

اصول طراحی و شبیه‌سازی فرآیند هیدروفرمینگ ورق و لوله

**مؤلفین: دکتر کرامت ملک‌زاده فرد
مهندس جواد شهبازی گرمی**

سرشناسه: ملک زاده فرد، کرامت، ۱۳۴۷-

عنوان و نام پدیدآور: اصول طراحی و شبیه سازی فرآیند هیدروفرمینگ ورق و لوله/ مولفین کرامت ملک زاده فرد، جواد شهبازی کرمی.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی مالک اشتر، ۱۳۹۲.

مشخصات ظاهری: ۳۰۸ ص.

موضوع: آهنگری و شکل دهی

وضعیت فهرست نویسی: فهرس

شناسه افزوده: شهبازی کرمی، جواد، ۱۳۶۴-

شناسه افزوده: دانشگاه صنعتی مالک اشتر

کتابشناسی ملی: ۳۱۲۳۰۳۸

رده بندی دیویی: ۶۷۱/۳۳۲

رده بندی کنگره: ۱۳۹۲ ۶۷۱/۳۳۲ TS۲۲۵



انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر



ازمان منابع هوایی



دانشگاه صنعتی مالک اشتر

عنوان کتاب: اصول طراحی و شبیه سازی فرآیند هیدروفرمینگ ورق و لوله
مولفین: کرامت ملک زاده فرد، جواد شهبازی کرمی
ناشر: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
طرح روی جلد: فریناز عسگری
لینوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات دانشگاه صنعتی مالک اشتر
صفحه آرایایی رایانه ای: حسین میرزایی
ویراستار ادبی: امین پژوهش جهرمی
شمارگان: ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ: اول، بهار ۹۲
قیمت: ۱۷۱.۰۰۰ ریال

ISBN: 978-600-5665-52-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۵۶۶۵-۵۲-۹

کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است.

نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.

آدرس: تهران، لویزان، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مرکز فناوری اطلاعات و مدیریت دانش

مدیریت انتشارات، تلفن: ۲۲۹۳۲۸۹۱

فهرست مطالب

۱	مقدمه مؤلفین
	فصل اول: فرآیندهای شکل دهی فلزات
۵	۱-۱ مقدمه
۹	۲-۱ انواع فرآیندهای شکل دهی
۹	۱-۲-۱ کشش
۹	۲-۲-۱ شکل دادن غلتکی پیوسته
۱۰	۳-۲-۱ کشیدن
۱۰	۴-۲-۱ شکل دادن با بستر لاستیکی
۱۱	۵-۲-۱ مارفرمینگ
۱۱	۶-۲-۱ فرآیند هیدروفرمینگ
۱۲	۷-۲-۱ شکل دادن هیدرودمیاتیکی
۱۲	۸-۲-۱ شکل دادن کششی
۱۲	۹-۲-۱ شکل دادن خیلی سریع
۱۳	۱-۹-۲-۱ شکل دادن انفجاری
۱۴	۱-۹-۲-۱-۱ روش فاصله ای
۱۴	۲-۹-۲-۱-۲ روش تماسی
۱۶	۲-۹-۲-۱ شکل دادن الکترومغناطیسی
۱۶	۳-۹-۲-۱ شکل دادن الکتروهیدرولیکی
۱۷	۱۰-۲-۱ کشیدن با قالب (حدیده)
۱۷	۱۱-۲-۱ اوسفرمینگ (شکل دادن اوستیتی)
۱۸	۱۲-۲-۱ اکستروژن
۱۸	۱۳-۲-۱ کشش عمیق
۲۰	۱۴-۲-۱ شکل دهی چرخشی
۲۲	مراجع

