

فناوری آسیاهای غلتکی فشار بالا

دکتر عباس سام

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید باهنر کرمان

مهندس امید خوشدست

دانشجوی دکترای فرآوری مواد معدنی، دانشگاه شهید باهنر کرمان

مهندس امیر پرویز مهران

کارشناس ارشد فرآوری مواد معدنی، شرکت سنگ آهن گل گهر

سرشناسه	: سام، عباس، ۱۳۳۶ -
عنوان و نام پدید آور	: فن آوری آسیاهای غلتکی فشاربالا/ عباس سام، حمید خوشدست، امیرپرویز مهرانى .
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه هرمزگان، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری	: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۵۰۰۰۰ ریال: ۳-۸۵-۷۲۳۵-۹۶۴-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه نامه.
یادداشت	: کتابنامه: ص: ۱۶۳-۱۵۷.
موضوع	: ماشین آلات پودرکن
شناسه، بزوده	: خوشدست، حمید .
شناسه افزوده	: مهرانی، امیرپرویز.
شناسه افزوده	: دانشگاه هرمزگان.
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۹ ق ۹/۲ س ۱۳۴۵/ TJ
رده بندی دیویی	: ۶۱۰/۹۱
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۰ ۲۰۰

نام کتاب:	فن آوری آسیاهای غلتکی فشاربالا
مولفان:	عباس سام، حمید خوشدست، امیرپرویز مهرانى
ناشر:	دانشگاه هرمزگان
لیتوگرافی:	سمید ۶۶۴۸۱۷۵۰
چاپ:	بهرام ۳۳۹۰۳۰۰۱
نوبت چاپ:	اول/ ۱۳۸۹
شمارگان:	۱۰۰۰ نسخه
قیمت:	۵۰۰۰۰ ریال

ISBN: 978-964-7235-85-3

شابک: ۳-۸۵-۷۲۳۵-۹۶۴-۹۷۸

دفتر فروش: تهران- میدان انقلاب- روبروی دانشگاه تهران- مجتمع تجاری فروزنده طبقه همکف
 فروشگاه دانشگاه هرمزگان- پلاک ۳۱۳ تلفن ۰۲۱۶۶۹۵۰۵۵۳

به نام خدا

پیشگفتار

سرعت تحولات، بر اساس نیازهای کمی و کیفی روز افزون انسان، به ویژه در عرصه فناوری، ای نوین، بسط دانش، روش‌ها و فرآیندهای مهندسی را در پی داشته است. بی تردید، دانشگاه به عنوان مرکز تولید علم، محور توسعه دانش و فناوری در عرصه جهانی است که با استفاده از ابزار تحقیق و پژوهش، بستر و زمینه مناسب را فراهم می‌کند. در هم آمیختگی مرزهای علوم و روش‌های بنیادی، کاربردی و توسعه‌ای، چرخه دانش و تجربه را مفهومی جدید بخشیده است که سرعت، کمیت، کیفیت و پیرایه مبنای اقتصاد، از عناصر اصلی آن به شمار می‌آید.

ضرورت افزایش کمی محصولات معدنی با کیفیت، به عنوان حلقه‌ای بی بدیل و متأثر از زنجیره فناوری‌های نوین، رشد فرآیندهای وقفه شاخه‌های علمی و مهندسی مرتبط را در دانشگاه و صنعت به همراه داشته است. پاسخ به نیازهای موجود صنعتی و نگاه به آینده، اقتضا می‌کند که مقاله‌ها، کتابها و دروس دانشگاهی، مطابق با اقله‌ها تهیه و تدوین شوند. توجه جدی به پرورش و آموزش مؤثر دانشجویان مهندسی، بر اساس شرایط و ضرورت‌های محیط کار و ارائه مطالب مدون مورد نیاز صنایع، ضرورتی غیرقابل انکار است.

گرایش فرآوری مواد معدنی به عنوان یک گرایش بی‌شائبه، با رشته‌های مهندسی معدن، شیمی، متالورژی، صنایع و مکانیک پیوند و نزدیکی دارد. در سالیان اخیر، دانش نظری و تجربی در مهندسی فرآوری مواد معدنی، از رشد و گسترش قابل ملاحظه‌ای برخوردار شده است. شرایط اقتصادی و نیاز به محصول مناسب و ارزان در چرخه بهره‌وری از معادن و صنایع معدنی، سبب شده است که روش‌های مختلف فیزیکی، شیمیایی و بیوشیمیایی در پهنه وسیعی از فرآیندهای فرآوری، مورد استفاده قرار گیرند.

