
بسم الله الرحمن الرحیم

«نخست از جهان آفرین یاد باد خداوند خوبی و پاکی و داد»

هنر بهره برداری در تولید سیمان

گردآوری و نگارش:

حسن غضنفریان پور

انتشارات ارسطو

(سازمان چاپ و نشر ایران – ۱۴۰۵)

نسخه الکترونیکی این اثر در سایت سازمان چاپ و نشر ایران و اپلیکیشن کتاب رسان موجود می باشد

Chaponashr.ir



سرشناسه : غضنفریان پور ، حسن ، ۱۳۴۳
عنوان و نام پدیدآورنده : هنر بهره برداری در تولید سیمان/ مولف: حسن غضنفریان پور
مشخصات نشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)، ۱۴۰۵.
مشخصات ظاهری :۴۶۰ ص.
شابک : ۹-۵۲۸-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه.
موضوع : هنر بهره برداری - تولید سیمان
رده بندی کنگره : TP ۹۸۳
رده بندی دیویی : ۶۶۸/۵۵
شماره کتابشناسی ملی : ۸۵۶۳۲۱۴
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : هنر بهره برداری در تولید سیمان
مولف : حسن غضنفریان پور
ناشر : انتشارات ارسطو (سازمان چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: الهام غفاری
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول ــ ۱۴۰۵
چاپ : زبرجد
قیمت : ۷۷۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب رسان :
https//:chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۹-۵۲۸-۱۲۹-۶۲۲-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www.chaponashr.ir

فهرست

سخن دبیر **۱۵**

پیشگفتار **۱۷**

فصل صفر **۲۱**

دروازه‌های بزرگ کلیدهای کوچک دارند ۲۲

راه های رویارویی با مسئله : ۲۶

نکته با اهمیت : ۳۱

فصل اول: مواد اولیه **۳۵**

تعریف : ۳۶

- تامین مواد اولیه ۳۶
- آهک آزاد (Fcao) ۴۱
- مدول‌ها (Modues) ۴۱
- ترکیبات فرعی ۴۵
- مواد سازی (تنظیم مواد) ۴۶
- پخت کلینکر ۴۷
  - تغییرات خوراک کوره در اثر حرارت : ۴۸
- فاز مذاب ۴۹

- گرانروی (ویسکوزیته) فاز مذاب : ۵۰
- طبقه بندی واکنش ها ۵۱
- قابلیت پخت (Barnability) ۵۳
- تفاوت کریستال (Crystalline) و آمورف (Amorphous) : ۵۴
- ترموشیمی تشکیل کلینکر ۵۷
- عوامل موثر در ساختار میکروسکپی کلینکر ۵۹
- تغییر قابلیت پخت با توجه به مدول‌ها ۶۱
- تعیین درصد کلسیناسیون ۶۲

فصل دوم: آماده سازی مواد ۶۵

- خردایش ۶۶
  - سنگ شکن چکشی ۶۹
- ایستگاه نمونه‌گیری (Sampling Station) ۷۳
  - عوامل موثر در تعیین مقدار نمونه ۷۵
  - ملاحظات ایستگاه نمونه گیری : ۷۷
  - خطا های نمونه گیری ۷۸
- همگن سازی مقدماتی (Preblending) ۷۹
  - سالن همگن ساز طولی ۷۹
  - راهکار کاهش اثر نوسان ابتدای پایل : ۸۲
  - تعیین نقاط برگشت استاکر ۸۴
  - سالن همگن سازی دایره‌ای ۸۶
- سیلوهای هموژن ۸۷

- انواع سیلوهای هموژن ۸۸
- تنظیم درست هوا دهی سیلوی هموژن پیوسته ۹۴
- مدیریت غبار برگشتی پیشگرمکن ۹۴
- طراحی بونکرها ۹۸
- مشکلات بهره برداری بونکرها : ۹۸

