
4.2.3. Áp suất động học	155
4.3. Áp suất tổn thất hay trở lực	156
4.3.1. Trở lực do ma sát	156
4.3.2. Trở lực địa phương	158
4.3.3. Một số phép tính đặc biệt	162
4.4. Phương trình các chất khí	169
4.4.1. Phương trình cân bằng của khí	169
4.4.2. Phương trình dòng liên tục	170
4.4.3. Phương trình chuyển động của khí	171
4.5. Sự chuyển áp suất từ dạng này sang dạng khác	172
4.5.1. Sự chuyển hóa của áp suất	172
4.5.2. Ứng dụng	173
4.6. Thông gió trong lò	176
4.7. Thiết bị thông gió	177
4.7.1. Ống khói	177
4.7.2. Quạt gió	181
4.7.3. Vòi phun xả khí	187

CHƯƠNG 5. TRAO ĐỔI NHIỆT	182
5.1. Truyền nhiệt bằng dẫn nhiệt	182
5.1.1. Khái niệm chung	182
5.1.2. Truyền nhiệt qua tường phẳng một lớp và nhiều lớp	184
5.1.3. Truyền nhiệt qua tường hình trụ một lớp và nhiều lớp	186
5.1.4. Ứng dụng	189
5.2. Truyền nhiệt bằng đối lưu	200
5.2.1. Dòng nhiệt đối lưu	200
5.2.2. Phương trình đồng dạng và hệ số α	202
5.2.3. Một số công thức thường dùng	207
5.2.4. Ứng dụng	209
5.3. Truyền nhiệt bằng bức xạ	209
5.3.1. Những định luật cơ bản	209
5.3.2. Tính chất của dòng nhiệt bức xạ	213
5.3.3. Trao đổi nhiệt giữa hai vật thể	214
5.3.4. Bức xạ nhiệt qua lỗ, khe hở	217
5.3.5. Bức xạ nhiệt qua tấm chắn	217
5.3.6. Bức xạ của khí và hơi	219
5.3.7. Liên hệ đến vấn đề môi trường	224
5.4. Trao đổi nhiệt trong lò lửa	224
5.4.1. Trao đổi nhiệt	224
5.4.2. Các nhân tố ảnh hưởng đến trao đổi nhiệt	229
5.4.3. Tổn thất nhiệt ra môi trường xung quanh	232
5.5. Nung nóng và làm nguội vật thể	234
5.5.1. Phương pháp tính toán	234
5.5.2. Nhiệt độ môi trường thay đổi	235
5.5.3. Nung nóng trong môi trường có nhiệt độ không thay đổi	237
5.6. Tính toán nung nóng bằng phương pháp Schmidt	242
5.7. Trao đổi nhiệt trong lớp vật liệu dạng hạt, viên, cục	254
Chương 6. HỆ THU HỒI NHIỆT	260
6.1. Buồng hồi nhiệt liên tục	261
6.1.1. Trao đổi nhiệt trong buồng	261
6.1.2. Cấu tạo của buồng hồi nhiệt gồm	262
6.1.3. Buồng hồi nhiệt kim loại	263
6.1.4. Tính toán buồng hồi nhiệt liên tục	267
6.2. Buồng hồi nhiệt gián đoạn	271
6.2.1. Trao đổi nhiệt trong buồng	271
6.2.2. Cấu tạo của buồng hồi nhiệt	273
6.2.3. Tính toán buồng hồi nhiệt gián đoạn	277

