

بسم الله الرحمن الرحيم

۲۱۲۸۲۱۸

۹۹، ۸، ۲

سیدین های فلوتاسیون

تدوین:

دکتر مصطفی شای

عضو هیأت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دکتر فاطمه السادات حسینی راوندی

دانش آموخته دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

پاییز ۱۳۹۹

سرشناسه	: رضائی، بهرام، ۱۳۳۸-
عنوان و نام پدیدآور	: سلول‌های فلوتاسیون / تدوین بهرام رضایی، فاطمه‌السادات حسینیان.
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر، ۱۳۹۹.
مشخصات ظاهری	: ۲۷۹ ص.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳۷۹۹-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیبا
یادداشت	: واژه‌نامه.
یادداشت	: کتاب‌نامه.
موضوع	: فلوتاسیون - راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع	: Flotation - Study and teaching (Higher)
موضوع	: فلوتاسیون - مسائل، تمرین‌ها و غیره
موضوع	: Flotation - Problems, exercises, etc
شناسه افزوده	: حسینیان، فاطمه‌السادات، ۱۳۶۸-
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، مرکز نشر
رده‌بندی کنگره	: ۳۳ TN
رده‌بندی دیویی	: ۶۲۳/۷۵۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۷۰۹۷۷

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۸/۱۱/۱۳ شورای چاپ و نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: سلول‌های فلوتاسیون
تدوین	: بهرام رضایی، فاطمه‌السادات حسینیان
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی، چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: پاییز ۱۳۹۹
قیمت	: ۵۲۰۰۰ تومان
تیراژ	: ۵۰ نسخه
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳۷۹۹-۵
	ISBN : 978-964-463799-5

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.

فهرست

عنوان	صفحه
پیشگفتار.....	I
فصل یکم: کلیات.....	۱
۱-۱- آشنایی.....	۱
۲-۱- اصول فلوتاسیون.....	۲
۱-۲-۱- معرف‌های شیمیایی.....	۲
۲-۲-۱- سلول‌های فلوتاسیون.....	۸
منابع فصل یک.....	۲۱
فصل دوم: سلول‌های مکانیکی.....	۲۳
۱-۲- آشنایی.....	۲۳
۲-۲- سلول مکانیکی.....	۲۳
۱-۲-۲- مزایا و معایب سلول‌های مکانیکی.....	۲۵
۲-۲-۲- تغییرات سلول‌های مکانیکی.....	۲۵
۳-۲- قسمت‌های اصلی سلول مکانیکی.....	۲۶
۴-۲- انواع سلول‌های مکانیکی.....	۲۶
۱-۴-۲- سلول‌های اولیه.....	۲۶
۲-۴-۲- سلول‌های دنور.....	۳۲
۳-۴-۲- سلول‌های ومکو.....	۳۴
۴-۴-۲- سلول‌های آجیتیر.....	۳۵
۵-۴-۲- سلول‌های اتوکمپو.....	۳۸
۶-۴-۲- سلول‌های سالا.....	۴۱
۷-۴-۲- سلول‌های ماکسول.....	۴۳
۸-۴-۲- سلول‌های دور - اولیور.....	۴۴
۹-۴-۲- سلول‌های آکر.....	۴۸
۱۰-۴-۲- سلول‌های متسو مینرالز.....	۵۰
۵-۲- افزایش مقیاس سلول‌های مکانیکی.....	۵۰
۱-۵-۲- افزایش مقیاس به روش تجربی.....	۵۲
۲-۵-۲- افزایش مقیاس به روش مدل‌سازی.....	۵۳
۳-۵-۲- افزایش مقیاس به روش ترسیمی.....	۵۷

