

ای نام تو بہترین سر آغاز  
ہی نام تو نامہ کی گنہ باز

# اکستروژن

فرآیندہا، ماشین ہا و قالب ہا

مؤلف : KURT LAUE, HELMUT STENGER

مترجم : مهندس اکبر شیرخورشیدیان

سرشناسه	لو، کورت. Laue, Kurt
عنوان و نام پدیدآور	: اکستروژن : فرآیندها، ماشینها و قالبها/ مولف [کورت لو، هلموت اشتنگر]؛ مترجم اکبر شیرخورشیدیان
مشخصات نشر	: تهران: انتشارات دکتر مقصودی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	: ۴۱۶ص. مصور، جدول، نمودار.
فروست	: قالب و قیود: ۹.
شابک	: 978-600-92276-9-3
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Strangpressen.
موضوع	: فلزها - حدیدهکاری
شناسه افزوده	: اشتنگر، هلموت. Stenger, Helmut
شناسه افزوده	: شیرخورشیدیان، اکبر. ۱۳۳۸ - ، مترجم
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۳ الف ۷/TS۲۵۵
رده بندی دیویی	: ۶۷۱/۳۴
شماره کتابشناسی ملی	: ۳۶۹۸۵۴۶

این اثر، مشمول قانون حمایت مؤلفان و مصنفان و هنرمندان مصوب ۱۳۴۸ است، هرکس تمام یا قسمتی از این اثر را بدون اجازه مؤلف (ناشر) نشر یا پخش یا عرضه کند مورد پیگرد قانونی قرار خواهد گرفت.

شابک ۹۷۸-۶۰۰-۹۲۲۷۶-۹-۳

ISBN 978-600-92276-9-3

- نام کتاب : اکستروژن فرآیندها، ماشینها و قالبها
- مولف : KURT LAUE, HELMUT STENGER
- مترجم : مهندس اکبر شیرخورشیدیان
- ناشر : انتشارات دکتر مقصودی
- صفحه آرای : فاطمه نیکبختیان
- تیراژ : ۵۰۰ جلد
- نوبت چاپ : اول، بهار ۱۳۹۴

کلیه حقوق برای انتشارات دکتر مقصودی محفوظ است.

مرکز پخش و فروش : خیابان انقلاب - روبهروی دانشگاه تهران - ساختمان فروزنده - طبقه دوم واحد ۵۰۶، واحد ۲۰۸

(تلفن ۶۶۴۶ ۷۹۹۹ و ۶۶۹۵۱۸۳۲ و ۶۶۹۵۱۸۳۱، فکس ۶۶۹۵ ۳۶۲۶ و ۰۹۱۲۱۱۲۱۱۲۳)

# مقدمه مترجم

اکستروژن و تجهیزات مربوطه در جهان مطرح هستند در تهیه این کتاب استفاده شده‌اند. از جمله این شرکت‌ها می‌توان به Cameron Iron, Aluminium Werke (Wutöschingen), Schloemann-Siemag (Düsseldorf), Works (Texas) و Glyco-Metall-Werke اشاره کرد.

**مطالب** ارایه شده در این کتاب برای مهندسين طراح قالب، مهندسين و تكنسين‌هاى كارخانجات و دانشجويان علاقمند به اين فرآيند مفيد خواهد بود.

**اکستروژن** از حدود ۲۰۰ سال پیش در صنعت رایج شد و در سال‌های اخیر با پیشرفت‌های مختلفی که در زمینه‌های طراحی کامپیوتری و قالب‌سازی حاصل شده است، به یکی از فرآیندهای تولیدی با اهمیت اقتصادی بالانیز تبدیل شده است.

**مؤلفان** این کتاب سعی کرده‌اند که اطلاعات جامعی در مورد فرآیند اکستروژن فراهم آورند که نتیجه مطالعات علمی و تجربیات عملی زیادی بوده است. در واقع، اطلاعات و مقالات منتشر شده از چندین شرکت آلمانی و امریکایی که در زمینه