یکی از بخش‌های اساسی در روند کلی فرآوری مواد معدنی، مرحله خردایش و نرم کردن مواد است. این مرحله نیاز به هزینه و انرژی هنگفت دارد. ابزارها و دستگاه‌های گوناگون (سنگ‌شکن‌ها و آسیاها)، بر اساس نوع و خواص ماده معدنی، توزیع دانه‌بندی، ظرفیت، نسبت مورد نیاز خردایش و شرایط اقتصادی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. بدیهی است که انتخاب مناسب دستگاه، یکی از اساسی‌ترین وظایف مهندسان و طراحان در حفظ و بهبود شرایط عملیاتی در چارچوب مبنای اقتصادی، مصرف بهینه انرژی و مباحث و محدودیت‌های زیست محیطی، تلقی می‌شود. هر نوع سهل‌انگاری، اشتباه محاسباتی و عدم اطلاع از روش‌های جدید، خسارات سنگین و جبران‌ناپذیری را تحمیل می‌کند.

شرایط ویژه انرژی و اقتصاد جهانی، سازندگان را بر آن داشته است که با ساخت و عرضه ابزارها و دستگاه‌ها، شرایط عملیاتی فرایندهای معدنی، از جمله عملیات خردایش و نرم کردن مواد را امکان‌پذیر و سهل نمایند. در کتاب حاضر، آسیای غلتکی فشار بالا مورد معرفی و بررسی قرار گرفته است. ویژگی‌های عمومی این دستگاه شامل حجم کم، کنترل‌پذیری دقیق، مصرف انرژی کم و قیمت مناسب، امکان استفاده از آن را در گستره وسیعی از مواد معدنی (صنایع سیمان، الماس، آهن و غیره) با توزیع دانه‌بندی مختلف فراهم ساخته است. عملکرد خاص خردایش در این دستگاه با سایر آسیاها متفاوت است و سعی شده است از دیدگاه علمی و مهندسی زوایای عملکرد این آسیا مورد مطالعه قرار گیرد. تألیف این مجموعه، کوششی به منظور استفاده دانش‌پژوهان و صنعتگران است.

سنگ دای این کتاب در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۸۴ بنا نهاده شد. در این سال‌ها، با انجام اصلاحات در خطوط تولید شرکت سنگ آهن گل‌گهر (با همکاری مهندسان کارخانه، مرکز نوپای تحقیق و توسعه و دانشجویان تحصیلات تکمیلی)، کارخانه با افزایش تولید و بهبود شرایط عملیاتی مواجه شد. موضوع استفاده از آسیای غلتکی فشار بالا به عنوان یک گزینه، در ارتباط با خردایش بار در گردش حذف شده، آسیای خودشکن مطرح شد و در این زمینه مطالعاتی صورت گرفت. همچنین، در سال‌های مذکور، زمینه انتشار طرح‌های کلان توسعه، از جمله: آنومالی شماره ۳ گل‌گهر، راه اندازی کارخانه هماتیت، فولفیل، راه اندازی کارخانه گندله‌سازی، برنامه استفاده از آسیای غلتکی فشار بالا در خط چهارم تولید، طرح کارخانه فولادسازی و سایر طرح‌های اصلاح خطوط تولید، نشانه‌ای از توان علمی و تجربی، دلسازانین مرز و بوم و نوید بخش آینده‌ای درخشان در صنایع آهن و فولاد است. امید است صنایع و دستگاه‌ها با درک صحیح از شرایط اجتماعی و اقتصادی و با وحدت رویه، نقش خود را در توسعه پایدار و همه‌انبه کشور، بیش از پیش ایفاء نمایند.

در پایان لازم است از استادان و معلمان گرامی که حق زنگی بر مؤلفان دارند و نیز دانشجویان عزیز که مشوق بوده‌اند، قدردانی شود. همچنین از همکاران، همیمنانه مدیران، مهندسان و مرکز تحقیق و توسعه شرکت سنگ آهن گل‌گهر قدردانی می‌نماید. سرکار خانم مهندس وحیده شجاعی، دانشجوی دوره دکتری فرآوری مواد معدنی که در بازخورد این کتاب و آقای مهندس حامی خورشیدست که در بخش مکانیک و بازسازی تصاویر سه بعدی همکاری داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

کتاب حاضر ممکن است دارای نواقص و کمبودهایی باشد که امید است صاحب نظران و علاقمندان (از طریق رایانامه sam@mail.uk.ac.ir)، مؤلفان را از نظریات مفید خود آگاه سازند.

