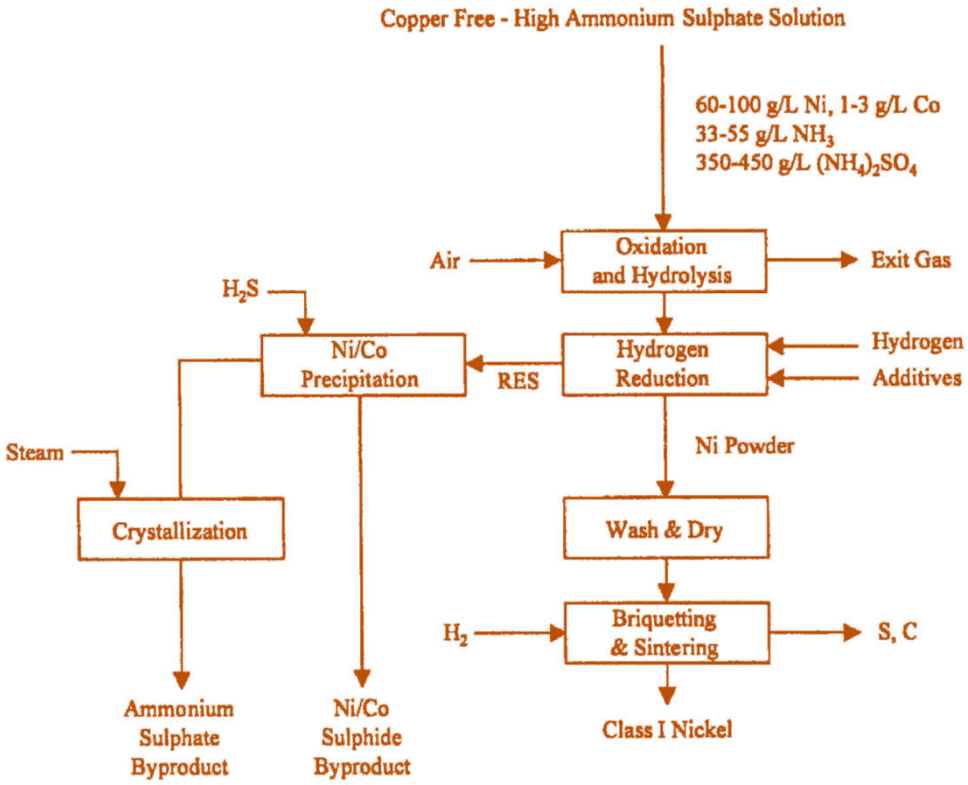
دانشگاه صنعتی اصفهان
بازیافت مواد
جلسه دوم
رضا باب اسیدی
46 Pd Palladium 106.42
78 Pt Platinum 195.084
45 Rh Rhodium 102.90550

فرایند باطله صفر (Zero waste)

- هدف ایده آل هر فرایند متالورژیکی، رسیدن به باطله صفر (Zero waste) است. طوریکه، در طی فرایند، هیچ باطله ای تولید نشود.
- زیرا، باطله یک فرایند می تواند ماده اولیه مفیدی برای فرایند دیگری باشد.
- در این فرایند، باطله (Waste) تولید شده، به محصول جانبی (By-product) مفید تبدیل می شود.
- این راهکار، گام ارزشمندی به سوی توسعه پایدار و سازگار با محیط زیست می باشد.
- برای مثال، استحصال نیکل و کبالت از کنسانتره سولفیدی با استفاده از فرایند شریت (Sherritt)، یک فرایند باطله صفر است.

فرایند باطله صفر



❖فرایند شریت

- لیچینگ اکسیدی تحت فشار کنسانتره پلی متال و ترسیب سولفیدی مس از محلول.
- محلول باقیمانده حاوی کبالت، نیکل، آمونیاک و آمونیم سولفات.
- در یک مرحله، نیکل با استفاده از هیدروژن، احیا شده و رسوب داده می شود.
- نیکل باقیمانده در محلول، توسط هیدروژن سولفید همراه با کبالت رسوب داده می شود.
- آمونیوم باقیمانده، بصورت آمونیوم سولفات، متبلور و رسوب داده می شود.

