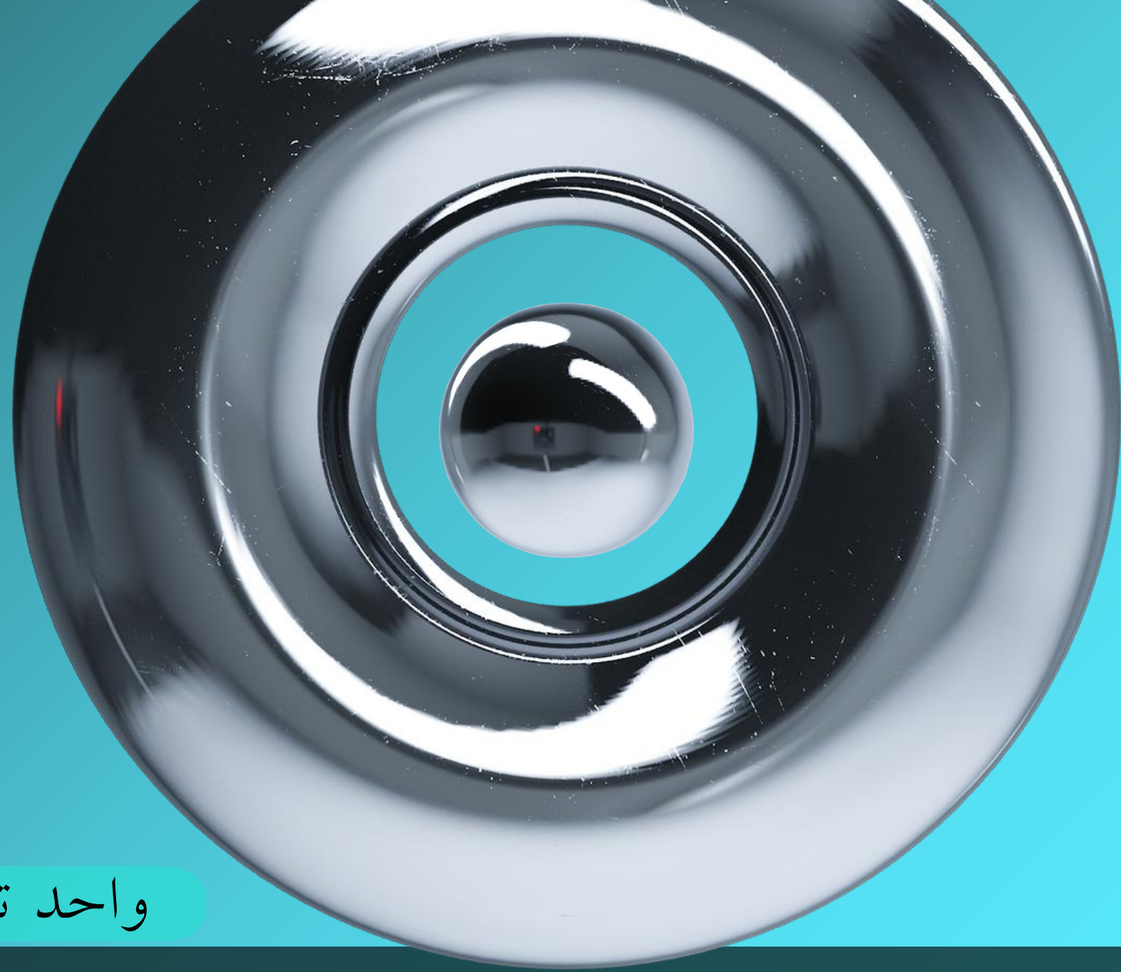
ششمین نمایشگاه و همایش تخصصی
نفت، گاز، پتروشیمی و پالایش
(با رویکرد حمایت از ساخت داخل)
۲۹ بهمن ماه لغایت ۱ اسفند ماه ۱۴۰۳ - جزیره کیش