تابستان ۱۳۸۹

دکتر عباس سام

مهندس حمید خورشیدست

مهندس امیر پرویز مهرانی

فهرست مطالب

فصل اول: مبانی و مکانیک ماشین

۱	۱-۱- مقدمه
۱	۲-۱- تاریخچه
۳	۳-۱- باختامان HPGR
۴	۴-۱- مشخصات مکانیکی
۵	۱-۲-۱- نسبت انبساطی
۸	۱-۲-۴-۱- سیستم‌های محافظ سطح غلتکها
۸	۱-۲-۴-۱- ریزهای گوناگون غلتکها
۱۲	۱-۲-۴-۱- انعطاف‌پذیری و حفظ سطوح غلتکها
۱۷	۱-۳-۴-۱- یاتاقان‌ها
۲۱	۱-۴-۴-۱- سیستم هیدرولیکی
۲۲	۱-۴-۵- قاب ماشین
۲۳	۱-۴-۶- سیستم نیرو محرکه
۲۶	۱-۴-۷- جعبه‌دنده‌ها
۲۷	۱-۴-۸- صفحات مانع
۲۹	۱-۴-۹- خوراک‌دهنده
۳۲	۱-۵- تولیدکنندگان HPGR

فصل دوم: نحوه عملکرد خردایش

۳۵	۱-۲- مقدمه
۳۷	۲-۲- حرکت مواد در HPGR
۴۰	۳-۲- توزیع فشار در غلتک‌ها
۴۳	۴-۲- عملکردهای خردایش
۴۴	۵-۲- مراحل خردایش
۴۴	۲-۵-۱- خردایش اولیه
۴۵	۲-۵-۲- خردایش در لبه غلتک‌ها

فصل سوم: کاربردها

- ۵۳ ۳-۱- مقدمه
- ۵۵ ۳-۲- محدودیت‌های فناوری
- ۵۷ ۳-۳- امتیاز HPGR
- ۵۷ ۳-۴- صنایع سیمان
- ۵۹ ۳-۴-۱- سیستم نرم‌کنی اولیه
- ۵۹ ۳-۴-۲- سیستم نرم‌کنی میانی
- ۶۰ ۳-۴-۳- سیستم نرم‌کنی نهایی
- ۶۰ ۳-۵- صنایع آهک
- ۶۲ ۳-۶- صنایع اسفند
- ۶۴ ۳-۷- صنایع طلا
- ۶۶ ۳-۸- صنایع پلاستیک
- ۶۷ ۳-۸-۱- HPGR به عنوان سنگ‌شکنی بزرگ
- ۶۷ ۳-۸-۲- HPGR در مدار آسیای AG/SAG
- ۶۸ ۳-۸-۳- مدار HPGR و آسیای گلوله‌ای بدون آسیای AG/SAG
- ۶۹ ۳-۸-۴- HPGR در مدار نرم‌کنی خشک
- ۷۱ ۳-۹- صنایع زغال
- ۷۲ ۳-۱۰- استفاده از HPGR در مرحله سنگ‌شکنی
- ۷۵ ۳-۱۱- استفاده از HPGR در مدار آسیای AG/SAG
- ۷۸ ۳-۱۲- استفاده از HPGR به جای آسیای AG/SAG

فصل چهارم: پارامتر شناختی

- ۸۳ ۴-۱- مقدمه
- ۸۴ ۴-۲- پارامترهای کلیدی
- ۸۴ ۴-۲-۱- محاسبه ورودی
- ۸۶ ۴-۲-۲- محاسبه فشار نرم‌کنی
- ۸۷ ۴-۲-۳- محاسبه توان
- ۸۹ ۴-۳- پارامترهای مؤثر بر کارایی