مشکلات فرایندی بونکرهای funnle-flow : ۱۰۰

فصل سوم:آسیاب ها ۱۰۳

- عوامل موثر در انتخاب نوع آسیاب : ۱۰۴
- آسیاب های گلوله ای (Tube mills/Ball mills) ۱۰۵
- انواع آسیاب‌های گلوله‌ای ۱۰۷
- انواع چیدمان‌های خوراک ورودی به آسیاب ۱۰۸
- اجزای داخلی آسیاب ۱۱۱
- جنس و عمر زره های بدنه ۱۱۴
- شکاف دیافراگم ها ۱۱۸
- شاخص‌های طراحی آسیاب‌های گلوله ای ۱۲۲
- بهره برداری از آسیاب‌های گلوله‌ای ۱۳۲
- کنترل آسیاب ۱۳۳
- نمونه برداری از داخل آسیاب : ۱۳۵
- کمک سایش ها Grinding Aids(GA) ۱۴۱

- محاسبه اندازه گلوله‌ها در آسیاب..... ۱۴۳
- شارژ تکمیلی..... ۱۴۷
  - روش‌های تعیین زمان شارژ تکمیلی :..... ۱۴۷
  - مدیریت شارژ گلوله‌ها..... ۱۴۸
- آسیاب‌های غلتکی (Roller Mills)..... ۱۴۹
- گردش مواد :..... ۱۵۴
- پاشش آب..... ۱۵۶
- شاخص‌های طراحی :..... ۱۵۷
- بهره برداری از آسیاب‌های غلتکی..... ۱۶۰
- ظرفیت آسیاب به موارد زیر بستگی دارد :..... ۱۶۱
- نظارت و پایش آسیاب‌ها :..... ۱۶۳
- ذخیره سازی سیمان..... ۱۶۴

فصل چهارم:سپراتورها ۱۶۷

- بهره برداری از سپراتورها :..... ۱۸۰
  - راندمان سپراتور (Separator Efficiency) :..... ۱۸۴
  - دقت جدایش (Sharpness of Separation) :..... ۱۸۶
- نکات نمونه برداری و ارزیابی :..... ۱۸۸
- شاخص‌های منحنی توزیع دانه بندی..... ۱۹۴

فصل پنجم:سوخت و احتراق ۱۹۷

- سوخت و احتراق..... ۱۹۸
- سوخت مایع :..... ۲۰۰
  - آماده سازی مازوت..... ۲۰۱
- سوخت گاز طبیعی :..... ۲۰۵
- محاسبات احتراق :..... ۲۰۷
  - مول و گاز ایده‌آل :..... ۲۰۸
  - ارزش حرارتی (CV) :..... ۲۱۱
  - حجم گاز های احتراق :..... ۲۱۳
  - ضریب هوای اضافه (n) :..... ۲۱۹
  - هوای نشتی (False Air) :..... ۲۲۰
  - گاز حاصل از مواد خام :..... ۲۲۱
  - دمای نقطه شبنم (Dew Point Temperature) :..... ۲۲۲
  - چگالی گاز احتراق :..... ۲۲۵
- شعله و مشعل :..... ۲۲۹
  - آیرودینامیک هوای دوم :..... ۲۳۴
- انتقال حرارت..... ۲۴۰
- تنظیم شعله :..... ۲۴۲
- شاخص‌های احتراق و پخت :..... ۲۴۳
- تاثیر شعله با احتراق ضعیف برکوره و روند پخت :..... ۲۴۶

- احتراق در مشعل‌های کلساینر :..... ۲۴۶
- آنالیزورگاز..... ۲۴۷

شرایط فرایند در رایزر داکت :..... ۲۵۰

فصل ششم:سیستم پخت ۲۵۳

- سیستم پخت..... ۲۵۴
- پیشگرمکن سیکلونی :..... ۲۵۵
  - ارزیابی پیشگرمکن :..... ۲۶۱
- ضعف عملکرد پیشگرمکن ها می‌تواند ناشی از :..... ۲۶۲
  - چرخه عناصر فرار (Circulation Phenomena)..... ۲۶۳
- کلساینر..... ۲۶۳
  - مزایای استفاده از کلساینر..... ۲۶۵
  - دیدگاه تئوری کلساینر..... ۲۶۵
- کوره دوار..... ۲۶۹

