

 Fooladsaz Co.	گزارش فنی	LAS -WN 1.6582
		First issue: Sep 16, 2019 Revised: 0 Version: A

بررسی علل وجود ترک در
محصولات نوردی

الف - پارامترهای نورد

در نورد گرم که یک عملیات ترمومکانیکی محسوب می‌شود دو پدیده کارسختی (کاهش سطح مقطع) و کارنرمی (بالا بودن دما در محدوده ۷۰ درصد دمای ذوب) توأم اعمال می‌شوند. سرعت حرکت بیلت به همراه سرعت زاویه‌ای غلتک‌ها کنترل‌کننده میزان کارسختی و در مقابل بالا نگه‌داشتن دما در محدوده مناسب باعث تبلور مجدد و به وجود آمدن دانه‌های جدید می‌شوند که عامل کارنرمی خواهند بود. در کنار این دو عامل استفاده از شمش اولیه تمیز که از می‌بایست از عناصری همانند آلومینیم، قلع و آخال‌های ناخواسته خالی باشد باید استفاده نمود. در کنار آن‌ها عملیات همگن‌سازی و آنیل کامل نفوذی قبل آغاز پاس یک نورد هم بسیار مؤثر خواهد بود. وجود ترک در محصولات نوردی با ضخامت بالا در اکثر موارد به دلیل نبود کارپذیری مناسب است که شامل نایکنواختی توزیع اصطکاک و در پی آن گشتاور نورد و همچنین پایین آمدن دمای بیلت (ایجاد یک پروفیل دمایی و در پی آن شیب اندازه دانه متبلور شده در راستای ضخامت) می‌باشد. جهت تعیین شرایط مناسب برای اعمال تغییر شکل گرم بر آلیاژ موردتحقیق، نقشه‌های فرآیندی نورد گرم رسم و ارزیابی شد. لازم به ذکر است که ابتدا باید دو نقشه بازده مصرف انرژی و نقشه ناپایداری رسم شود و سپس با قرار دادن آن‌ها بر روی یکدیگر به نقشه فرآیندی دست پیدا کرد. روش محاسبه میزان پارامترهای بازده مصرف انرژی و ناپایداری حین شکل‌دهی گرم در زیر آورده شده است. جهت محاسبه بازده مصرف انرژی (η) ابتدا باید مقدار پارامتر حساسیت به نرخ کرنش (m)، طبق رابطه زیر به دست بیاید.

$$\eta = 2m / (m + 1)$$

$$m = \frac{dJ}{dG} = \frac{d \text{Log } \sigma}{d \text{Log } \dot{\varepsilon}}$$

محاسبه ضریب حساسیت به نرخ کرنش در هر دما، با رسم تغییرات $Log(\sigma)$ برحسب $Log(\dot{\epsilon})$ در دماهای مورد آزمایش و در کرنش مؤثر نورد صورت گرفت. فرض بر این است که تغییرات لگاریتم تنش برحسب لگاریتم نرخ کرنش در حین نورد گرم از معادله توان ۳ و به شکل کلی زیر تبعیت می کند.

$$Log(\sigma) = aLog(\dot{\epsilon})^3 + bLog(\dot{\epsilon})^2 + cLog(\dot{\epsilon}) + d$$

در هر دمای نورد، منحنی پیشنهادی با توان ۳ از داده‌های ارائه شده در عبور داده شد و ثوابت معادله (a, b, c و d) به دست آمد مقدار m که برابر با شیب منحنی‌ها مذکور است و طبق رابطه زیر است، برای هر شرایط به دست آمد. اکنون با داشتن پارامتر m در هر شرایط، و با توجه به روابط بالا مقدار مصرف بازده تنش به دست می آید. همچنین جهت تعیین مقدار ناپایداری، از رابطه زیر استفاده شد.

$$\xi(\dot{\epsilon}) = \frac{dLog(m / (m+1))}{dLog(\dot{\epsilon})} + m$$

به کمک روابط بالا می توان محدوده دمایی مناسب شکل دهی و نیز محدوده‌هایی که باعث جوانه زنی و رشد ترک درنورد می شوند را شناسایی و معین نمود.

