

به نام خدا



مرکز دانلود رایگان مهندسی متالورژی و مواد

www.Iran-mavad.com



نیتروژن در فولاد

نیتروژن در فولاد باعث افزایش استحکام، سختی و قابلیت ماشینکاری و کاهش انعطاف پذیری می شود. در فولادهای Al-killed با تشکیل ذرات نیتريد آلومینیم (AlN) اندازه دانه فولاد را کنترل می کند و باعث بهبود مقاومت به ضربه و استحکام آن می شود. بسته به نوع فولاد و کاربرد آن عنصر نیتروژن می تواند مفید یا مضر باشد. مثلاً این عنصر برای اکثر فولادهای میکروآلیاژ و ناندیم دار مفید (به دلیل تشکیل ذرات ریز $V(C,N)$ در داخل دانه) و برای فولادهای مورد استفاده در فرآیند کشش (به دلیل افزایش شدید استحکام کششی) و فولادهای بوردار (به دلیل تشکیل BN و جلوگیری در آزاد ماندن بور موجود در فولاد) مضر است.

در همه فولادهای محتوی نیتروژن، اگر نیتروژن بصورت محلول جامد باقی بماند یا بصورت ذرات خیلی ریز رسوب کند باعث بهبود خواص مکانیکی و خوردگی فولادها می شود. مثلاً اگر نیتروژن به فولادهای آستینیتی اضافه شود می تواند همزمان عمرخستگی، استحکام، نرخ کارسختی، مقاومت به سایش و خوردگی را بهبود بخشد.

حداکثر حلالیت نیتروژن در دمای $1600^{\circ}C$ در آهن خالص 450 ppm است و این درحالی است که این مقدار در دمای محیط زیر 10 ppm است.

در کوره قوس به دلیل دمای قوس (تقریباً $3000^{\circ}C$) مولکول نیتروژن به اتم نیتروژن تبدیل می شود. عواملی که باعث افزایش سرعت انتقال نیتروژن از اتمسفر جو به مذاب می شود عبارتند از:

۱- شرایط احیایی

۲- تماس زیاد ذوب با اتمسفر

$$\{N_2\} \leftrightarrow 2[N] \quad K = \frac{[N]}{\sqrt{P_{N_2}}}$$

رابطه فوق بیان می کند که غلظت نیتروژن محلول در بستر فولاد مستقیماً متناسب با فشار جزئی نیتروژن اتمسفر گازی است که در تعادل با بستر فولاد می باشد.

تحويل نیتروژن در مرز گاز-فلز شروع می شود. هنگام عملیات اکسیداسیون جذب نیتروژن به مذاب کم است چرا که مذاب با سرباره پوشیده شده و ضمناً توسط CO اثر گازدایی رخ می دهد. اما هنگام عملیات احیاء نیتروژن بیشتری جذب خواهد شد که ناشی از اثر همزمان قوس الکتریکی و بستر ساکن می باشد.

در حین تخلیه مذاب از کوره و هنگام ریخته گری جریان باز افزایش نیتروژن را داریم.

اثر حلالیت نیتروژن توسط عناصر آلیاژی قوی است. علاوه بر C, Si عناصر As, Ni, Sn, Sb, Co, Cu حلالیت نیتروژن را کاهش می دهند. در تولید فولادهای نیتروژن دار، افزایش مقدار نیتروژن در مذاب محتوی Mn, Cr با مصرف FeMn-N و FeCr-N (فروکروم و فرومنگنز نیتروژن دار) انجام می گیرد. بایستی توجه داشت که اگر حلالیت نیتروژن در مذاب جامد از اندازه ای تجاوز کند باعث می شود در حین انجماد حبابهای گازی شکل بگیرد.

دلایل انحلال زیاد نیتروژن در مذاب کوره های قوس الکتریکی:

- (a) هرچند نیتروژن در سرباره های کوره قوس نامحلول است ولی تلاطم زیاد مذاب و سرباره، زمینه را برای انتقال نیتروژن از اتمسفر به فولاد مذاب مساعد می کند.
- (b) چون قسمتی از زمان EAF در شرایط احیاء کنندگی طی می شود لذا سرعت واکنش فوق از چپ به راست زیاد است.
- (c) به دلیل دمای زیاد قوس و مذاب، نیتروژن بسرعت حل می شود. هر چه فولاد کشته تر باشد احتمال جذب نیتروژن بیشتر است.

۱- منابع نیتروژن

جذب نیتروژن در طی ذوب کردن، فرآیند پاتیلی و عملیات ریخته گری صورت می گیرد.

منبع نیتروژن در فولادسازی عبارتند از:

○ Hot Metal

○ قراضه

○ ناخالصی نیتروژن در اکسیژن

○ استفاده از نیتروژن بعنوان گاز همزن

○ کک و فروآلیاژها (از منابع اصلی)

در جدول ذیل تعدادی از منابع نیتروژن ذکر شده است.