کوره برای کار شبانه روزی طراحی شده است . ظرفیت تجهیزات بالا دست و پایین دست تابع ظرفیت کوره هستند ۲۶۹

- جنبه های مکانیکی کوره‌ها..... ۲۷۰
  - اوالیته :..... ۲۷۱
- خنک کننده های کلینکر (Clinker Coolers)..... ۲۷۳
  - مشکلات معمول گریت کولر ها..... ۲۷۶
  - کلینکر شکن :..... ۲۸۰
  - کنترل گریت کولر..... ۲۸۰

- کوتینگ – ویژگی ها و رفتار..... ۲۸۴
  - تشکیل کوتینگ :..... ۲۸۴
- رینگ ، گرفتگی و گلوله ها..... ۲۸۶
- عوامل تشکیل و ایجاد گرفتگی :..... ۲۸۷
  - کوتینگ پره‌های فن..... ۲۸۷
  - گرفتگی های پیشگرمکن :..... ۲۸۷
  - رینگ های میانی یا منطقه گذار(Middle Rings) :..... ۲۸۹
  - رینگ های منطقه پخت (Sinter Rings)..... ۲۹۰
  - رینگ های کلینکری و آدم برفی (Clinker Rings – Snowman)..... ۲۹۰
  - روش های حذف..... ۲۹۱
  - گلوله‌های داخل کوره (Ball Rings – Snow ball)..... ۲۹۱
  - روش های جلوگیری از تشکیل گلوله‌ها..... ۲۹۳
- اساس و پایه کوره بانی..... ۲۹۴

پارامترهای کنترلی :..... ۲۹۵

ابزارهای کنترل :..... ۲۹۸

فصل هفتم: ترکیبات فرار ۳۰۱

- چرخه‌های مواد فرار (Circulation Phenomena)..... ۳۰۲
  - مکانیسم پدیده سیکل..... ۳۰۲
  - راه‌های ورود ترکیبات فرار به سیستم پخت..... ۳۰۴

- پرمایه (غنی) شدن ترکیبات فرار..... ۳۰۵
- روش‌های خروج ترکیبات فرار از سیستم پخت..... ۳۰۵
- فراریت ترکیبات چرخشی..... ۳۰۶
- فراریت سولفات..... ۳۱۲
- چگالش ترکیبات چرخشی..... ۳۱۵
- مشکلات بهره برداری ناشی از ترکیبات فرار..... ۳۱۷
- شناسایی مشکلات گرفتگی و کوتینگ‌های مزاحم..... ۳۱۸
- شاخص‌های ارزیابی مشکل..... ۳۱۹
- راهکارهای رفع یا کاهش گرفتگی..... ۳۲۰
- راهکار در برابر مشکلات کلر..... ۳۲۲
- راهکار در برابر مشکلات سولفات..... ۳۲۲
- راهکار در برابر مشکلات آلکالی‌ها..... ۳۲۶

فصل هشتم:نسوز و نسوز چینی ۳۲۷

- نسوز و نسوز چینی..... ۳۲۸
- تقسیم بندی از دیدگاه نوع پیوند (Bond) :..... ۳۲۹
- دیرگدازها :..... ۳۳۲
- آزمون های دیرگدازها..... ۳۳۶

- انبساط حرارتی (Thermal Expansion) :..... ۳۳۷

- هدایت حرارتی (Therm al Conductivty) :..... ۳۳۷

- منطقه بندی سیستم پخت..... ۳۳۹
- فرسایش آجرهای نسوز درکوره..... ۳۴۱

- آسیب های مکانیکی :..... ۳۴۱
- آسیب های شیمیایی :..... ۳۴۲
- آسیب های حرارتی :..... ۳۴۲
- واکنش‌های مخرب در نسوزها..... ۳۴۳
- نسبت‌های آجرچینی درکوره..... ۳۴۵
- نکات مهم در چینش آجرهای نسوز :..... ۳۵۲
- گرم کردن کوره پس از آجر چینی..... ۳۵۸
- مشکلات سریع گرم کردن کوره..... ۳۵۹
- مهمترین عوامل در بهبود عملکرد و طول عمر نسوز..... ۳۶۰