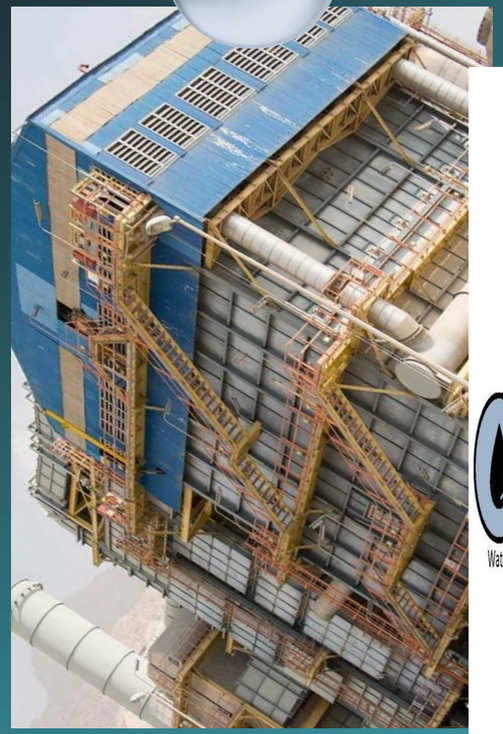
VISTA ASEMAN

واحد تحقیق و توسعه شرکت ویستا آسمان

نقش آلیاژهای نوین در افزایش طول عمر کاتالیست و بهینه‌سازی ریفورمینگ متان

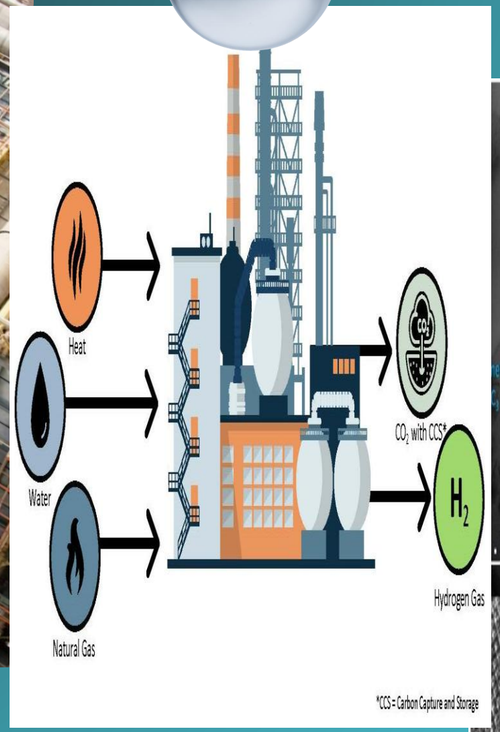
فلوچارت ارائه

01



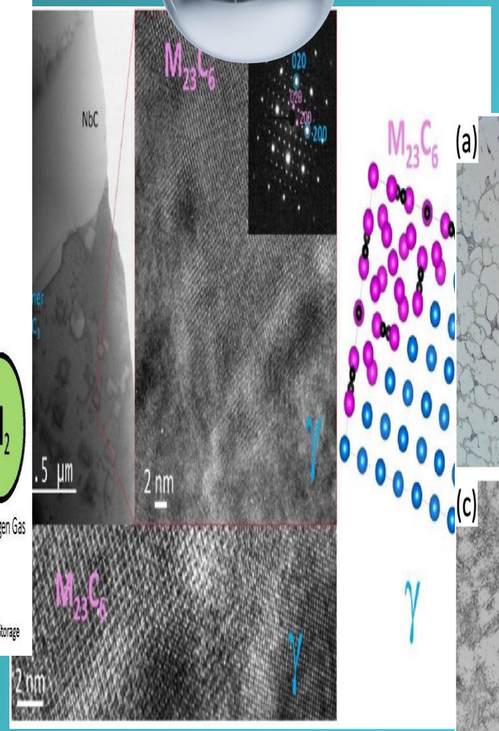
مقدمه

02



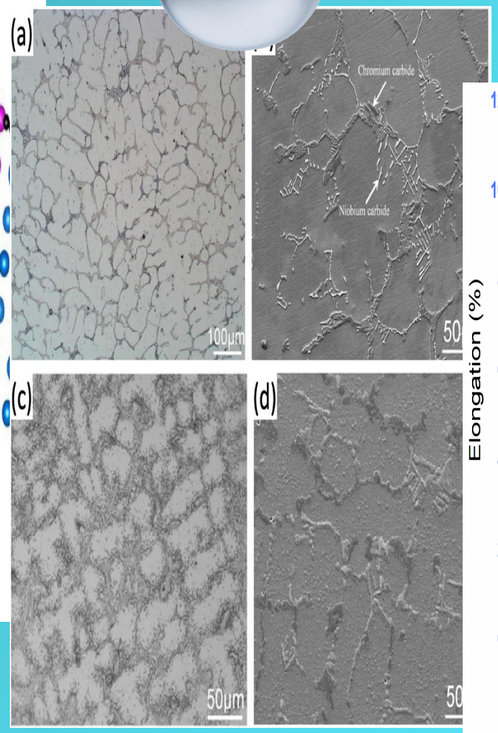
مبانی ریفورمینگ

03



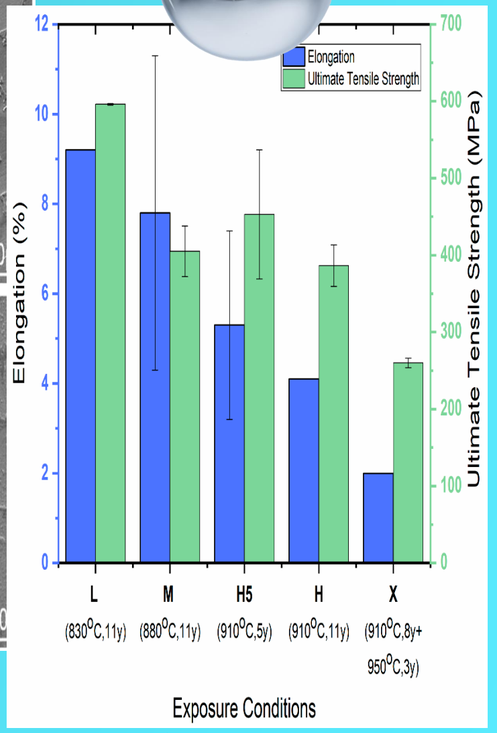
چالش های متالورژیکی

04



تاریخچه توسعه آلیاژی

05



متالورژی فیزیکی آلیاژهای نوین

VISTA ASEMAN

1

مقدمه

بیان مسئله

مقدمه

توسعه آلیاژها نقشی کلیدی در پیشرفت فناوری ریفورمرهای بخار-متان ایفا می‌کند، اما در سه دهه گذشته پیشرفت چشمگیری در این زمینه مشاهده نشده است. این ارائه، راهبردهای توسعه گذشته را مرور و چالش‌های پیش روی آلیاژهای آینده را بررسی می‌کند. متالورژی فیزیکی آلیاژهای مدرن ریفرمر، از جمله نقش کاربیدهای MC، M7C3 و M23C6 و تأثیر طراحی ریزساختارها بر عملکرد، مورد بحث قرار می‌گیرد. همچنین، پیشرفت‌های حاصل از ریخته‌گری گریز از مرکز و اثرات عناصر آلیاژی بر بهبود عملکرد و افزایش طول عمر کاتالیست بررسی خواهد شد.

بیان مسئله

VISTA ASEMAN

VISTA ASEMAN

2

مبانی ریفورمینگ

ترمودینامیک شیمیایی

مبانی ریفورمینگ

واکنش کلی ریفورمینگ بخار–متان

فرآیند ریفورمینگ بخار–متان از دو مرحله اصلی تشکیل شده است. واکنش کلی این فرآیند در معادله (۱) نشان داده شده است، که در آن هیدروکربن مورد استفاده عمدتاً متان است:

$$C_nH_m + nH_2O \rightarrow nCO_2 + \left(\frac{m+2n}{2}\right)H_2$$

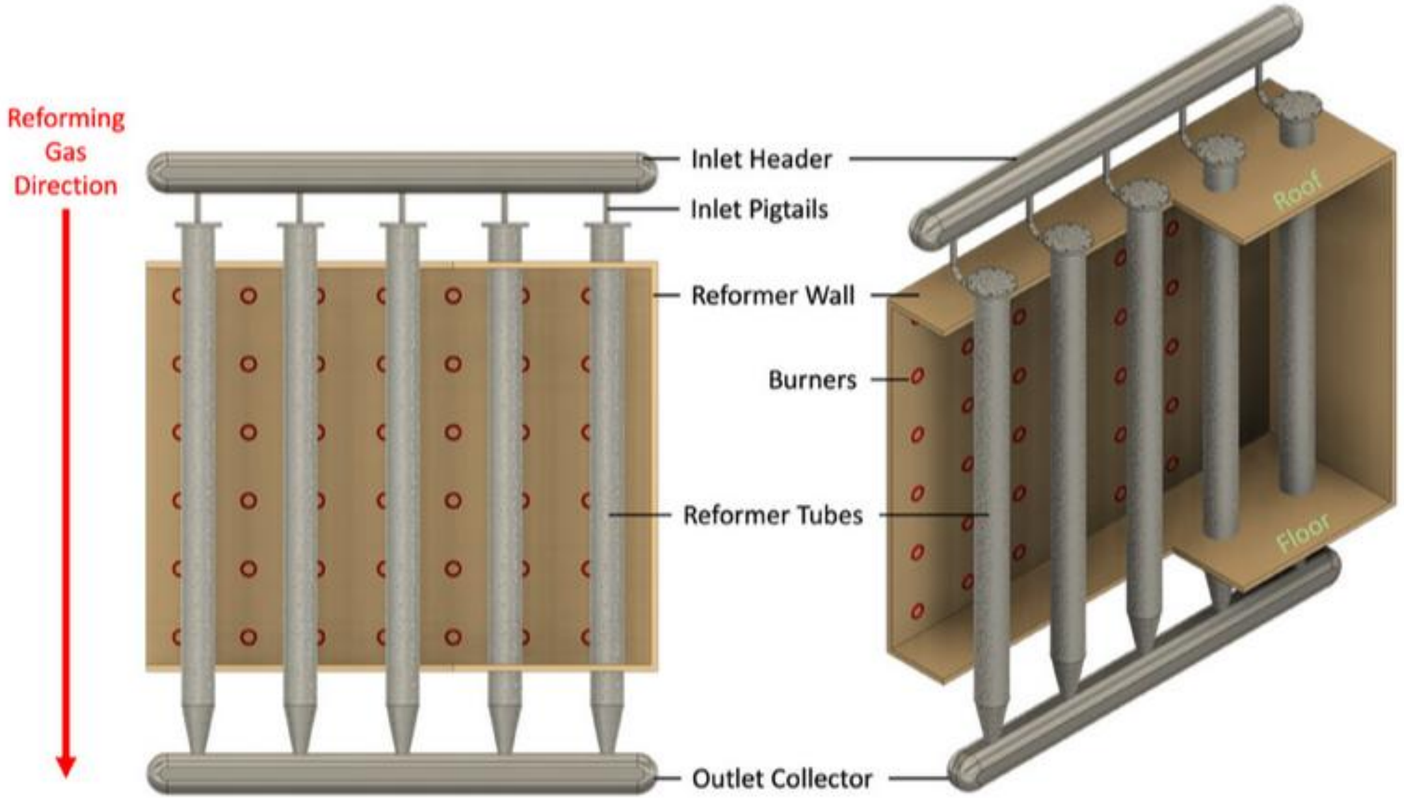
مرحله اول یک واکنش **بسیار گرماگیر** است که درون کوره رخ می‌دهد. در این مرحله، خوراک **گوگردزدایی‌شده** (با حداقل ۹۵٪ متان) با بخار آب واکنش داده و هیدروژن آزاد می‌شود، همان‌طور که در معادله (۲) نشان داده شده است.

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \ (\Delta H^\circ_{298} = +206\ \text{kJ/mol})$$