بازیابی باطله های فرایندی

- فرایندهای فراوری کانسنگ ها، عملیات متالورژی و هیدرومتالورژی باعث تولید محصولات جانبی مختلف می شوند.

- برخی از این باطله ها، حاوی فلزات و کانی های با ارزش هستند و برای بازیابی آنها، باید بازفراوری شوند.

- بازیابی فلزات از پساب ها هم ممکن است انجام شود.

- از دید اقتصادی، بازیابی منابع از باطله ها از دو جهت حایز اهمیت است:

۱. ارزش محصول بازیابی شده که هزینه بازیابی آن نسبت به استحصال از منابع اولیه بسیار کمتر است.
۲. بهبود برخی خواص توده ماده باقیمانده بعد از بازیابی منابع و امکان بکارگیری آن در مصارف جدید.

بازیابی باطله های فرایندی

❖زهاب اسیدی معدن (AMD)

- زهاب اسیدی معدن (Acid Mine Drainage) یا زهاب اسیدی سنگ (Acid Rock Drainage) در اثر اکسیداسیون سولفیدهای آهن در معادن یا دپوها و سدهای باطله تولید می شود.

$$FeS_2 + H_2O + 7/2\ O_2 \rightarrow Fe^{++} + 2\ H^+ + 2\ SO_4^{2-}$$

- این زهاب اسیدی، باعث لیچ شدن فلزات مختلف مثل مس، روی و آهن شده و آنها را با خود حمل می کند.

- یکی از راه های بازیافت آب زهاب، ترسیب هیدروکسیدی در pH ۹ تا ۱۰ با آهک می باشد.

زهاب اسیدی معدن

✓ترسیب هیدروکسیدی با آهک

- ترسیب هیدروکسیدی تجمعی در این pH، اجازه بازیابی فلزات را نمی دهد.

- راه بهتر، ترسیب هیدروکسیدی مرحله به مرحله است:

۱. اکسیداسیون آهن فرو با هیدروژن پراکسید یا ازون و ترسیب هیدروکسیدی آهن فریک در pH ۳/۵ تا ۳/۷ با استفاده از آهک (کربنات کلسیم).
۲. ترسیب سولفیدی مس، روی و منگنز با استفاده از سدیم سولفید در pH های ۳/۵، ۵/۱ و ۷/۵.
۳. افزایش pH به بالاتر از ۱۰ برای ترسیب آلومینیوم و باقیمانده فلزات پیشین.

