



# فناوری اکستروژن آلومینیم

گردآوری و ترجمه:

حسن غیائی

عضو هیئت علمی پژوهشکده توسعه تکنولوژی

۱۳۹۰



## فهرست مطالب

پیشگفتار..... ۱

مقدمه..... ۳

### بخش ۱: اصول اکستروژن

۱-۱- تعریف اکستروژن..... ۶

۱-۲- دسته بندی فرآیندهای اکستروژن..... ۷

۱-۲-۱- اکستروژن مستقیم..... ۸

۱-۲-۲- اکستروژن پشت سرهم بیلت ها..... ۹

۱-۲-۳- اکستروژن معکوس..... ۱۱

۱-۳- اصول مکانیکی اکستروژن..... ۱۲

۱-۳-۱- تغییر شکل پلاستیک و سیلان فلز..... ۱۲

۱-۳-۲- کرنش پلاستیک و سرعت کرنش..... ۱۸

۱-۳-۳- مدل‌های اصطکاکی..... ۲۰

۱-۳-۴- فشار اکستروژن..... ۲۶

۱-۳-۵- تجزیه و تحلیل فشار اکستروژن..... ۳۰

۱-۳-۶- نیروی اکستروژن..... ۳۴

۱-۴- تأثیر متغیرهای اصلی بر اکستروژن..... ۳۵

۱-۴-۱- متغیرهای اصلی..... ۳۶

۱-۵- مراجع..... ۴۲

### بخش ۲: ترمودینامیک در اکستروژن

۱-۲- اصول ترمودینامیکی اکستروژن..... ۴۵

۲-۲- مدل ترمودینامیکی..... ۴۸

۳-۲- تأثیر متغیرهای اصلی بر افزایش دما..... ۵۴

۴-۲- اندازه‌گیری دماها..... ۵۶

۵-۲- اکستروژن هم‌دما..... ۶۶

۶-۲- مراجع..... ۷۵

### بخش ۳: پرس اکستروژن و تجهیزات جانبی

- ۱-۳- انواع پرسهای اکستروژن ..... ۸۱
- ۲-۳- انتخاب پرس و مشخصات آن ..... ۸۸
- ۳-۳- اجزای اصلی پرس اکستروژن ..... ۹۲
- ۴-۳- تجهیزات جانبی ..... ۱۰۰
- ۵-۳- مجموعه کامل سیستم ..... ۱۱۰
- ۶-۳- مراجع ..... ۱۱۳

### بخش ۴: قالب و ابزار اکستروژن

- ۱-۴- شناخت اصطلاحات و عملکرد قالبها و ابزار اکستروژن ..... ۱۱۷
- ۱-۱-۴- اکستروژن مستقیم ..... ۱۱۷
- ۲-۱-۴- اکستروژن معکوس ..... ۱۲۰
- ۲-۴- طراحی قالب ..... ۱۲۲
- ۱-۲-۴- جانمایی قالب ..... ۱۲۳
- ۲-۲-۴- طول سطح تماس قالب ..... ۱۲۶
- ۳-۴- ساخت قالب ..... ۱۳۹
- ۴-۴- اصلاح قالب ..... ۱۳۹
- ۱-۴-۴- پارامترهای مورد نظر در اصلاح قالب ..... ۱۴۱
- ۲-۴-۴- قالب مخصوص تولید مقاطع توپر ..... ۱۴۱
- ۳-۴-۴- قالب مخصوص تولید مقاطع توخالی ..... ۱۴۲
- ۵-۴- مواد قالب و عملیات سطحی ..... ۱۴۴
- ۱-۵-۴- انتخاب ماده قالب ..... ۱۴۴
- ۲-۵-۴- عملیات حرارتی و سختکاری سطحی ..... ۱۴۴
- ۶-۴- تریبولوژی در قالبهای اکستروژن ..... ۱۴۶
- ۱-۶-۴- سایش در قالب اکستروژن ..... ۱۴۷
- ۷-۴- مراجع ..... ۱۵۴