اکبر شیرخورشیدیان

زمستان ۱۳۹۳

**فصل ۱ اصول کلی ..... (۱-۶۰)**

۴-۲-۳-۱	افزایش دمای سطح محصول اکستروژن شده در اثر اصطکاک	۱	۱-۱ مطالب پایه
۲۹	ماتریس	۱	۱-۱-۱ تعریف فرآیند و تاریخچه
۳۱	۳-۳-۱ اکستروژن با دمای خروجی ثابت	۱	۲-۱-۱ بررسی حالات تنش‌های مکانیکی و
۳۴	۴-۳-۱ حداکثر سرعت اکستروژن	۲	کارپذیری در اکستروژن
۳۶	۴-۱ نیرو و انرژی مورد نیاز در اکستروژن	۳-۱-۱	۳-۱-۱ مقایسه اکستروژن با دیگر روش‌های
۳۶	۱-۴-۱ بررسی روش‌های محاسباتی	۴	شکل دادن فلزات
۳۷	۱-۱-۴-۱ روش تحلیلی پایه	۴	۲-۱ سیلان مواد در اکستروژن
	۲-۱-۴-۱ تحلیل پلاستیسیته با استفاده از	۵	۱-۲-۱ روش‌های بررسی سیلان مواد
۳۷	تئوری محدوده خط لغزش	۵	۲-۲-۱ فرم‌های رایج سیلان مواد در
	۳-۱-۴-۱ تخمین نیروی اکستروژن به روش	۷	اکستروژن
۳۸	حدود مرزی بالا و پایین	۳-۲-۱	عیوب اکستروژن و راه‌های پیشگیری
	۲-۴-۱ محاسبات رایج در اکستروژن		از آنها
۳۹	براساس تحلیل پایه	۱۰	۱-۳-۲-۱ ایجاد قیف انتهای در شمش
	۱-۲-۴-۱ محاسبه کار تغییر شکل و نیروی	۱۱	۲-۳-۲-۱ جدایش لوله‌ای
۳۹	اکستروژن	۱۱	۳-۳-۲-۱ ایجاد پوسته و تاول سطحی
۴۰	۲-۲-۴-۱ تنش سیلان	۱۸	۴-۳-۲-۱ عیوب داخلی در اکستروژن لوله
۴۱	۳-۲-۴-۱ اثر دما و نرخ کرنش بر تنش سیلان	۱۹	۵-۳-۲-۱ ساختارهای مختلف در طول و
	۴-۲-۴-۱ مقاومت در برابر شکل‌پذیری و		سطح مقطع قطعات اکستروژن شده
۴۵	ضریب بازدهی	۳-۱	۳-۱ بالانس حرارتی و تغییرات دما در
	۵-۲-۴-۱ تأثیر اصطکاک بین شمش و قالب و		اکستروژن
	همچنین طول شمش بر نیروی	۲۳	۱-۳-۱ پروفیل دمایی در شمش گرم شده
۴۷	اکستروژن	۲۴	۲-۳-۱ بالانس حرارتی در عملیات اکستروژن
۴۸	۶-۲-۴-۱ تأثیر نسبت اکستروژن بر نیرو	۲۵	۱-۲-۳-۱ روش عددی Akeret
	۷-۲-۴-۱ اثر فرم سطح مقطع محصول بر	۲۸	۲-۲-۳-۱ روش تحلیلی Lange
۴۸	نیروی اکستروژن		۳-۲-۳-۱ محاسبه دمای محصول براساس
	۸-۲-۴-۱ نیروی اکستروژن با ماتریس‌های	۲۸	کار تغییر شکل
۵۲	چند سوراخه		
	۹-۲-۴-۱ تأثیر ابعاد هندسی روزنه ماتریس		
۵۲	بر نیروی اکستروژن		

۸۵	۲-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک بدون فشار پشت
۸۵	۲-۵-۲-۱ شرح روش کاربرد های اکستروژن هیدرواستاتیک معمولی
۸۷	۲-۵-۲-۳ گرمای ایجاد شده در اکستروژن هیدرواستاتیک
۸۹	۲-۵-۲-۴ فشار اکستروژن
۹۰	۳-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک با فشار پشت
۹۱	۴-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک معمولی فلزات ترد
۹۲	۵-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک با نیروی اضافی
۹۳	۶-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک نیمه پیوسته
۹۴	۷-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک پیوسته
۹۵	۸-۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک در دماهای بالا
۹۶	۹-۵-۲ روش های خاص در اکستروژن هیدرواستاتیک
۹۶	۲-۹-۵-۱ فرآیند لایه ضخیم Hydrafilim
۹۷	۲-۹-۵-۲ فرآیند اکستروژن مارپیچی با Hydrospin
۹۸	۶-۲ روکش کاری به روش اکستروژن
۹۹	۱-۶-۲ روکش کاری به روش اکستروژن با غلاف
۹۹	۲-۶-۲ روکش کاری به روش اکستروژن با اصطکاک کم در دیواره محفظه قالب
۱۰۰	۳-۶-۲ روکش کاری به روش اکستروژن با محفظه قالب بدون اصطکاک