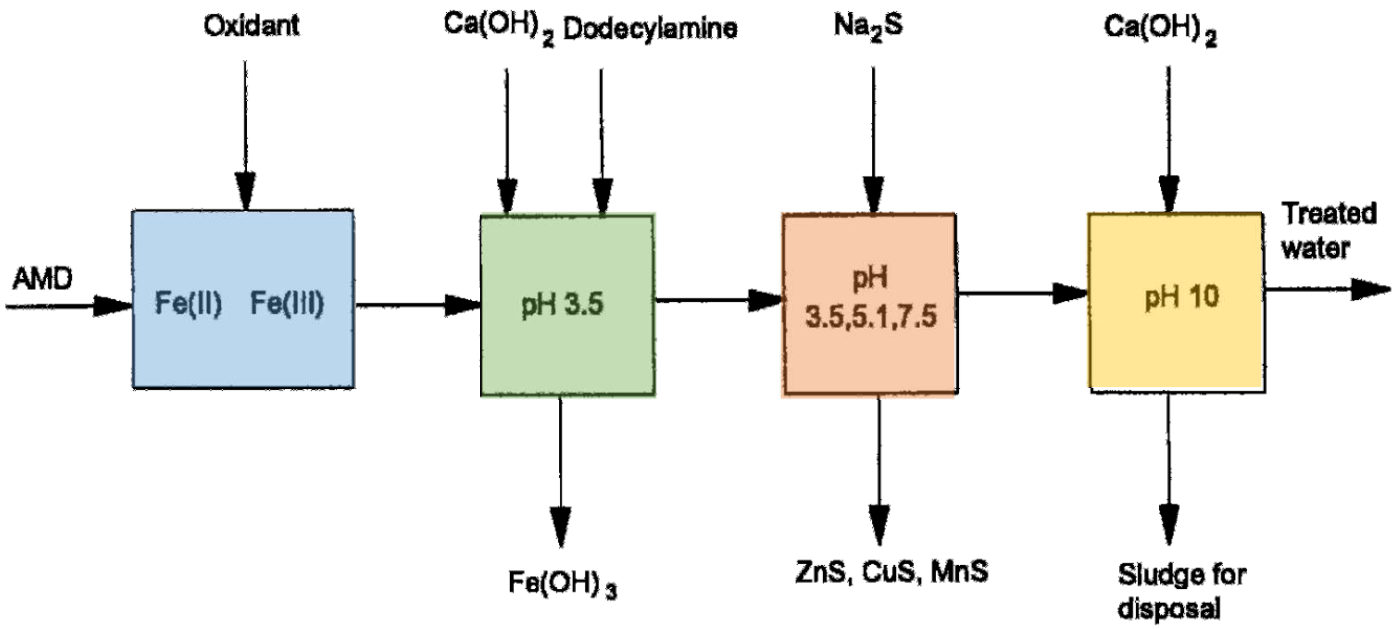
- باقیمانده فلزات در آب به حدود ۰/۱ تا ۱۱ میلیگرم در لیتر می رسد. که بیشتر، منیزیم است.

زهاب اسیدی معدن

- به دلیل ترسیب همزمان کلسیم به صورت گچ (کلسیم سولفات)، عیار روی، بین ۳۰ تا ۳۵ درصد است.
- روی با استفاده از روش فلوتاسیون رسوب در pH=۴ با استفاده از کلکتور دودسیل آمین کلرید، پرعیار می شود.
- از رسوبات فریک هیدروکسید، در تولید فریک سولفات که بعنوان کوگولانت کاربرد دارد استفاده می شود.

زهاب اسیدی معدن

- بازیابی مرحله به مرحله فلزات از زهاب



زهاب اسیدی معدن

✓ترسیب هیدروکسیدی با استفاده از کلسیم سیلیکات و منیزیم اکسید

- کلسیم سیلیکات در سرباره (Slag) و منیزیم اکسید در میعانات (Condensate) وجود دارند.
- سرباره، دارای ۵۵ تا ۶۵ درصد $CaO.CaSiO_3$ و ۲۰ تا ۳۰ درصد $12CaO.7Al_2O_3$ می باشد.
- به دلیل خاصیت فلوکوله کنندگی کلسیم سیلیکات، فیلتراسیون رسوبات تشکیل شده راحت تر از فرایند آهکی است.
- برای رساندن pH یک محلول فلزی به ۹، ۴۵ گرم کلسیم سیلیکات یا ۱۶ گرم آهک نیاز است.

زهاب اسیدی معدن

✓**ترسیب آهن بصورت فریک-فرو هیدروکسید سبز رنگ**

- با استفاده از آهک (CaO) در pH=۶-۸.

$Fe_8O_8(OH)_6SO_4$

- این رسوب، فشرده تر و ترسیب آن سریعتر از فریک هیدروکسید است.
- جهت جداسازی مس و روی از این رسوب می توان از لیچینگ انتخابی استفاده نمود.
- این روش، وقتی قابل استفاده است که نسبت مولی فرو به فریک، ۲ به ۱ باشد.
- در صورت بالاتر بودن غلظت فرو، می توان از اکسیداسیون کنترل شده استفاده نمود. به علت هزینه بالای فرایند احیا، برعکس این عملیات، اقتصادی نیست.

