

فولادریزی به روش

ربخته‌گری مداوم

مولف: فریبرز قنبری مردانی



**NAGHOOS
PUBLICATION**

سرشناسه	قنبری مرداسی، فریبرز، ۱۳۶۴-
عنوان و نام پدیدآور	فولاد ریزی به روش ریخته گری مداوم / مولف: فریبرز قنبری مرداسی
مشخصات نشر	تهران: انتشارات ناقوس، ۱۳۹۵.
مشخصات ظاهری	۱۴۰ص: مصور، جدول.
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۸۸۴-۲ : بها : ۱۲۰۰۰۰ ریال
وضعیت فهرست نویسی	فیفا
موضوع	فولاد سازی
موضوع	Steels castings :
موضوع	قطعات ریختگی—عیوب
موضوع	Metal castings—Defects:
موضوع	ریخته گری—کنترل کیفی
موضوع	Founding—Quality control :
رده بندی کنگره	۱۳۹۵ ۹ف۹ق/ TS۲۳۰
رده بندی دیوبند	۶۷۳۲ :
شماره کتابخانه ملی	۳۳۰۲۵۹۳ :



برای دیدن آدرس زیر مراجعه کنید:

www.naghoospress.ir

انتشارات ناقوس

چاپ اول

S.M.S : ۳۰۰۰۴۵۲۳۲۳

« در نوبت چاپ اول از دستگاه چاپ دیجیتال استفاده شده است »

این کتاب برای ناشر محفوظ است.
تکثیر یا قسمتی از این اثر به صورت حروفچینی یا چاپ مجدد، چاپ افست، پلی کپی، فتوکپی و انواع دیگر چاپ ممنوع است و پیگرد قانونی دارد.

نام کتاب	فولاد ریزی به روش ریخته گری مداوم
ناشر	انتشارات ناقوس
مولف	فریبرز قنبری مرداسی
چاپ اول	۱۳۹۵ :
تیراژ	۲۰۰ جلد
چاپ و صحافی	نارنجستان
سرپرست صفحه آرا	ربابه موسوی خواه
ناظر چاپ	یاسمن تجملی محدث
قیمت	۱۲۰۰۰۰ ریال
شابک	۹۷۸-۹۶۴-۳۷۷-۸۸۴-۲ :
ISBN	978-964-377-884-2 :

مرکز پخش: انتشارات ناقوس

۱- خیابان انقلاب-خیابان ۱۲ فروردین- بین وحدت نظری و روانمهر- بن بست حقیقت- پلاک ۴

تلفن و فاکس : ۶۶۴۷۸۹۵۷-۶۶۴۷۸۹۵۸

۲- کتابفروشی الیاس: خیابان انقلاب، نبش ۱۲ فروردین تلفن: ۶۶۴۰۵۰۸۴

۳- کتابفروشی گلریزان: ضلع جنوب شرقی میدان انقلاب، پلاک ۱۱ تلفن: ۶۶۹۷۶۲۳۰

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت ییازماید.

انسان اولیه معلوم نیست چگونه و از کجا سنگ آهن را کشف، ذوب و فلز آهن را به دست آورده است اما از شواهد امر پیداست که از دو هزار و چهارصد سال پیش و شاید هم پیش تر، آهن فلز شناخته شده ای در آن زمان بوده است. بر اساس تحقیقات باستان شناسان ریخته گری فلزات یک تکنولوژی ماقبل تاریخ بوده و قدمتی شش هزارساله دارد. اولین اشیاء فلزی ساخته شده به صورت قطعات کوچک چکش کاری شده هستند که قدمت آن ها به نه هزار سال قبل از میلاد مسیح می رسد.

امروزه فرآیند ریخته گری گسترده ای دارد که از آن جمله می توان به ریخته گری در قالب ماسه ای، ریخته گری به روش ریژه، ریخته گری دقیق، ریخته گری مداوم و غیره اشاره کرد. ریخته گری مداوم که بیشتر به منظور تولید شمش بکار می رود مزیت های زیادی به نسبت نوع تک باری آن دارد و در حال حاضر سهم زیادی را در تولید انواع شمش به خود اختصاص داده است. به طوری که امروزه سهم ریخته گری مداوم در تولید فولاد نزدیک به ۱۰٪ از کل فولاد خام دنیاست و در مقایسه با سال ۱۹۷۰ که ۴٪ بود، رشد چشمگیری داشته است. در ایران نیز تقریباً اکثر شرکت های بزرگ فولادی، از این روش به منظور تولید شمش خام بهره می برند.