۸۹	۴-۳-۱- پارامترهای مؤثر بر ظرفیت
۹۴	۴-۳-۲- پارامترهای مؤثر بر دانه‌بندی محصول
۱۰۱	۴-۳-۳- انرژی مصرفی ویژه
۱۰۳	۴-۳-۴- پارامترهای مؤثر بر سایش
۱۰۹	۴-۳-۱- عملکردهای سایش در HPGR
۱۱۰	۴-۳-۲- تنشهای مکانیکی
۱۱۳	۴-۴- فلزات غیرقابل خردایش
۱۱۳	۴-۵- سگای پولکهای محصول

فصل پنجم: ابراج

۱۱۵	۵-۱- مقدمه
۱۱۶	۵-۲- مطالعات اولیه
۱۱۶	۵-۳- تقسیم‌بندی کانها
۱۱۷	۵-۳-۱- اندیس نرم‌کنی
۱۱۷	۵-۳-۲- اندیس سایش
۱۱۹	۵-۴- مطالعات نیمه صنعتی
۱۲۰	۵-۵- آزمایش مناسب بودن پولک‌های محصول
۱۲۱	۵-۶- بررسی میزان صرفه‌جویی در انرژی
۱۲۴	۵-۷- انتخاب HPGR
۱۲۵	۵-۸- ارزیابی هزینه‌ها
۱۲۸	۵-۹- مطالعه موردی: مجتمع سنگ آهن گل گهر سیرجان/اکرمان
۱۲۹	۵-۹-۱- محاسبه ورودی ویژه
۱۳۰	۵-۹-۲- محاسبه ابعاد HPGR در مقیاس صنعتی
۱۳۱	۵-۹-۳- محاسبه نیروی مورد نیاز
۱۳۱	۵-۹-۴- محاسبه توان مورد نیاز موتور
۱۳۲	۵-۹-۵- محاسبه انرژی مصرفی ویژه
۱۳۳	۵-۹-۶- نتایج مطالعات

فصل ششم: مدلسازی و شبیه‌سازی

۱۳۵	۶-۱- مقدمه
-----	------------

- ۱۳۶ ۶-۲- مدلسازی ظرفیت
- ۱۳۶ ۶-۲-۱- مدل Lubjuhn-Schönert (۱۹۹۳)
- ۱۳۸ ۶-۲-۲- مدل Austin-Weller-Lim (۱۹۹۳)
- ۱۴۲ ۶-۲-۳- مدل Lim-Weller (۱۹۹۷)
- ۱۴۴ ۶-۲-۴- مدل Morrell-Shi-Tondo (۱۹۹۷)
- ۱۴۵ ۶-۳- مدلسازی توان مصرفی
- ۱۴۵ ۶-۳-۱- مدل Guevara-Menacho (۱۹۹۳)
- ۱۴۵ ۶-۳-۲- مدل Morrell-Shi-Tondo (۱۹۹۷)
- ۱۴۷ ۶-۴- مدلسازی انرژی نرم‌کنی و نسبت خردایش
- ۱۴۷ ۶-۴-۱- مدل Fuerstenau-Shukla-Kapur (۱۹۹۱)
- ۱۴۷ ۶-۴-۲- مدل Weller-Morrell (۱۹۹۴)
- ۱۴۷ ۶-۴-۳- مدل Klymowsky-Liu (۱۹۹۷)
- ۱۴۹ ۶-۵- مدلسازی توزیع سفتی حاصل
- ۱۴۹ ۶-۵-۱- مدل whiten (۱۹۷۲)
- ۱۵۰ ۶-۵-۲- مدل Menacho-Reys Solo-Ofre-Patzelt (۱۹۸۷)
- ۱۵۰ ۶-۵-۳- مدل Fuerstenau-Shukla-Kapur (۱۹۹۱)
- ۱۵۲ ۶-۵-۴- مدل Austin-Weller-Lim (۱۹۹۰)
- ۱۵۲ ۶-۵-۵- مدل Lim-Voigt-Weller (۱۹۹۶)
- ۱۵۲ ۶-۵-۶- مدل Lim-Schönert (۱۹۹۶)
- ۱۵۲ ۶-۵-۷- مدل Klymowsky-Liu (۱۹۹۷)
- ۱۵۳ ۶-۵-۸- مدل Morrell-Shi-Tondo (۱۹۹۷)

- ۹۵۷ فهرست مراجع
- ۱۶۵ واژه‌نامه فارسی به انگلیسی
- ۱۷۳ واژه‌نامه انگلیسی به فارسی
- ۱۸۱ راهنمای واژه‌های کلیدی