۶۴.....	۶-۲- معادله احتمال برای شبیه سازی فلوتاسیون.....
۶۴.....	۶-۲-۱- بازیابی با اتصال.....
۶۵.....	۶-۲-۲- بازیابی با دنباله روی.....
۶۶.....	۶-۲-۳- بازیابی کلی.....
۶۷.....	۶-۲-۴- شبیه سازی بانک سلول ها.....
۶۸.....	۷-۲- سلول ها، بانک ها و مدارهای فلوتاسیون.....
۶۸.....	۷-۲-۱- سلول واحد.....
۷۱.....	۷-۲-۲- بانک سلول.....
۷۴.....	۷-۲-۲- مدار.....
۸۱.....	۱-۱- نحوه انتخاب سلول های مکانیکی.....
۸۳.....	۸-۲-۱- انتخاب بر اساس زمان ماند و شدت جریان حجمی پالپ.....
۸۶.....	۸-۲- انتخاب بر اساس زمان ماند و مشخصات کف.....
۹۱.....	۹-۲- نواحی های دینامیکی در سلول های مکانیکی.....
۹۲.....	۹-۲-۱- پراکنده شدن گاز.....
۹۳.....	۹-۲-۲- نحوه ورود هوا.....
۹۳.....	۹-۲-۳- الگوی جریان.....
۹۴.....	۱۰-۲- طراحی سلول مکانیکی.....
۹۴.....	۱۰-۲-۱- مخزن سلول.....
۹۴.....	۱۰-۲-۲- مخزن بار اولیه و مخزن تخلیه.....
۹۵.....	۱۰-۲-۳- مخزن جمع آوری کف.....
۹۶.....	۱۰-۲-۴- روتور.....
۹۶.....	۱۰-۲-۵- استاتور.....
۱۰۵.....	منابع فصل دوم.....
۱۰۷.....	فصل سوم: سلول های ستونی.....
۱۰۷.....	۱-۳- آشنایی.....
۱۰۸.....	۲-۳- مشخصات کلی سلول های ستونی.....
۱۱۰.....	۲-۳-۱- ناحیه بازیابی.....
۱۱۱.....	۲-۳-۲- ناحیه شستشو.....
۱۱۲.....	۲-۳-۳- مزایا و معایب سلول های ستونی.....
۱۱۳.....	۲-۳-۴- حباب ساز.....

۱۲۲	۳-۳- محاسبه پارامترهای موثر بر طراحی
۱۲۲	۳-۳-۱- قطر ستون
۱۲۳	۳-۳-۲- قطر حباب هوا
۱۲۳	۳-۳-۳- پراکندگی ابعاد حباب
۱۲۳	۳-۳-۴- حداقل قطر ذره قابل فلو تاسیون
۱۲۴	۳-۳-۵- سرعت ظاهری گاز
۱۲۴	۳-۳-۶- سرعت صعود حباب
۱۲۴	۳-۳-۷- شار سطحی حباب
۱۲۵	۳-۳-۸- سرعت ظاهری آب مصرفی
۱۲۵	۳-۳-۹- دبی حجم جریان آب
۱۲۵	۳-۳-۱۰- سرعت واقعی مایع
۱۲۶	۳-۳-۱۱- سرعت جریان ظاهری آب به سرریز
۱۲۶	۳-۳-۱۲- سرعت ظاهری آب شستنی
۱۲۷	۳-۳-۱۳- آب بایاس
۱۲۷	۳-۳-۱۴- سرعت ظاهری آب بایاس
۱۲۸	۳-۳-۱۵- سرعت ظاهری جریان پالپ
۱۲۸	۳-۳-۱۶- درصد وزنی ذرات جامد
۱۲۸	۳-۳-۱۷- تعیین زمان ماند سیال
۱۲۸	۳-۳-۱۸- تعیین زمان ماند ذرات پالپ
۱۲۹	۳-۳-۱۹- سرعت نسبی ذرات در پالپ
۱۲۹	۳-۳-۲۰- سرعت ته نشینی ذرات
۱۲۹	۳-۳-۲۱- تعیین زمان ماند کف
۱۲۹	۳-۳-۲۲- محاسبه عدد رینولدز
۱۲۹	۳-۳-۲۳- محاسبه عدد پکلت
۱۳۰	۳-۳-۲۴- فاکتور جمع آوری
۱۳۰	۳-۳-۲۵- بازیابی ناحیه جمع آوری
۱۳۱	۳-۳-۲۶- تعیین ارتفاع کف
۱۳۲	۳-۳-۲۷- تعیین ماندگی گاز
۱۳۲	۳-۴- مدل های مختلف فرآیند
۱۳۲	۳-۴-۱- مدل احتمال
۱۳۳	۳-۴-۲- مدل دو فازي