Chương 7. VẬT LIỆU CHỊU LỬA VÀ CẤU TẠO CÁC CHI TIẾT CỦA Lò	285
7.1. Tính chất cơ bản của vật liệu chịu lửa	285
7.1.1. Độ chịu lửa	285
7.1.2. Nhiệt độ biến dạng dưới tải trọng	285
7.1.3. Độ bền sốc nhiệt	285
7.1.4. Độ bền hóa	286
7.1.5. Khối lượng thể tích, độ xốp, độ hút nước	286
7.1.6. Cường độ cơ học	286
7.1.7. Cường độ chống bào mòn cơ học	286
7.2. Các loại vật liệu chịu lửa	287
7.2.1. Samôt và bán axit	287
7.2.2. Gạch cao alumin	287
7.2.3. Vật liệu chịu lửa Cordierit	288
7.2.4. Gạch cao alumin chứa ZrO_2 và SiC	290
7.2.5. Gạch chịu lửa Manhêđi – Crôm	290
7.2.6. Gạch chịu lửa Manhêđi – Spinel	291
7.2.7. Vật liệu chịu lửa chứa SiC	292
7.2.8. Vật liệu chịu lửa điện chảy đơn khối (Monolythic)	293
7.2.9. Gạch nhẹ cách nhiệt	293
7.2.10. Bông gốm (melt fiberized ceramic fiber)	294
7.2.11. Các cấp bông gốm	294
7.2.12. Bê tông chịu lửa	295
7.3. Cấu tạo các chi tiết của lò	298
7.3.1. Ống dẫn khí	298
7.3.2. Các kiểu van	299
7.4. Nền móng và vỏ của lò	302
7.4.1. Nền móng lò	302
7.4.2. Tường lò	302
7.4.3. Mạch xây	304
7.4.4. Khe giãn nở nhiệt	305
7.4.5. Vòm lò hay trần lò	305
7.4.6. Khung gông lò	307
7.5. Thiết bị đo nhiệt độ lò	310
7.5.1. Nhiệt kế nhiệt ngẫu	311
7.5.2. Nhiệt kế nhiệt điện trở	315
7.5.3. Hỏa quang kế	316
7.6. Đo áp suất, hiệu áp suất và lưu tốc	319
7.6.1. Cảm biến và biến đổi đo áp suất	319
7.6.2. Cảm biến và biến đổi đo hiệu áp suất	321

7.6.3. Cảm biến hiệu áp suất đo lưu tốc	322
7.6.4. Lưu tốc kế kiểu siêu âm	324
7.6.5. Đo mực bột liệu trong silo	326
Chương 8. SẤY VÀ LÒ SẤY	328
8.1. Sấy vật liệu Silicat	328
8.1.1. Vai trò của quá trình sấy	328
8.1.2. Dạng hơi ẩm trong vật liệu	329
8.2. Quá trình sấy đồ gốm	329
8.2.1. Các giai đoạn sấy	329
8.2.2. Sự chuyển hơi ẩm bên trong vật thể	332
8.2.3. Ứng suất co và biến dạng khi sấy	334
8.2.4. Nguyên nhân xuất hiện kẽ nứt	336
8.2.5. Tốc độ sấy	337
8.2.6. Độ ẩm tới hạn và độ ẩm cuối cùng	339
8.2.7. Độ nhớt của đất sét	339
8.2.8. Thời gian sấy	341
8.3. Các phương pháp sấy	341
8.3.1. Sấy đối lưu	342
8.3.2. Sấy bức xạ	342
8.3.3. Sấy cao tần	342
8.3.4. Sấy điện tiếp xúc	343
8.4. Lò sấy	343
8.4.1. Yêu cầu và phân loại lò sấy	343
8.4.2. Lò sấy thùng quay	344
8.4.3. Sấy nghiền liên hợp	350
8.4.4. Lò sấy phun (hỗ)	357
8.4.5. Lò sấy phòng	362
8.4.6. Lò sấy tuy nén	364
8.4.7. Sấy tuy nén thành lăn gạch ngói	365
8.4.8. Sấy thành lăn cho gạch ốp lát	365
8.4.9. Lò giả treo	369
8.5. Cơ sở tính toán quá trình sấy	372
Chương 9. LÒ NUNG GÓM SỨ VÀ VẬT LIỆU CHỊU LỬA	385
9.1. Một số kiểu lò truyền thống	387
9.1.1. Lò đứng nung gạch ngói	387
9.1.2. Lò chuyển	390
9.1.3. Lò bầu nung sứ	391