۵۴	۱۰-۲-۴-۱ نیروی وارده بر سنبه و ماندرل در اکستروژن لوله
۵۶	مراجع

## فصل ۲ روش های مختلف اکستروژن (۶۱-۱۰۲)

۶۱	۱-۲ اکستروژن مستقیم
۶۳	۱-۱-۲ اکستروژن مستقیم با روانکاری و بدون روانکاری
۶۵	۱-۱-۲-۱ اکستروژن میله ها و دیگر مقاطع توپر
۶۶	۲-۱-۲-۲ اکستروژن لوله و مقاطع توخالی
۷۲	۲-۱-۲ اکستروژن با شمش های پشت سر هم
۷۳	۲-۲ اکستروژن معکوس
۷۳	۱-۲-۲ نیرو و اصطکاک
۷۵	۲-۲-۲ مزایا و معایب اکستروژن معکوس
۷۵	۳-۲-۲ طراحی قالب و اجزای آن
۷۷	۴-۲-۲ کنترل دما
۷۸	۳-۲ اکستروژن ترکیبی مستقیم-معکوس
۷۹	۴-۲ پوشش دادن کابل با اکستروژن
۸۰	۱-۴-۲ اکستروژن کابل با پوشش قلع
۸۲	۲-۴-۲ اکستروژن کابل با پوشش آلومینیم
۸۲	۳-۴-۲ پوشش دادن کابل با قلع به روش سیلان متقارن فلز
۸۲	۱-۳-۴-۲ روش Judge
۸۳	۲-۳-۴-۲ پوشش دادن با استفاده از پرس پیچی
۸۵	۵-۲ اکستروژن هیدرواستاتیک
۸۵	۱-۵-۲ روش اصلی

۱۲۴	اکستروژن پروفین‌های فرم‌دار	۴-۱-۳-۳
۱۳۷	آلومینیومی	
۱۳۸	اکستروژن پروفیل‌های توخالی	۵-۱-۳-۳
۱۴۱	اکستروژن لوله	۶-۱-۳-۳
۱۴۴	اکستروژن میله‌ها و مفتول‌ها	۸-۱-۳-۳
۱۴۴	اکستروژن منیزیم	۲-۳-۳
۱۴۴	انواع آلیاژهای منیزیم و محصولات اکستروژن شده	۱-۲-۳-۳
۱۴۵	قابلیت اکستروژن و چگونگی سیلان فلز	۲-۲-۳-۳
۱۴۶	اکستروژن میله‌ها، پروفیل‌ها و لوله‌ها	۳-۲-۳-۳
۱۴۷	اکستروژن روی	۳-۳-۳
۱۴۷	اکستروژن آلیاژهای مخصوص لحیم‌کاری سخت	۴-۳-۳
۱۴۸	اکستروژن آلیاژهای بادمای	۴-۳
۱۴۸	اکستروژن 600-1000 °C	
۱۴۸	آلیاژهای مس	۱-۴-۳
۱۴۸	نوع آلیاژها و کاربردهای آنها	۱-۱-۴-۳
۱۴۹	قابلیت اکستروژن	۲-۱-۴-۳
۱۴۹	رفتار سیلان و نحوه روانکاری	۳-۱-۴-۳
۱۵۴	تولید شمش‌ها و عملیات آماده‌سازی آنها	۴-۱-۴-۳
۱۵۵	اکستروژن مسی	۵-۱-۴-۳
۱۵۸	اکستروژن آلیاژهای مسی با عناصر آلیاژی کم	۶-۱-۴-۳
۱۵۹	اکستروژن آلیاژهای CuZn (برنج)	۷-۱-۴-۳
۱۶۳	اکستروژن آلیاژهای CuSn (برنزهای قلع‌دار)	۸-۱-۴-۳

۱۰۰	به روش اکستروژن هیدرواستاتیک	۱-۳-۶-۲
۱۰۰	به روش اکستروژن معکوس	۲-۳-۶-۲
۱۰۰	روکش‌کاری با پرس‌های مخصوص پوشش دادن کابل	۴-۶-۲
۱۰۱	مراجع	