فصل دوم: معرفی فرآیند هیدروفرمینگ

۲۵	۱-۲ مقدمه
۲۷	۲-۲ روش های شکل دهی ورق های فلزی با استفاده از سیال

۲۸	۱-۲-۲ فرآیند هیدروفرمینگ لوله
۳۲	۱-۱-۲-۲ تقسیم‌بندی بر اساس شکل و هندسه قطعه نهایی
۳۴	۲-۱-۲-۲ تقسیم‌بندی بر اساس چگونگی اعمال فشار
۳۴	۱-۲-۱-۲-۲ هیدروفرمینگ فشار پایین
۳۴	۲-۲-۱-۲-۲ هیدروفرمینگ فشار بالا
۳۶	۳-۱-۲-۲ هیدروفرمینگ فشار مرحله‌ای
۳۷	۴-۱-۲-۲ هیدروبالجینگ
۳۸	۵-۱-۲-۲ شکل‌دهی اتصالات انعطاف‌پذیر
۳۹	۶-۱-۲-۲ هیدروفرمینگ با فشار خارجی
۴۰	۷-۱-۲-۲ هیدروفرمینگ لوله فشار بالای دو جانبه
۴۱	۸-۱-۲-۲ مزایا و معایب فرآیند هیدروفرمینگ لوله
۴۲	۹-۱-۲-۲ کاربردهای فرآیند هیدروفرمینگ لوله
۴۲	۱-۹-۱-۲-۲ کاربرد فرآیند هیدروفرمینگ لوله در صنعت خودروسازی
۴۵	۲-۹-۱-۲-۲ سایر کاربردهای فرآیند هیدروفرمینگ لوله
۴۹	۲-۲-۲ فرآیند هیدروفرمینگ پوسته
۵۱	۳-۲-۲ فرآیند هیدروفرمینگ ورق
۵۲	۱-۳-۲-۲ شکل‌دهی ورق به کمک سیال به عنوان سنج
۵۳	۲-۳-۲-۲ کشش عمیق به کمک سیال به عنوان ورق‌گیر
۵۴	۳-۳-۲-۲ کشش عمیق به کمک سیال با فشار جانبی
۵۵	۴-۳-۲-۲ هیدروفرمینگ با روش‌های خاص
۵۸	۵-۳-۲-۲ شکل‌دهی ورق به کمک سیال به عنوان ماتریس
۶۰	۶-۳-۲-۲ فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی
۶۳	مراجع

فصل سوم: مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه هیدروفرمینگ

۶۷	۱-۳ هیدروفرمینگ ورق
۶۷	۱-۱-۳ توسعه فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی
۷۵	۲-۱-۳ بررسی شکل‌پذیری ورق‌های دو و چندلایه و شکل‌دهی ورق‌های دولایه فلزی

۲-۳	پژوهش‌های انجام شده پیرامون فرآیند هیدروفرمینگ لوله.....	۸۲
۱-۲-۳	پژوهش‌های انجام شده پیرامون هیدروفرمینگ لوله‌های چندلایه.....	۸۶
۲-۲-۳	پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور در زمینه هیدروفرمینگ لوله.....	۸۸
	مراجع.....	۹۵

فصل چهارم: هیدروفرمینگ ورق

۱-۴	فناوری جدید هیدروفرمینگ ورق (هیدروفرمینگ با یک قالب متحرک).....	۱۰۹
۲-۴	مزایای هیدروفرمینگ با قالب متحرک.....	۱۱۰
۳-۴	کشش عمیق هیدرومکانیکی گرم.....	۱۱۱
۴-۴	کاربردهای فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی.....	۱۱۶
۵-۴	مزایای فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی.....	۱۱۸
۶-۴	معایب کلی فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی.....	۱۱۸
۷-۴	مدل تحلیلی برای فرآیند متقارن منبری کشش عمیق هیدرومکانیکی گرم.....	۱۱۹
۸-۴	آنالیز کشش شعاعی در ناحیه فلنج.....	۱۲۲
۹-۴	آنالیز خمش پلاستیک در منطقه شعاع مارپس.....	۱۲۵
۱۰-۴	معیار تعیین وضعیت شناوری و غیر شناوری پلاک روی شعاع لبه قالب.....	۱۲۹
۱۱-۴	معیار ناپایداری فرآیند.....	۱۳۵
۱۲-۴	مطالعات پارامتریک.....	۱۳۸
۱۳-۴	پیش‌بینی فشار هیدرولیکی مناسب و شرایط نیروی سنبه.....	۱۳۹
۱۴-۴	بررسی توسعه مواد فرآیند.....	۱۴۳
۱۵-۴	بهینه‌سازی فشار هیدرولیک و نیروی ورق‌گیری به کمک الگوریتم کنترل فازی.....	۱۴۵
۱۶-۴	حالت تنش‌ها در کشش عمیق هیدرومکانیکی.....	۱۴۹
۱۷-۴	ارائه مدل تغییرات فشار هیدرولیک با زمان و مکان در فرآیند.....	۱۵۱
۱-۱۷-۴	مدل ریاضی تغییرات فشار در فرآیند.....	۱۵۱
۲-۱۷-۴	معادلات و شرایط مرزی.....	۱۵۲
	مراجع.....	۱۵۸

فصل پنجم: شبیه‌سازی المان محدود فرآیندهای هیدروفرمینگ ورق و لوله

۱-۵	مقدمه.....	۱۶۱
۲-۵	تشریح مراحل مدل‌سازی فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق‌های دولایه فلزی.....	۱۶۲