9.2. Lò phòng gián đoạn	392
9.2.1. Nguyên tắc làm việc	392
9.2.2. Cấu tạo	393
9.2.3. Xếp lò	394
9.2.4. Ưu nhược điểm	395
9.3. Lò con thoi (SHUTLE KILN)	395
9.3.1. Nguyên tắc làm việc	395
9.3.2. Chiều hướng của ngọn lửa	396
9.3.3. Cấu tạo lò	400
9.3.4. Ưu nhược điểm của lò con thoi	402
9.4. Lò gián đoạn khác	403
9.4.1. Lò xe nâng (Elevator kiln)	403
9.4.2. Lò BEN (bell kiln)	404
9.4.3. Lò vỏ lò di động (Moving hood intermittent kiln)	405
9.4.4. Lò vỏ lò di động ngang	406
9.4.5. Xác định kích thước cơ bản lò gián đoạn	409
9.5. Lò vòng	409
9.5.1. Nguyên tắc làm việc	409
9.5.2. Cấu tạo	410
9.5.3. Đốt nhiên liệu trong lò	413
9.5.4. Ưu nhược điểm	413
9.6. Lò vòng không nóc	414
9.7. Lò liên phòng	416
9.7.1. Nguyên tắc làm việc	416
9.7.2. Cấu tạo	416
9.7.3. Ưu nhược điểm cơ bản	417
9.8. Lò nung tuy nèn	417
9.8.1. Cấu tạo các zone của lò tuy nèn	417
9.8.2. Sơ đồ nguyên tắc của lò tuy nèn	418
9.8.3. Chuyển động khí trong lò tuy nèn	419
9.8.4. Quan hệ giữa khí động học và kết cấu của lò tuy nèn	421
9.8.5. Cấu tạo lò nung tuy nèn	422
9.8.6. Hệ thống thông gió	431
9.8.7. Phương pháp đốt nhiên liệu	433
9.9. Lò thanh lăn hay lò tuy nèn thanh lăn	438
9.9.1. Lò tuy nèn trượt	446
9.9.2. Lò tuy nèn điện	447
9.9.3. Lò nung hoa hay hấp hoa	447
9.9.4. Xác định kích thước cơ bản	448

Chương 10. LÒ NẤU THỦY TINH VÀ FRIT	451
10.1. Lò nấu thủy tinh	453
10.1.1. Cấu tạo lò nấu	454
10.1.2. Buồng lò	455
10.1.3. Chiều hướng ngọn lửa	456
10.1.4. Nồi nấu	457
10.1.5. Hình dạng lò nấu	457
10.1.6. Chế độ nấu của lò	458
10.1.7. Xác định kích thước cơ bản của lò nấu	460
10.2. Lò bể nấu thủy tinh	462
10.2.1. Phân loại lò bể	463
10.2.2. Phân bố zona và nhiệt độ trong lò bể	464
10.2.3. Chuyển động thủy tinh trong lò bể	466
10.2.4. Các loại lò bể	469
10.2.5. Lò kéo kính	476
10.2.6. Chế độ làm việc của lò	484
10.2.7. Cấu tạo chi tiết của lò bể	487
10.2.8. Đốt nhiên liệu bằng oxy – công nghệ nấu mới	493
10.2.9. Lò bể dùng điện	499
10.2.10. Lò bể có thiết bị đảo trộn	504
10.2.11. Tính toán lò bể nấu thủy tinh	504
10.3. Lò nấu FRIT	508
10.3.1. Lò nấu Frit gián đoạn	509
10.3.2. Lò nấu Frit liên tục	511
 Chương 11. LÒ NUNG VÔI VÀ CLINKE XI MĂNG	 512
11.1. Lò đứng nung vôi	512
11.1.1. Các kiểu lò	512
11.1.2. Lò nung vôi đốt bằng than	513
11.1.3. Lò nung vôi đốt bằng nhiên liệu khí	516
11.1.4. Lò nung vôi bằng nhiên liệu lỏng	517
11.1.5. Hệ nạp liệu và tháo liệu	518
11.2. Lò quay nung vôi	520
11.3. Lò đứng nung clinke xi măng	523
11.3.1. Sơ lược phát triển xi măng	523
11.3.2. Sự phát triển lò đứng	524
11.3.3. Cấu tạo lò nung	525
11.3.4. Đặc điểm của lò đứng	527
11.3.5. Biện pháp tăng năng suất lò đứng	528