کتاب پیش رو باهدف معرفی این فرآیند به دانشجویان رشته متالورژی و افزایش آگاهی و دانش صنعتگران عرصه فولاد نگاشته شده است و از خوانندگان گرامی خواهشمندم پیشنهادات و انتقادات خود را جهت اصلاحات احتمالی به آدرس الکترونیکی fariborzgharhari.900@gmail.com ارسال فرمایند.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر، مادر و همسری فداکار نه به من ساخته تا در سایه پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آن ها شاخ برگ گیرم و درراه کسب علم و دانش تلاش نمایم و از این جهت کمال تشکر را از آن ها دارم. این جانب بر خود واجب می دانم از زحمات تمام کارکنان واحد فولادریزی شرکت فولاد خوزستان خصوصاً جناب آقایان دقایله و مرعشی که به حق و بی ریا زمانی و بهشت یک سال را صرف آموزش این جانب کرده اند تشکر نمایم. صمیمانه ترین درودها را به همکاران و دوستان خوبم در شرکت فولاد کاوه جنوب کیش و به تمام کسانی که اطلاعات ارزشمند و مفیدی در جهت گردآوری این مجموعه به این جانب داده اند، می فرستم.

نویسنده مجموعه حاضر را به جناب آقای پرویز ابراهیمی، مشوق و حامی اصلی این جانب در زمینه علم و تولید علم و به تمام آزاد مردانی که نیک می اندیشند و عقل و منطق را پیشه خود نموده و جز رضای الهی و پیشرفت و سعادت جامعه، هدفی ندارند تقدیم می دارد.

فریبرز قنبری مرداسی

تیرماه ۱۳۹۵

پیشینه علمی نویسنده

۱. ثبت اختراع طراحی و ساخت دستکش - بازوبند ایمنی. ۱۳۹۵. شماره اظهارنامه ۱۳۹۴۵۰۱۴۰۰۳۰۰۹۱۱۲.
۲. شبیه سازی انجماد در فرآیند ریخته‌گری پیوسته. ۱۳۹۳. نشریه بین‌المللی چدن و فولاد. شماره ۲۲.
۳. مدل سازی ریاضی فاکتورهای موثر بر انجماد شمش فولادی بیلت در قالب های مسی فرآیند ریخته‌گری پیوسته. ۱۳۹۴. نشریه بین‌المللی چدن و فولاد. شماره ۲۵.
۴. بررسی و مطالعه ناخالصیهای غیر فلزی در فولادهای کشته شده با آلومینیوم. ۱۳۹۴. نشریه فولاد - شکت ذوب آهن اصفهان. شماره ۲۳۱.
۵. تاثیر ترکیب شیمیایی پودرهای قالب ریخته‌گری پیوسته بر خواص فیزیکی آنها. ۱۳۹۳. نشریه صنعت ریخته‌گری. شماره ۱۱۲.
۶. نواقص سطحی در فرآیند نورد سرد بر روی ورق‌های فولادی کم کربن. ۱۳۹۳. نشریه مهندسی متالورژی. شماره ۱۰.
7. Production and Investigation of Mechanical Properties of Al-Ni_p Composites by ARB Process. 2015. Iranian Journal of Materials Forming.
۸. تولید کامپوزیت مس - کاربید سیلیسیوم به روش اتصال نوردی تجمعی و بررسی خواص فیزیکی آن. ۱۳۹۱. ابهر. دومین همایش ملی مهندس مکانیک.
۹. تولید کامپوزیت مس - کاربید سیلیسیوم به روش اتصال نوردی تجمعی و بررسی خواص ریز سختی، مقاومت به سایش و مقاومت الکتریکی آن. ۱۳۹۳. مشهد. اولین همایش ملی فلزات و آلیاژهای غیرآهنی.
۱۰. ساخت کامپوزیت نانو لایه مس - آهن به روش پرس و نورد متوالی و بررسی تغییرات ریز ساختار، ریز سختی و مقاومت الکتریکی آن. ۱۳۹۳. گرگان. کنفرانس علوم و فناوری نانو.
۱۱. بررسی رفتار سایشی کامپوزیت نانو ساختار 1% Fe₂O₃ - Al به روش نورد اتصال تجمعی (ARB). ۱۳۹۲. مشهد. اولین همایش ملی فلزات و آلیاژهای غیرآهنی.