### فصل ۳ تکنولوژی‌های خاص برای اکستروژن فلزات مختلف ..... (۲۰۸-۱۰۳)

۱۰۳	کارپذیری فلزات در اکستروژن	۱-۳
۱۰۳	ویژگی کارپذیری فلزات و آلیاژها به صورت کلی	۱-۱-۳
۱۰۶	روش‌های روانکاری	۲-۱-۳
۱۰۹	تکنولوژی اکستروژن برای محدوده دمایی تا 300 °C	۲-۳
۱۰۹	اکستروژن سرب و قلع	۱-۲-۳
۱۰۹	فلزات اکستروژن شده و کاربرد آنها	۱-۱-۲-۳
۱۰۹	قابلیت اکستروژن و نحوه سیلان فلز	۲-۱-۲-۳
۱۱۱	اکستروژن لوله‌های سربی	۳-۱-۲-۳
۱۱۲	پوشش دادن کابل با سرب	۴-۱-۲-۳
۱۱۴	عیوب ایجاد شده در لوله‌های سربی یا پوشش‌های سربی کابل‌ها	۵-۱-۲-۳
۱۱۵	اکستروژن سیم لحیم	۶-۱-۲-۳
۱۱۷	اکستروژن سرد	۲-۲-۳
۱۱۸	تکنولوژی اکستروژن در دماهای 300-600 °C	۳-۳
۱۱۸	اکستروژن آلیاژهای آلومینیم	۱-۳-۳
۱۱۸	نوع آلیاژها و محصولات	۱-۱-۳-۳
۱۱۹	قابلیت اکستروژن	۲-۱-۳-۳
۱۲۳	سیلان فلز و روانکاری	۳-۱-۳-۳

**فصل ۴ ساختار پرس‌های اکستروژن**  
 (۲۰۹-۲۸۶).....

۲۰۹ ۱-۴ تاریخچه

۲۰۹ ۲-۴ طبقه‌بندی و طراحی تجهیزات

۲۱۲ اکستروژن

۲۱۳ ۱-۲-۴ انواع محرکه پرس‌ها

۲۱۳ ۲-۲-۴ پرس‌های اکستروژن برای فلزات

۲۱۷ غیرآهنی

۲۲۲ ۳-۲-۴ پرس‌های اکستروژن افقی

۲۲۲ ۱-۳-۲-۴ فرم ساختار پرس‌ها

۲۲۶ ۲-۳-۲-۴ فرم بدنه پرس

۲۲۸ ۳-۳-۲-۴ جنبه‌های دیگر طراحی بدنه پرس

۲۳۳ ۴-۲-۴ پرس‌های اکستروژن عمودی

۲۳۳ ۵-۲-۴ واحد کنترل پرس

۲۳۳ ۱-۵-۲-۴ کنترل دستی

۲۳۳ ۲-۵-۲-۴ کنترل از راه دور

۲۳۳ ۳-۵-۲-۴ کنترل برنامه‌ریزی شده

۲۳۳ ۴-۵-۲-۴ کنترل برنامه‌ریزی شده با قابلیت

۲۳۶ تغییر پیوسته سرعت اکستروژن

۲۴۱ ۵-۵-۲-۴ سیستم‌های کنترل پیشرفته

۲۴۳ ۳-۴ سیستم‌های گرم‌کننده شمش

۲۴۳ ۱-۳-۴ کوره‌های القایی

۲۴۵ ۲-۳-۴ گرم‌کردن القایی

۲۴۷ ۳-۳-۴ سیستم گرم‌کننده ترکیبی القایی-گازی

۲۴۸ ۴-۳-۴ کنترل دما

۲۴۹ ۴-۴ تجهیزات جانبی و جابه‌جایی در اکستروژن فلزات غیرآهنی

۱۶۵ ۹-۱-۴-۳ اکستروژن آلیاژهای CuAl (آلومینیم برنز)

۱۶۹ ۱۰-۱-۴-۳ اکستروژن آلیاژهای CuNi

۱۷۱ ۱۱-۱-۴-۳ اکستروژن آلیاژهای CuNiZn (نقره آلمانی)