11.4. Lò quay nung clinke xi măng	529
11.4.1. Phân loại lò quay và lịch sử phát triển lò	529
11.4.2. Cấu tạo lò quay	532
11.4.3. Thiết bị trao đổi nhiệt cho lò quay phương pháp ướt	538
11.4.4. Thiết bị trao đổi nhiệt lò quay phương pháp bán khô LEPOI	541
11.4.5. Lò quay phương pháp khô thể hệ 1 hay lò SP	543
11.4.6. Lò quay phương pháp khô thể hệ 2 hay lò có Calciner NSP	547
11.4.7. Lò quay 2 bộ	558
11.4.8. Thiết bị làm nguội (làm lạnh, làm mát) clinke	562
11.4.9. Thiết bị đốt nhiên liệu hay vôi đốt cho lò quay	571
11.4.10. Một vài khái niệm và tính toán	574
11.4.11. Phương hướng tiết kiệm năng lượng và đốt phế thải	578
11.5. Sử dụng nhiên liệu thay thế hay đốt rác và phế thải trong hệ lò quay nung clinke xi măng	580
11.5.1. Vai trò và ý nghĩa	581
11.5.2. Tính chất và chất lượng khí	582
11.5.3. Yêu cầu đối với nhiên liệu thay thế	582
11.5.4. Yêu cầu cần cho đốt rác và phế thải	584
11.5.5. Những điểm có thể đốt nhiên liệu thay thế	585
11.5.6. Thiết bị đốt nhiên liệu thay thế ngoài lò quay	586
11.5.7. Thiết bị đốt nhiên liệu thay thế trong lò quay	593
11.5.8. Những ưu điểm của nhiên liệu thay thế	595
11.5.9. Vật liệu chịu lửa xây lò	596
Chương 12. TÍNH CÂN BẰNG NHIỆT CỦA LÒ	600
12.1. Mục đích và quy định	600
12.1.1. Mục đích	600
12.1.2. Quy ước khi tính toán	600
12.2. Thiết lập cân bằng nhiệt	600
12.2.1. Nhiệt cung cấp	600
12.2.2. Nhiệt tiêu tốn	602
12.3. Tính cân bằng của lò nung clinke xi măng	604
12.4. Tính toán quá trình cháy nhiên liệu	606
12.5. Thiết lập cân bằng vật chất hệ thống lò	609
12.5.1. Tính toán số liệu ban đầu	609
12.5.2. Thiết lập cân bằng vật chất hệ thống lò	610
12.6. Tính cân bằng nhiệt của hệ thống lò nung	612
12.6.1. Nhiệt lý thuyết tạo clinke (theo phương pháp Khodorov)	612
12.6.2. Tính cân bằng nhiệt hệ thống lò	614

Chương 13. LÒ NUNG VÀ VẤN ĐỀ MÔI TRƯỜNG	641
13.1. Tiêu thụ nhiên liệu và hiệu ứng nhà kính (Greenhouse effect)	641
13.1.1. Khái niệm về hiệu ứng nhà kính	641
13.1.2. Bản chất hiệu ứng nhà kính	642
13.1.3. Hậu quả của hiệu ứng nhà kính	644
13.1.4. Biện pháp giảm hiệu ứng nhà kính	645
13.2. Định hướng phát triển xanh sạch trong lò nung gốm sứ	646
13.2.1. Tiết kiệm năng lượng, nhiên liệu với hiệu ứng nhà kính	646
13.2.2. Lựa chọn nhiên liệu sạch	647
13.2.3. Giảm tiêu thụ năng lượng	647
13.2.4. Tận dụng nhiệt của khói lò	647
13.2.5. Rút ngắn thời gian nung	648
13.2.6. Chuyển đổi lò nung thủ công sang lò liên tục	648
13.2.7. Hạn sử dụng lò tuy nung	649
13.2.8. Tiến tới quy trình cháy hoàn toàn	649
13.2.9. Sử dụng phế thải gốm	649
13.2.10. Thải khí Fluor độc hại	649
13.3. Lò vôi và clinke xi măng	651
13.3.1. Lò nung vôi	651
13.3.2. Lò đứng nung clinke xi măng	651
13.3.3. Lò quay nung clinke xi măng	652
13.4. Lò nấu thủy tinh	654
13.4.1. Tổng thể	654
13.4.2. Hàm lượng	655
13.4.3. Biện pháp	656
PHỤ LỤC	658
TÀI LIỆU THAM KHẢO	667
CHỈ MỤC	673