زهاب اسیدی معدن

✓ترسیب زیستی سولفیدی

- استفاده از باکتریهای احیا کننده سولفات (Sulfate Reducing Bacteria-SRB) و تولید رسوبات سولفیدی توسط یون سولفید یا گاز H_2S تولید شده توسط این باکتریها بصورت بیهوازی.

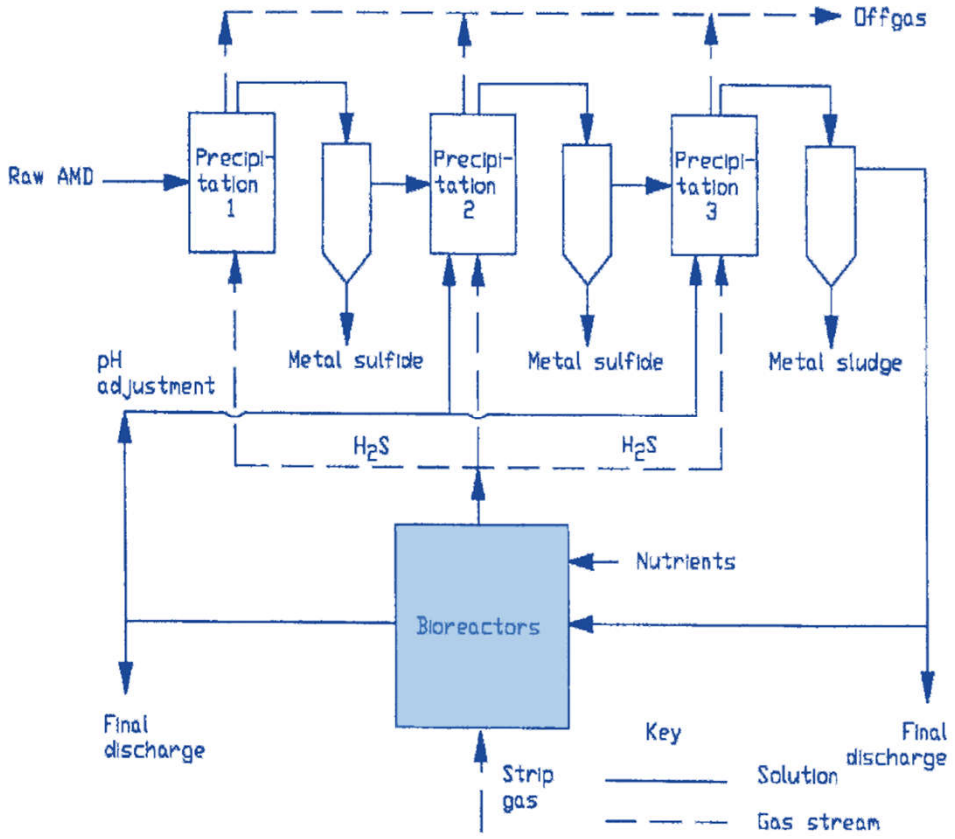
$$SO_4^{=} + 2\,CH_2O \rightarrow H_2S + HCO_3^{-}$$

where CH_2O represents organic carbon;

$$M^{++} + S^{=} \rightarrow MS$$

- باکتری ها از ترکیبات آلی یا هیدروژن می توانند بعنوان منبع الکترون استفاده کنند.
- با افزایش همزمان pH می توان رسوبات سولفیدی از فلزات مختلف بدست آورد.
- فرایند ممکن است چند مرحله ای (جداسازی گاز H_2S) یا تک مرحله ای باشد.

زهاب اسیدی معدن



- آلومینیوم بعلت عدم تشکیل رسوب سولفیدی، در pH بین ۴ تا ۴/۵ بصورت هیدروکسیدی ترسیب می شود.

- فواید روش چندمرحله ای:

✓عدم تاثیر منفی فلزات سنگین بر رشد باکتری

✓امکان تنظیم pH و ترسیب انواع فلزات

✓عدم ایجاد ناخالصی توسط زیست توده

- بصورت صنعتی در آمریکا، هلند و کانادا اجرا شده است.