۱۶۳	۱-۲-۵ طراحی هندسی مدل فرآیند
۱۶۵	۲-۲-۵ تعریف خواص ورق‌ها در مدل‌سازی
۱۶۹	۳-۲-۵ تعیین نوع حل گر و سرعت فرآیند
۱۷۱	۴-۲-۵ تعیین تماس ابزارها و ورق‌ها
۱۷۲	۵-۲-۵ تعیین بارگذاری و شرایط مرزی
۱۷۴	۶-۲-۵ مش بندی
۱۷۵	۳-۵ نتایج تحلیل المان محدود
۱۷۶	۱-۳-۵ تعیین اثر نسبت کشش بر محدوده ایمن فشار سیال
۱۸۱	۲-۳-۵ محدوده ایمن فشار سیال هیدرولیک در ورق‌های دولایه فلزی با چیدمان‌های مختلف
۱۸۵	۴-۵ شبیه‌سازی هیدروفرمینگ لوله به کمک روش المان محدود
۱۸۶	۵-۵ مراحل شبیه‌سازی فرآیند هیدروفرمینگ لوله سه‌لایه
۱۸۶	۱-۵-۵ مدل‌سازی هندسی
۱۹۰	۲-۵-۵ معرفی مواد مورد استفاده
۱۹۳	۳-۵-۵ مونتاژ قطعات مدل شده
۱۹۳	۴-۵-۵ تعریف روش و مراحل تحلیل
۱۹۵	۵-۵-۵ تعریف تماس و رفتار متقابل سطوح
۱۹۶	۶-۵-۵ بارگذاری و شرایط مرزی
۲۰۲	۷-۵-۵ شبکه‌بندی و ایجاد المان (مش بندی)
۲۰۵	۶-۵ صحنه‌گذاری شبیه‌سازی انجام شده
۲۱۱	۷-۵ مطالعه همگرایی تعداد المان‌ها
۲۱۳	۸-۵ مطالعه مسیر بارگذاری
۲۱۵	۹-۵ مطالعه ارتفاع بالچ
۲۱۶	۱۰-۵ مطالعه تغییرات ضخامت
۲۲۰	۱۱-۵ مطالعه توزیع تنش
۲۲۴	۱۲-۵ مطالعه تأثیر اصطکاک
۲۲۶	۱۳-۵ مطالعه تأثیر شعاع گوشه قالب
۲۲۹	۱۴-۵ مطالعه نیروی محوری
۲۳۱	مراجع

فصل ششم: تحلیل تئوری فرآیند هیدروفرمینگ ورق‌ها و لوله‌های دو لایه فلزی

۱-۶ ورق‌های چندلایه.....	۲۳۵
۲-۶ روش‌های ساخت ورق‌های دو و چندلایه فلزی.....	۲۳۶
۱-۲-۶ روش ساخت ورق‌های دولایه فلزی به روش‌های روکش‌کاری.....	۲۳۶
۲-۲-۶ استفاده از روش‌های نورد سرد یا گرم برای آلومینیزه کردن.....	۲۳۹
۳-۲-۶ استفاده از چسب‌های صنعتی برای اتصال.....	۲۳۹
۳-۳-۶ مطالعه رفتار کششی ورق‌های دولایه فلزی در کشش.....	۲۴۰
۱-۳-۶ تحلیل کلی تنش-کرنش در کشش ورق دولایه.....	۲۴۰
۲-۳-۶ بررسی اثر ناهمسان‌گردی در کشش ورق دولایه.....	۲۴۳
۴-۶ کاربردهای ورق‌های دو و چندلایه فلزی.....	۲۴۵
۱-۴-۶ صنایع نفت، گاز و پتروشیمی.....	۲۴۵
۲-۴-۶ صنایع الکتریکی و نیروگاهی.....	۲۴۵
۳-۴-۶ صنایع خودروسازی و هوایی.....	۲۴۶
۴-۴-۶ صنایع خانگی، شیمیایی و صنایع دیگر.....	۲۴۷
۵-۶ تحلیل تئوری فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق تک لایه.....	۲۴۸
۱-۵-۶ تحلیل مرحله بالجینگ ورق.....	۲۴۹
۲-۵-۶ تحلیل مرحله کشش ورق.....	۲۵۷
۶-۶ ناپایداری در فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق تک‌لایه.....	۲۶۳
۷-۶ تحلیل تئوری فرآیند کشش عمیق هیدرومکانیکی ورق دو لایه.....	۲۶۴
۱-۷-۶ تحلیل مرحله بالجینگ ورق دو لایه.....	۲۶۵
۲-۷-۶ تحلیل مرحله کشش هیدرومکانیکی ورق دو لایه.....	۲۷۲
۸-۶ بررسی شرایط ناپایداری پلاستیک در تئوری لایه‌های مجزا.....	۲۸۵
۹-۶ محاسبه فشار بحرانی سیال در فرآیند.....	۲۸۹
۱-۹-۶ اگر پارگی در لایه بالایی باشد.....	۲۸۹
۲-۹-۶ اگر پارگی در لایه پایینی باشد.....	۲۹۱
۱۰-۶ طراحی و تحلیل فرآیند هیدروفرمینگ لوله‌های دولایه فلزی.....	۲۹۲
۱-۱۰-۶ فشار داخلی.....	۲۹۲
۲-۱۰-۶ محاسبه فشار داخلی با وجود نیروی محوری.....	۲۹۷