مقدار نیتروژن در مواد مصرفی فولادسازی

ماده مصرفی	مقدار نیتروژن
Scrap	۳۰-۱۲۰ ppm
HBI/DRI	۲۰-۳۰ ppm
Liquid iron from the BF	۶۰ ppm
Cold pig iron (CPI)	۲۰-۳۰ ppm
Hot heel	۱۰ ppm
Coke	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰ ppm
Oxygen	۳۰-۲۰۰ ppm
Carbon Carrier Gas (Air)	٪۷۸
Bottom stirring gas(N ₂)	> ٪۹۹/۹
Bottom stirring gas (Ar)	< ۳۰ ppm
CaO	۴۰۰ ppm

۲-۱- رفتار نیتروژن در فولاد

هنگامیه که فولادی مایع است نیتروژن بصورت محلول وجود دارد اما پس از انجماد فولاد

ممکن است سه پدیده رخ دهد:

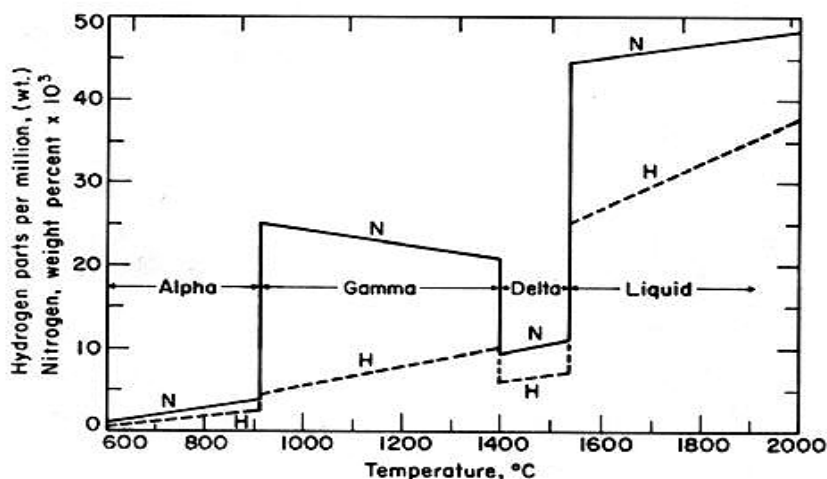
- تشکیل Blow Hole

- رسوب یک یا چند ترکیب نیتریدی

- حضور نیتروژن در محلول جامد بین نشینی

حداکثر حلالیت نیتروژن در آهن مذاب ppm ۴۵۰ و در آهن جامد (دمای محیط) کمتر

از ۱۰ ppm می باشد.



حلالیت نیتروژن در آهن برای دماهای °C ۶۰۰-۲۰۰۰

حضور مقادیر قابل توجهی از دیگر عناصر در آهن مذاب روی حلالیت نیتروژن مؤثر است.

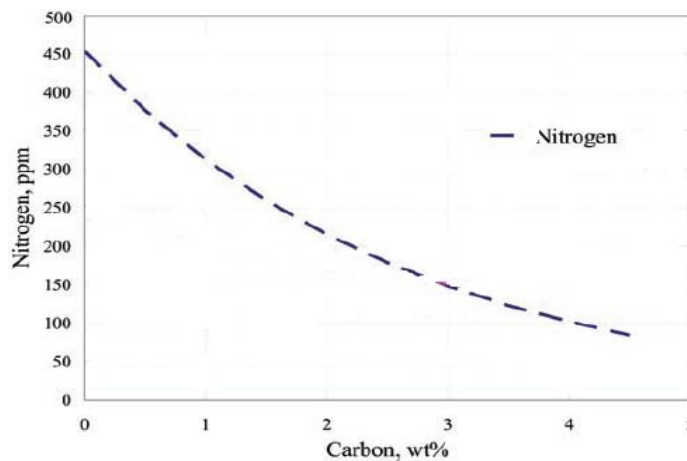
حضور گوگرد و اکسیژن حل شده در مذاب، جذب نیتروژن را محدود می کنند چرا که روی

کشش سطحی مذاب مؤثر هستند. این خاصیت باعث می شود دفع نیتروژن از ذوب نیز

محدود شود.

همانگونه که در شکل ذیل دیده می شود با افزایش کربن، حداکثر حلالیت نیتروژن در

ذوب کم می شود.



حلالیت نیتروژن در آلیاژ آهن-کربن در 1550°C و فشار 1 atm

۱-۳- روشهای کاهش نیتروژن در ذوب

بهترین و مطمئن ترین روش کاهش نیتروژن، جوشش مذاب در حین فرآیند اکسیداسیون در کوره است. در این حالت با سوختن کربن و ایجاد گازهای CO، نیتروژن محلول در ذوب خود را به محیط کم فشارتر حباب CO رسانده و با وارد شدن در آن به راحتی به سطح ذوب آمده و از مذاب خارج می شود. هرچه جوشش مذاب بیشتر باشد دفع نیتروژن نیز بیشتر خواهد بود.