ترمودینامیک

VISTA ASEMAN

مبانی ریفورمینگ



VISTA ASEMAN

3

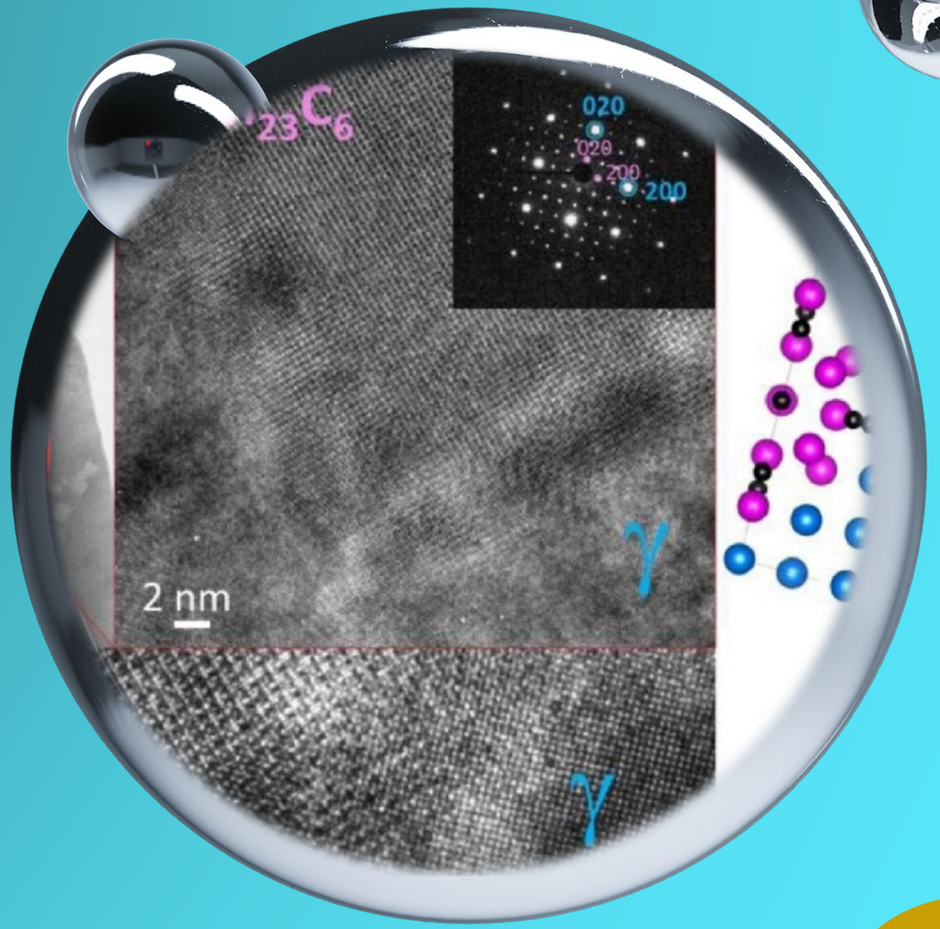
چالش های متالورژیکی

نقش آلیاژهای نوین در بهبود عملکرد

چالش های متالورژیکی

در فرآیند ریفورمینگ، واکنش‌های شیمیایی منجر به تشکیل کربن (کک) بر سطح تیوب ها شده که در دماهای بالا، نفوذ کربن به ساختار آلیاژ را تسریع می‌کند. این پدیده، همراه با تنش‌های حرارتی و مکانیکی، منجر به کاهش استحکام و در نهایت شکست فاجعه‌بار تیوب‌ها می‌شود.

با افزایش نیاز به تولید هیدروژن، بهره‌وری ریفرمرها باید افزایش یابد، اما محدودیت‌های مواد مورد استفاده در سه دهه گذشته مانع پیشرفت قابل‌توجه در طراحی ریفرمرها شده است.



نقش آلیاژهای نوین در بهبود عملکرد

VISTA ASEMAN

چالش های متالورژیکی

دو راهکار کلیدی برای افزایش ظرفیت ریفرمر بدون تغییر در طراحی کلی پیشنهاد می‌شود:

- ❖ افزایش دمای عملیاتی برای کاهش زمان مورد نیاز واکنش‌های گازی.
- ❖ کاهش ضخامت دیواره تیوب به‌منظور افزایش قطر داخلی، حجم کاتالیست و ظرفیت تولید، در عین کاهش گرادیان‌های حرارتی و بهبود مقاومت به تنش‌های حرارتی.