صفحه	عنوان
۱-۱	مقدمه
۲-۱	روش های اصلی تولید فولاد
۱۳	فصل اول: فولاد و روش های تولید آن
۱۴	فصل دوم: فولادسازی
۱-۲	مقدمه
۲-۲	گندله سازی
۳-۲	تولید آهن اسفنجی در واحد حیات مستقیم
۴-۲	فولادسازی
۱-۴-۲	حمل مواد و آهن قراضه
۲-۴-۲	کوره قوس الکتریکی
۳-۴-۲	متالورژی ثانویه
۲۵	فصل سوم: اختنری مداوم
۱-۳	مقدمه
۲-۳	تکنولوژی ریخته گری مداوم
۳-۳	محصولات ریخته گری مداوم
۴-۳	آشنایی با تجهیزات واحد ریخته گری مداوم
۱-۴-۳	پاتیل حمل فولاد (Ladle)
۲-۴-۳	برج پاتیل گردان (Ladle Turret)
۳-۴-۳	تاندیش (Tundish)
۴-۴-۳	ماشین حمل تاندیش (Tundish Car)
۵-۴-۳	پیش گرم کننده تاندیش (Tundish Preheater)
۶-۴-۳	قالب (Mould)
۷-۴-۳	نوسان دهنده قالب (Mould Oscillator)
۸-۴-۳	همزن مغناطیسی قالب (Electromagnetic Mould Stirring)
۹-۴-۳	سردکننده ثانویه (Secondary Colling)
۱۰-۴-۳	ماشین کشاننده و صاف کننده شمش (W/S Machine)
۱۱-۴-۳	شمش قلابی (Dummy Bar)

۴۱	۱۲-۴-۳ ماشین برش شمش (Cutting Machine).....
۴۲	۱۳-۴-۳ میزهای غلتکی (Roller Tables).....
۴۳	۱۴-۴-۳ بستر خنک کننده (Colling Bed).....

فصل چهارم: محاسبات متالورژیکی و نکات فنی ریخته گری مداوم

۴۵	۱-۴ مقدمه.....
۴۵	۲-۴ چگالی فولاد.....
۴۷	۳-۴ هدایت حرارتی فولاد.....
۴۷	۴-۴ آماده سازی فولاد ریختگی:.....
۴۹	۵-۴ محاسبه دبی بارریزی:.....
۵۱	۶-۴ زمان ریخته گری پاتیل.....
۵۱	۷-۴ طول ست مذاب.....
۵۲	۸-۴ زمان آماده سازی ماشین ریخته گری.....
۵۲	۹-۴ برآورد تولید.....
۵۳	۱۰-۴ محاسبه درصد شیب مذاب.....
۵۴	۱۱-۴ انتقال حرارت در فرایند ریخته گری پوسته.....
۵۵	۱۲-۴ انتقال حرارت در قالب.....
۵۶	۱۳-۴ انتقال حرارت از یک ماده روان کا.....
۵۸	۱۴-۴ انتقال حرارت از فاصله هوایی.....
۶۱	۱۵-۴ انتقال حرارت از صفحه مسی خنک کاری شده با آب.....
۶۳	۱۶-۴ ضخامت پوسته منجمد شده.....
۶۴	۱۷-۴ رابطه چورنیف.....
۶۴	۱۸-۴ محاسبه آب سردکننده ثانویه:.....
۶۵	۱۹-۴ انجماد در شمش های ریختگی:.....
۶۸	۲۰-۴ طول قوس ماشین ریخته گری.....
۶۹	۲۱-۴ ترکیب شیمیایی فولاد مذاب.....
۷۱	۲۲-۴ سرباره.....
۷۳	۲۳-۴ اکسیداسیون و تشکیل آخال.....
۷۵	۲۴-۴ فیزیک تشکیل مک و آخال.....
۷۵	۲۵-۴ کنترل ناخالصی و آخال در فولادها.....
۷۶	۱-۲۵-۴ ناخالصی و آخال در فولادهای کشته شده با آلومینیوم.....
۷۷	۲-۲۵-۴ ناخالصی و آخال در فولادهای تیمه کشته شده.....
۷۷	۲۶-۴ خواص پودرهای روان کار مورد استفاده در فرایند ریخته گری مداوم فولادها.....
۷۷	۱-۲۶-۴ ویسکوزیته پودر روان کار.....
۷۸	۲-۲۶-۴ نقطه ذوب پودر روان کار.....