۱۷۳ ۲-۴-۳ اکستروژن تیتانیم و آلیاژهای آن

۱۷۶ ۳-۴-۳ اکستروژن زیرکونیم

۱۷۶ ۴-۴-۳ اکستروژن بریلیم

۱۷۷ ۵-۴-۳ اکستروژن اورانیوم

۱۷۸ ۵-۳ تکنولوژی اکستروژن در دماهای بالاتر از 1000 °C

۱۷۸ ۱-۵-۳ اکستروژن نیکل و آلیاژهایش

۱۷۸ ۱-۱-۵-۳ آلیاژهای نیکل و کاربرد آنها

۱۷۹ ۲-۱-۵-۳ قابلیت اکستروژن

۱۸۰ ۳-۱-۵-۳ تولید شمش

۱۸۳ ۴-۱-۵-۳ گرم کردن شمش‌ها

۱۸۳ ۵-۱-۵-۳ روانکاری

۱۸۴ ۲-۵-۳ اکستروژن فولاد

۱۸۴ ۱-۲-۵-۳ انواع فولادها و کاربردهایشان

۱۸۵ ۲-۲-۵-۳ قابلیت اکستروژن فولادها

۱۹۱ ۳-۲-۵-۳ روانکاری

۱۹۳ ۴-۲-۵-۳ ساخت شمش

۱۹۴ ۵-۲-۵-۳ گرم کردن شمش

۱۹۵ ۶-۲-۵-۳ اکستروژن پروفیل‌های فولادی

۱۹۷ ۷-۲-۵-۳ اکستروژن لوله‌ها و پروفیل‌های توخالی فولادی

۲۰۱ ۳-۵-۳ اکستروژن فلزات دیر ذوب

۲۰۲ ۶-۳ اکستروژن پودر فلزات

۲۰۳ مراجع





۳۴۶	۱-۳-۳-۵ طراحی محفظه قالب یک‌تکه	۳-۱-۵-۶ سنبه برای اکستروژن محصول
۳۴۷	۲-۳-۳-۵ طراحی محفظه‌های چند تکه	۳۱۴ توپر و توخالی
۳۶۴	۴-۳-۵ محفظه‌های قالب با سوراخ مرکزی مستطیلی	۴-۱-۵ ماتریس برای اکستروژن پروفیل‌ها و مقاطع توخالی
۳۶۶	۱-۴-۳-۵ عیوب رایج محفظه‌های قالب به هنگام کار	۳۱۴ ماتریس چند سوراخه برای اکستروژن پروفیل‌های توپر
۳۷۰	۴-۵ انتخاب فولاد برای اجزای قالب اکستروژن	۳۱۵ ماتریس‌های تولید پروفیل‌های توخالی بسته
۳۷۰	۱-۴-۵ فولادهای گرم کار	۳۱۸ ماتریس برای پروفیل‌های پله‌دار
۳۷۱	۲-۴-۵ مشخصات فولادهای گرم کار	۳۲۲ ساخت ماتریس‌های اکستروژن
۳۷۸	۳-۴-۵ انتخاب فولاد گرم‌کار برای هر یک از اجزای قالب	۳۲۵ جزئیات فرم ماتریس
۳۸۴	۴-۴-۵ روند مداوم پیشرفت در ساخت فولادهای جدید	۳۲۵ اندازه قسمت‌های مختلف یک ماتریس
۳۸۵	۱-۴-۴-۵ آلیاژهای خاص	۳۲۷ تعیین ابعاد فرم روزنه ماتریس براساس ضریب انقباض
۳۸۹	۲-۴-۴-۵ روش‌های ساخت عملیات حرارتی و روش‌های نگهداری ابزارهای اکستروژن	۳۲۷ طول روزنه ماتریس برای اکستروژن با سیلان یکنواخت
۳۸۹	۱-۵-۴-۵ روش‌های عملیات حرارتی	۳۳۰ ساخت ماتریس‌های اکستروژن
۳۹۰	۲-۵-۴-۵ تنش‌زدایی گرمایی	۳۳۳ عملیات اسپارک اروژن
۳۹۱	۳-۵-۴-۵ سخت‌کاری	۳۳۳ ترکیب دستگاه نقشه‌خوان و دستگاه فرز
۳۹۱	۴-۵-۴-۵ تمپرینگ	۳۳۴ خالی کردن پشت روزنه ماتریس
۳۹۲	۵-۵-۴-۵ عملیات سطحی قطعات قالب	۳۳۷ برشکاری با تخلیه الکتریکی (وایرکات)
۳۹۳	۶-۵-۴-۵ سایش ابزارها در اکستروژن	۳-۵ تنش‌های اعمالی بر روی قالب‌های اکستروژن
۳۹۳	۵-۵ استانداردسازی ابزارهای اکستروژن	۳۳۸ اثرات تنش‌های مکانیکی و حرارتی
۳۹۵	مراجع	۳۳۸ سایش ماتریس
<b>پیوست ۱</b> ..... (۳۹۹-۴۰۰)		۳۴۳ طراحی محفظه قالب با سوراخ استوانه‌ای
<b>پیوست ۲</b> ..... (۴۰۱-۴۰۴)		