۲۹۷	۱-۲-۱۰-۶ در حالت الاستیک
۲۹۹	۲-۲-۱۰-۶ در حالت پلاستیک
۳۰۲	۱۱-۶ تعیین مسیر بارگذاری فشار
۳۰۲	۱۲-۶ نیروی محوری Fa
۳۰۶	۱۳-۶ تغذیه محوری
۳۰۷	مراجع

مقدمه مؤلفین:

«افتتاح هر سخن در نزد مرد هوشیار *** نیست نامی به ز نام نامی پروردگار»

فرآیند هیدروفرمینگ جزء فرآیندهای نوین شکل‌دهی فلزات است. از آن‌جا که امروزه کاهش وزن قطعات، تولید در کوتاه‌ترین زمان ممکن، کاهش تعداد مراحل تولید و کاهش هزینه‌ها با رعایت کیفیت بالا جزء اهداف مهم سازمان‌ها و شرکت‌های تولیدی است، استفاده از این روش در صنایع مهمی همچون صنایع هوایی، فضایی، خودروسازی و صنایع نظامی در دستور کار و اولویت قرار گرفته است.

در این کتاب که نخستین کتاب تألیف شده در زمینه شکل‌دهی قطعات به روش هیدروفرمینگ در ایران است، مجموعه کاملی از مطالب در زمینه اصول اولیه هیدروفرمینگ ورق و لوله، طراحی فرآیند، شبیه‌سازی و آزمایش‌های تجربی گوناگون در مورد انواع قطعات بیان شده است.

در فصل نخست، انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات به صورت اجمالی معرفی شده و در این میان، جایگاه روش هیدروفرمینگ به عنوان روش مدرن شکل‌دهی مشخص می‌شود. در فصل دوم، انواع روش‌های هیدروفرمینگ شامل روش‌های هیدروفرمینگ ورق، لوله و پوسته به صورت کامل تشریح و بررسی شده‌اند.

در فصل سوم، مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه هیدروفرمینگ از ابتدا تا کنون انجام شده است.

در فصل چهارم، فناوری جدید هیدروفرمینگ ورق به‌عنوان روشی پرکاربرد و جدید به همراه تمامی پارامترهای موثر در فرآیند، مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. در فصل پنجم، شبیه‌سازی المان محدود فرآیند هیدروفرمینگ ورق و لوله به‌عنوان روشی موثر و جایگزین روش سعی و خطا در طراحی فرآیند و ماشین هیدروفرمینگ و تعیین ورودی‌های مهم فرآیند همچون مسیر بارگذاری (فشار داخلی و تغذیه محوری) توضیح داده شده است.

در فصل ششم، در مورد فرآیند هیدروفرمینگ ورق‌ها و لوله‌های دو و چند لایه فلزی (که به دلیل ایجاد خواص ترکیبی در دو لایه همچون خواص مکانیکی ترکیبی، ایجاد خواص حرارتی و الکتریکی مطلوب و نیز برای دستیابی به ساختارهای سبک، مقاوم در برابر خوردگی و جاذب ارتعاشی در صنایع مختلف توسعه یافته‌اند) بررسی‌های لازم انجام شده است.

با امید به آن‌که این کتاب برای محققین و دانشجویان عزیز مفید واقع شده و آن‌ها را در جهت رسیدن به درجات علمی بالاتر یاری کند. با توجه به این‌که اثرات چاپی معمولاً خالی از اشکال و ایراد نمی‌باشند، از تمامی صاحب‌نظران و محققان و دانشجویان عزیز تقاضا داریم که هرگونه نقطه نظر و اشکالی را از طریق پست الکترونیک زیر با نویسندگان در میان بگذارند. پیشاپیش از همکاری شما کمال تشکر و امتنان را داریم.

در نهایت خداوند متعال را سپاس‌گزاریم تا بار دیگر ما را توفیق داد تا قدمی هر چند کوچک در راه رشد و پیشرفت کشور عزیزمان ایران، برداریم.

کرامت ملک‌زاده فرد - جواد شهبازی کرمی

k.malekzadeh@gmail.com