۷۸	۲۷-۴ اثر عناصر آلیاژی بر فولاد
۷۹	۱-۲۷-۴ آلومینیوم
۷۹	۲-۲۷-۴ کربن
۷۹	۳-۲۷-۴ منگنز
۷۹	۴-۲۷-۴ وانادیم
۸۰	۵-۲۷-۴ سیلیسیم
۸۰	۶-۲۷-۴ تنگستن
۸۰	۷-۲۷-۴ گوگرد
۸۰	۸-۲۷-۴ کرم
۸۰	۹-۲۷-۴ نیکل

فصل پنجم: عیوب شمش‌های ریختگی

۸۱	۱-۵ مقدمه
۸۱	۲-۵ عیوب سطحی
۸۱	۱-۲-۵ ترک‌های طولی در سطح (Longitudinal Facial Cracks)
۸۲	۲-۲-۵ ترک طولی در گوشه شمش (Longitudinal Facial Cracks)
۸۴	۳-۲-۵ ترک‌های عرضی در سطح شمش (Transverse Facial Cracks)
۸۵	۴-۲-۵ ترک‌های عرضی گوشه شمش (Transverse Corner Cracks)
۸۶	۵-۲-۵ ترک‌های ستاره‌ای (Star Cracks)
۸۷	۶-۲-۵ اثرات ناشی از نوسان (Oscillation Mark)
۸۹	۷-۲-۵ حفرات سوزنی (Pinholes)
۹۱	۸-۲-۵ حفرات گازی (Blow Holes)
۹۲	۹-۲-۵ خراش (Scratches)
۹۳	۱۰-۲-۵ توقف ذوب ریزی (Casting Stoppage)
۹۴	۱۱-۲-۵ دویوستگی یا روی هم افتادگی (Overlaps)
۹۶	۱۲-۲-۵ آخال سربارهای (Inclusion)
۹۷	۱۳-۲-۵ گود افتادگی طولی (Longitudinal Depression)
۹۹	۱۴-۲-۵ گود افتادگی عرضی (Transverse depression)
۱۰۰	۱۵-۲-۵ ریزش مذاب (bleeding)
۱۰۱	۱۶-۲-۵ قطرات فلز (splash)
۱۰۱	۱۷-۲-۵ نفوذ تیغهای مذاب در گوشه (fin on corner)
۱۰۲	۳-۵ عیوب داخلی
۱۰۲	۱-۳-۵ فاکتورهای عددی در تشکیل ترک‌های داخلی
۱۰۳	۲-۳-۵ ترک قطری (diagonal crack)

- ۳-۳-۵ ترک داخلی ناشی از گود افتادگی طولی نزدیک گوشه..... ۱۰۴
- ۳-۳-۵ ترک داخلی ناشی از بادکردگی (internal cracks associated with bulging)..... ۱۰۵
- ۳-۳-۵ نیم ترک (half way crack)..... ۱۰۵
- ۳-۳-۵ ترک ناشی از لهیدگی (internal crack due to intensive pinching)..... ۱۰۶
- ۳-۳-۵ ترک‌های مرکزی (center cracks)..... ۱۰۶
- ۳-۳-۵ حفره انقباضی (shrinkage cavity)..... ۱۰۸
- ۳-۳-۵ جدایش (segregation)..... ۱۰۸
- ۳-۳-۵ ترک بین دندریتی (interdendritic crack)..... ۱۰۹
- ۴-۵ عیوب هندسی..... ۱۱۰
- ۴-۵ لوزی شدن (rhomboidity)..... ۱۱۰
- ۴-۵ خمیدگی (Bending)..... ۱۱۲
- ۴-۵ کجی برش (Twist)..... ۱۱۲
- ۴-۵ بادکردگی (Bulging)..... ۱۱۳
- ۴-۵ تورفتگی (Depression)..... ۱۱۴

فصل ششم: کلید فولاد و نحوه استفاده از آن

- ۱-۶ مقدمه..... ۱۱۵
- ۱-۶ آشنایی با فصل‌های کتاب کلید فولاد..... ۱۱۵
- ۲-۶ روش‌های دستیابی به اطلاعات کتاب کلید فولاد..... ۱۱۶
- ۲-۶ تعیین مشخصات فولادهای آلمانی بر اساس شماره استاندارد..... ۱۱۶
- ۲-۶ تعیین مشخصات فولادها بر اساس نام‌گذاری..... ۱۱۶
- ۲-۶ تعیین مشخصات فولادها بر اساس کاربردها..... ۱۱۷
- ۲-۶ تعیین مشخصات فولادها بر اساس ترکیب شیمیایی..... ۱۱۷
- ۲-۶ تعیین کد اختصاری شرکت‌های تولیدکننده فولاد..... ۱۱۸
- ۲-۶ تعیین نام، نشانی و سایر مشخصات شرکت‌های تولیدکننده..... ۱۱۸
- ۲-۶ تعیین شکل محصولات فولادی..... ۱۱۸
- ۲-۶ تعیین فولاد معادل در استانداردهای کشورهای مختلف..... ۱۱۸

فصل هفتم: اصطلاحات تخصصی فولادسازی و فولادریزی

- ۱-۷ مقدمه..... ۱۱۹