۱۳۴	۳-۴-۳- مدل موازنه جرمی
۱۳۵	۵-۳- مبانی کنترل در فلوتاسیون ستونی
۱۳۶	۳-۵-۱- تجهیزات اندازه گیری
۱۳۷	۳-۵-۲- سخت افزارهای کنترلی
۱۳۷	۳-۵-۳- استراتژی های کنترلی
۱۳۷	۳-۵-۴- نقش کنترل در فلوتاسیون ستونی
۱۳۹	۳-۵-۵- ابزاربندی و تجهیزات کنترلی در فلوتاسیون ستونی
۱۳۹	۳-۶- کنترل و پارامترهای موثر در مدار
۱۴۲	۳-۶-۱- متغیرها و بررسی های کلیدی در کنترل فلوتاسیون
۱۴۳	۳-۶-۲- ابزار دقیق و کنترل فلوتاسیون سطح پایه
۱۴۶	۳-۶-۳- بی جران هوا
۱۴۸	۳-۶-۳-۱- جریان پالپ
۱۴۸	۳-۶-۳-۵- غا. حبس ناصر
۱۴۹	۳-۶-۳-۶- چگالی پ
۱۵۰	۳-۶-۳-۷- افزودن معرف های شیمیایی
۱۵۰	۳-۶-۳-۸- pH ، E_H و هدایت الکتریکی
۱۵۱	۳-۶-۳-۹- پراکندگی گاز
۱۵۴	۳-۶-۳-۱۰- دید ماشین
۱۵۵	۳-۶-۳-۱۱- کنترل پیشرفته فلوتاسیون
۱۶۱	۳-۶-۳-۱۲- بهینه سازی کنترل فلوتاسیون
۱۶۴	۳-۶-۳-۱۳- نرم افزار تجاری کنترل پیشرفته/بهینه سازی فلوتاسیون
۱۶۴	۳-۷- انواع سلول های ستونی
۱۶۴	۳-۷-۱- ستون فلوتاسیون اصلاح شده
۱۶۶	۳-۷-۲- ستون های فلوتاسیون توربو، نوع سودآلا - مولتوتک
۱۶۸	۳-۷-۳- ستون فشرده فلوتاسیون
۱۶۸	۳-۷-۴- سلول LM
۱۶۹	۳-۸- افزایش مقیاس سلول های ستونی
۱۶۹	۳-۸-۱- افزایش مقیاس به روش لونسپیل
۱۷۴	۳-۸-۲- افزایش مقیاس به روش یون
۱۷۷	منابع فصل سوم

۱۷۹	فصل چهارم: سلول جیمسون
۱۷۹	۱-۴-۱- آشنایی
۱۸۰	۲-۴-۲- سلول جیمسون
۱۸۱	۳-۴-۳- مزایای سلول جیمسون
۱۸۲	۴-۴-۴- اصول طراحی و عملیات
۱۸۳	۴-۴-۱- نواحی هیدرودینامیکی
۱۹۳	۵-۴-۵- پارامترهای عملیاتی سلول جیمسون
۱۹۳	۴-۵-۱- مق کف
۱۹۳	۴-۵-۱- رعت ظاهری گاز
۱۹۵	۴-۵-۲- ابعاد حباب
۱۹۶	۴-۵-۴- نسب هوا به آب اولیه
۱۹۶	۴-۵-۵- نسبت آب شسته شده
۲۰۰	۴-۵-۶- مواد شیمیایی
۲۰۰	۴-۵-۷- ماندگی گاز
۲۰۲	۴-۵-۸- ظرفیت حمل
۲۰۳	۴-۵-۹- محاسبه زمان ماند
۲۰۵	۴-۵-۱۰- عوامل کنترلی در سلول جیمسون
۲۰۵	۴-۶-۶- طراحی
۲۰۵	۴-۶-۱- طراحی مخزن سلول
۲۰۶	۴-۶-۲- طراحی مخزن کنسانتره گیری
۲۰۶	۴-۶-۳- طراحی دانکومرها
۲۰۷	۴-۶-۴- طراحی نازل ها
۲۰۷	۴-۶-۵- ورودی هوا
۲۰۷	۴-۷-۷- تفاوت های سلول جیمسون با سلول های مکانیکی و ستونی
۲۰۸	۴-۸-۸- سلول جیمسون اصلاح شده
۲۰۹	۴-۹-۹- افزایش مقیاس سلول های جیمسون
۲۱۲	منابع فصل چهارم
۲۱۳	فصل پنجم: نانو و میکرو فلوتاسیون
۲۱۳	۱-۵-۱- آشنایی
۲۱۴	۵-۲- فلوتاسیون نرمه ها و پساب ها