ب- تأثیر کیفیت شمش اولیه و بهبود کیفیت آن با آخال زدایی

آخال‌های اکسیدی و نیتریدی که هنگام ریخته‌گری در ذوب تشکیل می‌شوند یکی از عوامل اصلی جلوگیری کننده از استفاده از ذوب مجدد این گونه آلیاژها هستند. این آخال‌ها توسط اکسیژن حل شده در ذوب یا به هنگام ریخته‌گری و یا به هنگام فرآیند اکسیژن زدایی در ذوب تشکیل می‌شوند که بسته به عناصر اکسیژن زدا و یا ترکیب شیمیایی ذوب، می‌توانند مورفولوژی و توزیع متفاوتی داشته باشند. تمرکز عناصر آلیاژی اصلی در آلیاژهای بازیافتی در مقایسه با آلیاژ دست‌اول تقریباً مشابه است اما عناصر دیگر که درصد کمی دارند مثل

زیرکونیوم، نیتروژن و اکسیژن باهم متفاوت هستند که تصور می‌شود به‌عنوان آلودگی از اتمسفر، قالب، پاتیل و یا کوره وارد ذوب می‌شوند. بنابراین آخال‌های غیرفلزی در مذاب بازیافت شده از مواد دست‌اول بیشتر می‌شود. تصور می‌شود محل شروع ترک در فصل مشترک این آخال‌ها با زمینه به هنگام تغییر فرم پلاستیک باشد. این امر را دلیل کمتر بودن خواص مکانیکی مواد ذوب مجدد شده نسبت به مواد دست‌اول می‌دانند. درهرحال با توجه به قیمت بالای آلیاژهای مصرفی و همچنین قیمت بالای فرآیند جهت‌گیری ما به‌گونه‌ای است که بتوان از مواد برگشتی در فرآیند ریخته‌گری استفاده نمود. عنصر اکسیژن در فولادسازی مدرن به‌طور گسترده به‌عنوان عامل تصفیه‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرد. گوگرد از طریق کک و زغال‌سنگ وارد مذاب می‌شود و به همراه اکسیژن انحلال زیادی در فاز مذاب دارند و در مقابل درصد انحلال بسیار کمی در فاز جامد دارند و به هنگام انجماد از داخل جامد به مذاب پس‌زده می‌شوند و در نهایت FeO و FeS و ترکیبات یوتکتیکی از این دو در فولاد ظاهر می‌شوند که باعث افت کیفیت فولاد خواهند شد. بنابراین میزان اکسیژن و گوگرد محلول باعث افت کیفیت فولاد به‌طور گسترده‌ای خواهند شد. بسیاری از عناصر نظیر سیلیسیم، آلومینیم و منگنز واکنش‌پذیری خوبی با اکسیژن دارند و بنابراین به‌عنوان اکسیژن زدا قابل استفاده هستند و ذرات اکسیدی غیرفلزی را در ذوب پدید می‌آورند. محصولات این واکنش اکسیداسیون، ذرات اکسیدی غیرفلزی مهمی هستند. در مقابل برای گوگرد، عناصری با حلالیت کم در آهن، مثل کلسیم و عناصر نادر خاکی با گوگرد توانایی واکنش‌پذیری خوبی دارند و می‌توانند در دمای فلز مذاب سولفید تشکیل دهند. بنابراین بیشتر گوگرد توسط سرباره حذف می‌شود و یا طی فرایند انجماد حذف می‌شود. امکان خارج کردن آخال‌های غیرفلزی شناور در ذوب با محاسبه ساده قانون استوکس امکان‌پذیر است. برای آخال‌های کوچک مدت‌زمان شناوری بسیار طولانی و غیرواقعی (ازلحاظ صنعتی) است پس کلوخه کردن این ذرات کمک زیادی به امکان شناورسازی این ذرات خواهد کرد. اهمیت کلوخه کردن به‌خصوص در مورد آلومینا به بررسی رفتار درونی این ذرات در ذوب بستگی دارد. دو فاکتور برای حرکت آخال‌ها در پاتیل بسیار مهم است، یکی هم زدن مذاب که فاکتور غالب است و دومی کشیده شدن ذرات به سمت سطح توسط حباب‌های ایجادشده. تحقیقات نشان داده‌اند که در بسیاری از فرآیندهای آخال زدایی داخل

پاتیل ، حباب‌های گازی تشکیل شده در فولاد آن قدر بزرگ هستند که توانایی جدا کردن ذرات را از داخل مذاب ندارند مگر اینکه حجم زیادی از گاز استفاده شود. باید دقت داشت که آخال تشکیل شده در ذوب به هنگام انتقال به سرباره توسط فیلمی از مذاب احاطه می‌شود. این فیلم در برابر بالا رفتن ذره مقاومت ایجاد می‌کند. در صورتی که در رابطه با آخال‌های جامد (آخال‌های ثانویه) همچنین فیلمی وجود ندارد. آن‌ها معتقدند که ویسکوزیته مذاب و انرژی سطحی آخال نقش بسیار مهمی در رابطه با انتقال آخال به مذاب و بازگشت دوباره آخال به ذوب را بازی می‌کند.