## بخش ۵: اصول و فرآیندهای ریخته‌گری بیلت

- ۱-۵- اصول ساخت بیلت..... ۱۵۷
- ۲-۵- فرآیندهای ریخته‌گری..... ۱۶۱
- ۱-۲-۵- متغیرهای ریخته‌گری ..... ۱۶۱
- ۲-۲-۵- مواد شارژ..... ۱۶۴
- ۳-۲-۵- ذوب و نگهداری ..... ۱۶۴
- ۴-۲-۵- روانسازی و گاززدایی ..... ۱۶۵
- ۱-۲-۵- انواع حفرات ناشی از هیدروژن..... ۱۶۶
- ۲-۴-۲-۵- منابع تولید هیدروژن..... ۱۶۸
- ۳-۴-۲-۵- حذف هیدروژن از آلومینیوم مذاب (گاز زدایی)..... ۱۷۰
- ۴-۴-۲-۵- مکانیزم عملکرد گازهای تصفیه‌کننده و عوامل مؤثر بر آن..... ۱۷۶
- ۵-۴-۲-۵- مخلوطهای گازی مورد استفاده در گاززدایی آلومینیوم مذاب..... ۱۸۰
- ۶-۴-۲-۵- محافظت سطح مذاب آلومینیوم از ورود هیدروژن..... ۱۸۵
- ۷-۴-۲-۵- معرفی دو سیستم گردشی گاز آرگون و مخلوط آرگون با کلر..... ۱۸۸
- ۵-۲-۵- ریزدانه کردن..... ۱۹۵
- ۶-۲-۵- سیستم تصفیه..... ۱۹۸
- ۷-۲-۵- سیستم ریخته‌گری عمودی..... ۱۹۹
- ۸-۲-۵- سیستم ریخته‌گری افقی..... ۲۰۴
- ۹-۲-۵- همگن‌سازی بیلت..... ۲۰۷
- ۳-۵- عیوب ریختگی..... ۲۱۳
- ۴-۵- مراجع..... ۲۱۹

## بخش ۶: تأثیر عناصر آلیاژی بر آلیاژهای آلومینیم

- ۱-۶- آلیاژهای سری ۱۰۰۰ (Al-Fe-Si)..... ۲۲۳
- ۲-۶- آلیاژهای سری ۲۰۰۰ (Al-Cu و Al-Cu-Mg)..... ۲۲۹
- ۳-۶- آلیاژهای سری ۳۰۰۰ (Al-Mn)..... ۲۳۹
- ۴-۶- آلیاژهای سری ۵۰۰۰ (Al-Mg)..... ۲۴۴
- ۵-۶- آلیاژهای سری ۶۰۰۰ (Al-Mg-Si)..... ۲۵۲

۲۶۷	۶-۶- آلیاژهای سری ۷۰۰۰ (Al-Zn-Mg).....
۲۷۸	۶-۷- مراجع.....

### بخش ۷: اکستروژن آلیاژهای نرم و نیمه سخت

۲۹۳	۷-۱- آلیاژها و اکستروپذیری آنها.....
۲۹۴	۷-۲- اشکال و اندازه‌های محصول.....
۲۹۸	۷-۳- تجزیه و تحلیل پارامترهای مؤثر بر اکستروژن.....
۲۹۹	۷-۳-۱- طول محصول خروجی.....
۳۰۲	۷-۳-۲- فشار اکستروژن.....
۳۰۴	۷-۳-۳- کنترل سرعت اکستروژن و کوبه.....
۳۰۹	۷-۳-۴- کنترل ضخامت ته بیلت.....
۳۱۲	۷-۴- فرآیند تولید.....
۳۱۲	۷-۴-۱- اکستروژن مقاطع توپر.....
۳۱۵	۷-۴-۲- اکستروژن لوله‌ها و مقاطع توخالی.....
۳۲۰	۷-۵- کنترل بهره‌وری.....
۳۲۰	۷-۵-۱- به حداقل رسانیدن میزان ضایعات قابل اجتناب.....
۳۲۱	۷-۵-۲- افزایش طول بیلت.....
۳۲۱	۷-۵-۳- بهینه سازی سرعت و دمای اکستروژن.....
۳۲۳	۷-۶- فرآیندهای جانبی.....
۳۲۳	۷-۶-۱- کشش یا تابگیری.....
۳۲۵	۷-۶-۲- برش.....
۳۲۶	۷-۷- عملیات حرارتی.....
۳۲۹	۷-۸- آزمایشهای فیزیکی و مکانیکی.....
۳۳۰	۷-۹- عیوب اکستروژن.....
۳۴۰	۷-۱۰- مراجع.....