فصل نهم: موازنه جرم و انرژی ۳۶۳

نماد ها و واحد ها :..... ۳۶۶

تبدیل واحد ها :..... ۳۶۷

- انتقال حرارت به شیوه همرفت..... ۳۷۷
- جریان گرمایی کل (total Heat Flow) :..... ۳۷۹
- موازنه جرم در سیستم پخت..... ۳۹۷
- محاسبه کلینکر تولیدی :..... ۳۹۸

فصل دهم : فن های اصلی ۴۰۱

فن‌های اصلی..... ۴۰۲

- انواع فن‌ها ۴۰۳
  - منحنی عملکرد فن ۴۱۰

غبارگیری و فیلتراسیون ۴۱۷

(Dedusting) ۴۱۷

مقایسه فیلتر کیسه ای و فیلتر الکترواستاتیک : ۴۱۷

- فیلترهای کیسه ای (Bag Filter) ۴۱۹
  - معیارهای انتخاب فیلتر ۴۲۰
  - ویژگی‌های پارچه کیسه ها ۴۲۱
  - سیستم های تمیز کردن ۴۲۴
  - مکانیزم تمیز کاری با جت پالس ۴۲۵
  - مقایسه فیلترهای جت پالس و جریان معکوس ۴۳۰
- فیلترهای الکترواستاتیک (Electrostatic Precipitator) ۴۳۲
  - تعیین راندمان الکترو فیلتر ۴۳۳
  - مقاومت الکتریکی ذرات ۴۳۴
  - درجه حرارت گاز ۴۳۷
  - مبانی طراحی الکتروفیلتر ۴۳۹

آمار (Statistics) ۴۴۳

  - شاخص‌های پراکندگی ۴۴۸
  - محاسبه انرژی ویژه فسیلی (kcal/kg) : ۴۵۶
  - انرژی ویژه الکتریکی (kwh/ton) : ۴۵۷
  - شاخص‌های عملکرد : ۴۵۸

منابع : ۴۵۹

سخن دبیر



صنعت سیمان به‌عنوان یکی از ارکان بنیادی توسعه و زیرساخت کشور، در مسیر رشد و بالندگی خود همواره نیازمند تلفیق متوازن «دانش فنی» و «تجربه عملی» بوده است. خطوط تولید سیمان از آماده‌سازی مواد اولیه تا پیچیدگی‌های عملکردیِ کوره دوار و موازنه‌های جرم و انرژی زنجیره‌ای به‌هم‌پیوسته و هوشمند را تشکیل می‌دهند که هدایت پایدار و بهینه آن، نیازمند بینش عمیق مهندسی، تسلط بر فرآیند و نگرش جامع‌نگر به خط تولید است.

مجموعه ارزشمند «**هنر بهره‌برداری در تولید سیمان**» که به همت مولف و همکار ارجمند، **جناب آقای حسن غضنفریان‌پور** گردآوری و تدوین شده است، گامی بلند و ماندگار در راستای پیوند تئوری‌های مهندسی با متدولوژی‌های عملی بهره‌برداری به شمار می‌رود. نویسنده محترم با نگاهی مسئله‌محور و سیستمی، تجربیات پربار چندین دهه حضور در خط تولید را در قالب ۱۰ فصل کاربردی از مبانی حل مسئله و شیمی سیمان تا فرآیند پخت، کنترل ترکیبات فرار و موازنه‌های حرارتی به رشته تحریر درآورده‌اند. ارزش ویژه این اثر در آن است که فرآیند پخت و کوره دوار را نه به‌صورت یک بخش مجزا، بلکه به‌عنوان قلب تپنده یک منظومه یکپارچه تحلیل نموده و راه‌کارهای ملموسی برای ارتقای پایداری، کاهش توقفات و بهینه‌سازی مصرف انرژی ارائه می‌دهد.