برخلاف هیدروژن که حتی در دماهای پایین (تا حدود 600°C) از فولاد منجمد شده دفع می شود، برای دفع نیتروژن از این طریق هیچ شانس وجود ندارد لذا اگر فولادی با مقدار نیتروژن کم مورد نیاز بود بایستی از ابتدای شروع ذوب در کوره، تمهیداتی را مد نظر داشت، تمهیداتی برای کمترین جذب نیتروژن و بیشترین دفع آن.

تمهیداتی برای کاهش جذب نیتروژن:

✓ استفاده بیشتر از مواد کربنی (کربن بیشتر مستلزم دمش بیشتر اکسیژن و در نتیجه جوشش بیشتر مذاب است که نتیجه آن پفکی شدن بیشتر سرباره و حفاظت بیشتر ذوب از اتمسفری است که حدوداً محتوی ۷۹٪ نیتروژن است.

✓ لوله گذاری مناسب و مرتب مجرای EBT. هرچه شکل مذاب خروجی از کوره به پاتیل ستونی تر باشد تماس مذاب خروجی با اتمسفر و نتیجتاً جذب نیتروژن کمتر خواهد بود.

✓ در LF دمش گاز آرگن بگونه ای تنظیم شود که شکست سطح سرباره در حداقل ممکن باشد.

✓ در LF مکش غبار گیر ها بگونه ای تنظیم شود که همیشه فشار بالای ذوب درون پاتیل مثبت باشد تا حتی الامکان هوای کمتری به محفظه زیر سقف LF و روی پاتیل کشیده شود.

در کمتر کارخانه ای از عملیات خلاء برای کم کردن نیتروژن استفاده می شود چرا که عملیات خلاء حداکثر ۲۰٪ نیتروژن را از ذوب خارج می کند و روش مناسب و مقرون به صرفه ای نیست.

۴- روشهای افزایش نیتروژن

با افزودن مواد نیتروژن دار می توان مقدار آن را در مذاب بیشتر کرد، موادی مثل فروکروم و فرومنگنز نیتروژن دار یا فرووانادیم نیتروژن دار. تنها نکته در این خصوص آن که چون هرچه محیط احیایی تر باشد جذب نیتروژن به ذوب بیشتر می شود لذا بهتر است مواد مذکور را در مراحل پایانی LF اضافه کرد.

۵- اثر نیتروژن روی خواص فولاد

اثر نیتروژن روی خواص فولاد می تواند مفید یا مضر باشد که این وضعیت به وجود دیگر عناصر آلیاژی در مذاب، شکل و مقدار نیتروژن موجود و همچنین رفتار لازم برای محصول نهایی بستگی دارد.

البته در اکثر فولادها بایستی نیتروژن در حداقل ممکن نگهداشته شود چرا که نیتروژن بالا ممکن است باعث ناسازگاری در خواص مکانیکی محصولات نورد گرم شده شود، مثلاً در فولادهای جوشکاری شده باعث تردی در ناحیه HAZ (Heat Affected Zone) و یا ایجاد ضعف در قابلیت شکل پذیری شود.

یکی از دلایلی که در کارخانجات تولید ورق های فولادی، در شارژ کوره از درصد بالاتری DRI استفاده می شود اثر مخرب نیتروژن روی استحکام کششی ورق می باشد. نیتروژن آزاد در فولاد باعث افزایش شدید استحکام کششی خواهد شد و لذا نورد ورقه های با نیتروژن بالا با مشکل مواجه خواهد بود به همین دلیل و با توجه به مطالب فوق الذکر با مصرف بیشتر DRI هم مقدار نیتروژن ذوب کمتر خواهد شد و هم مقدار عناصر Trace نیز که افزایش دهنده استحکام هستند کمتر خواهد شد.

اگر بخواهیم فولادهای تولیدی از قراضه و DRI را از نظر مقدار نیتروژن موجود در محصول نهایی مقایسه کنیم باید به این نکته اشاره کنیم که اگر شرایط کوره را برای جذب نیتروژن در هر دو شارژ مشابه بدانیم از آنجا که هنگام مصرف DRI اکسیژن بیشتری به کوره تزریق می شود لذا جوش مذاب و نتیجتاً دفع نیتروژن بیشتر خواهد بود. برآیند کار کمتر بودن نیتروژن در ذوب تولیدی با DRI می باشد.

نکته قابل ذکر آنکه نیتروژن مصرفی در مخازن نگهداری DRI که جهت خنک نگهداشتن DRI مصرف می شود اثری در مقدار نیتروژن DRI ندارد.