### بخش ۸: اکستروژن آلیاژهای سخت

۳۴۵	۸-۱- اکستروپذیری آلیاژها.....
۳۴۵	۸-۲- اشکال و اندازه‌های محصول.....

۳۴۶	۳-۸- مراحل اکستروژن.....
۳۴۶	۳-۸-۱- پارامترهای اکستروژن.....
۳۴۸	۳-۸-۲- کنترل پرس.....
۳۵۱	۳-۸-۳- متغیرهای فرآیند و کنترل آنها.....
۳۵۲	۳-۸-۴- عملیات حرارتی.....
۳۵۴	۳-۸-۵- فرآیندهای جانبی.....
۳۵۵	۴-۸- عیوب اکستروژن.....
۳۶۶	۵-۸- تضمین کیفیت.....
۳۶۷	۵-۸-۱- روشهای آزمایش.....
۳۶۷	۶-۸- اکستروژن کامپوزیت‌های زمینه آلومینیوم.....
۳۶۸	۶-۸-۱- اصول متالورژیکی بیلت و تنش سیلان.....
۳۷۰	۶-۸-۲- مواد و طراحی قالب.....
۳۷۲	۶-۸-۳- فرآیند اکستروژن و عیوب آن.....
۳۷۲	۶-۸-۴- شکل دهی محصول اکستروژن.....
۳۷۳	۷-۸- محصولات اکسترودی حاصل از آلیاژهای متالورژی پودر.....
۳۷۵	۸-۸- مراجع.....

### بخش ۹: کنترل فرآیند در کارگاه اکستروژن آلومینیوم

۳۸۰	۹-۱- کارگاه اکستروژن و فرآیندهای آن.....
۳۸۰	۹-۲- متغیرهای ساخت بیلت.....
۳۸۳	۹-۳- متغیرهای قالب اکستروژن.....
۳۹۱	۹-۴- پرس اکستروژن و تجهیزات جانبی.....
۳۹۱	۹-۵- متغیرهای فرآیند اکستروژن.....
۳۹۱	۹-۶- متغیرهای فرآیندهای جانبی.....
۳۹۲	۹-۷- عملیات حرارتی و انجام آزمایشهای مکانیکی.....
۳۹۹	۹-۸- عملیات سطحی مقاطع اکستروود شده.....
۳۹۹	۹-۹- چارچوب کنترل کیفی.....
۴۰۴	۹-۱۰- مراجع.....

### بخش ۱۰: فرآیندهای آماری و کنترل کیفیت

- ۴۰.۵ ..... ۱-۱۰- اساس کنترل چارت آماری
- ۴۰.۵ ..... ۲-۱۰- کنترل کیفیت در ساخت بیلت
- ۴۰.۵ ..... ۳-۱۰- کنترل کیفیت قالبها
- ۴۰.۵ ..... ۴-۱۰- کنترل کیفیت محصول اکسترودی
- ۴۰.۵ ..... ۵-۱۰- مدیریت کیفیت جامع (TQM)
- ۴۰.۵ ..... ۶-۱۰- مراجع

### بخش ۱۱: تحقیق و توسعه

- ۴۰.۵ ..... ۱-۱۱- پرسهای اکستروژن و تجهیزات جانبی
- ۴۰.۵ ..... ۲-۱۱- فناوری قالب و ابزار
- ۴۰.۵ ..... ۳-۱۱- آلیاژسازی و ریخته‌گری بیلت
- ۴۰.۵ ..... ۴-۱۱- فناوری فرآیند اکستروژن
- ۴۰.۵ ..... ۵-۱۱- فرآیند و کنترل کیفیت
- ۴۰.۵ ..... واژه نامه انگلیسی به فارسی