پیشگفتار

با روندی که امروزه دنیای صنعت و تکنولوژی مدرن در پیش رو دارد، نیاز به مواد معدنی و به موازات آن فراآوری مواد معدنی از اهمیت خاصی برخوردار است. کاهش ذخایر برعیار مواد معدنی، فراآوری مواد معدنی کم عیار را امری ضروری ساخته است. روش فلوتاسیون به طور گسترده‌ای به عنوان روشی برتر در فراآوری مواد معدنی با ترکیبات کانی‌شناسی بسیار پیچیده، تصفیه پساب‌ها، جوهرزدایی، صنایع شیمیایی و موارد مشابه با موفقیت استفاده شده است که سلول‌های فایبلسن اساسی‌ترین بخش این فرآیند را به خود اختصاص می‌دهد. در سال‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در زمینه سلول‌های فلوتاسیون صورت گرفته است و در این زمینه سلول‌های متنوعی طراحی و ساخته شده‌اند و به طور گسترده در صنعت استفاده شده‌اند که هر یک مزایا و معایب خاص خود را دارند. پیشرفت‌های جدید در زمینه طراحی و ساخت سلول‌ها همگی در راستای افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های صنعتی است. بعضی از این سلول‌ها تا کنون از رده خارج شده‌اند و بعضی از آن‌ها مراکز آزمایشگاهی، پایه و نیمه‌صنعتی خود را طی می‌کنند. سلول‌های مکانیکی از جمله مسئول‌ترین سال‌های فلوتاسیون هستند که از ابتدا تا کنون به طور گسترده در صنعت استفاده می‌شوند. در چند دهه اخیر، سلول‌های جدیدی طراحی و ساخته شدند که تحول مهم و عظیمی در زمینه فایبلسن ایجاد کرده است، مخصوصاً سلول‌هایی که توسط کانادایی‌ها (سلول ستونی) و استرالیایی‌ها (سلول جیمسون) طراحی شده، امروزه کاربرد وسیعی یافته‌اند. نیاز به خردایش بیشتر به دلیل کاهش عیار و افزایش پیچیدگی ترکیبات کانی‌شناسی موجب تولید ذرات درشت و نرمه در بار اولیه و رری به کارخانه می‌شود و کارایی فرآیند فلوتاسیون را کاهش می‌دهد که نیاز به طراحی و ساخت سلول‌های جدید، کارایی بالا را با توجه به مشخصات بار اولیه ضروری می‌سازد. شناخت نحوه عملکرد سلول‌ها و افزایش مقیاس آن‌ها در طراحی فرآیند به منظور افزایش کارایی امری اجتناب ناپذیر است. بدین منظور در این کتاب، نحوه عملکرد، افزایش مقیاس و کاربرد انواع سلول‌های فلوتاسیون مکانیکی، ستونی، جیمسون و سلول‌های مورد استفاده برای فلوتاسیون ذرات نرمه، تصفیه پساب‌ها و جوهر زدایی ارائه می‌شود تا راهنمایی جهت انتخاب صحیح سلول مورد نیاز در طراحی فرآیند باشد.

بهرام رضایی

فاطمه السادات حسینیان