هر دو رویکرد به‌طور مستقیم به خواص آلیاژهای ریفرمرتیوب وابسته هستند و این امر نیاز فوری به توسعه مواد نوین را نشان می‌دهد. پیشرفت در متالورژی این آلیاژها نه‌تنها موجب افزایش طول عمر ریفرمرها می‌شود، بلکه هزینه‌های سرمایه‌ای و اثرات زیست‌محیطی تولید هیدروژن را نیز کاهش می‌دهد.

VISTA ASEMAN

VISTA ASEMAN

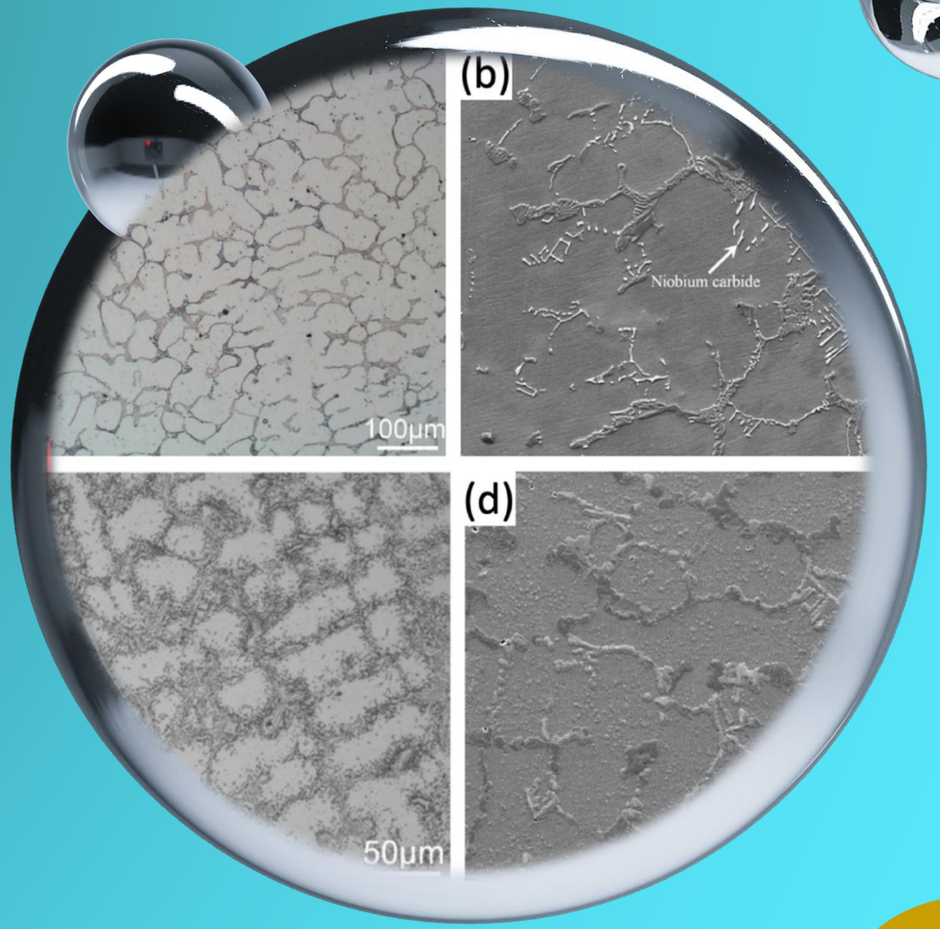
4

تاریخچه توسعه آلیاژی

طبقه بندی بر اساس نسل ها

تاریخچه توسعه آلیاژی

با اختراع ریفورمرهای بخار-متان در دهه ۱۹۳۰، آلیاژهای مورد استفاده در ریفرمرتیوب‌ها دستخوش پیشرفت‌های چشمگیری شدند. این پیشرفت‌ها در سه نسل اصلی طبقه‌بندی می‌شوند که هر نسل بر اساس تغییرات در ترکیب شیمیایی، روش‌های تولید، ویژگی‌های ریزساختاری و استحکام خزشی تعریف شده است.



طبقه بندی بر اساس نسل ها

VISTA ASEMAN

تاریخچه توسعه آلیاژی

1950-1970

نسل اول

ورود ریخته‌گری گریز از مرکز و آلیاژهای جدید

1970-1975

نسل دوم

بهبود پایداری کاربیدی و استحکام آلیاژ

1975-2010

نسل سوم

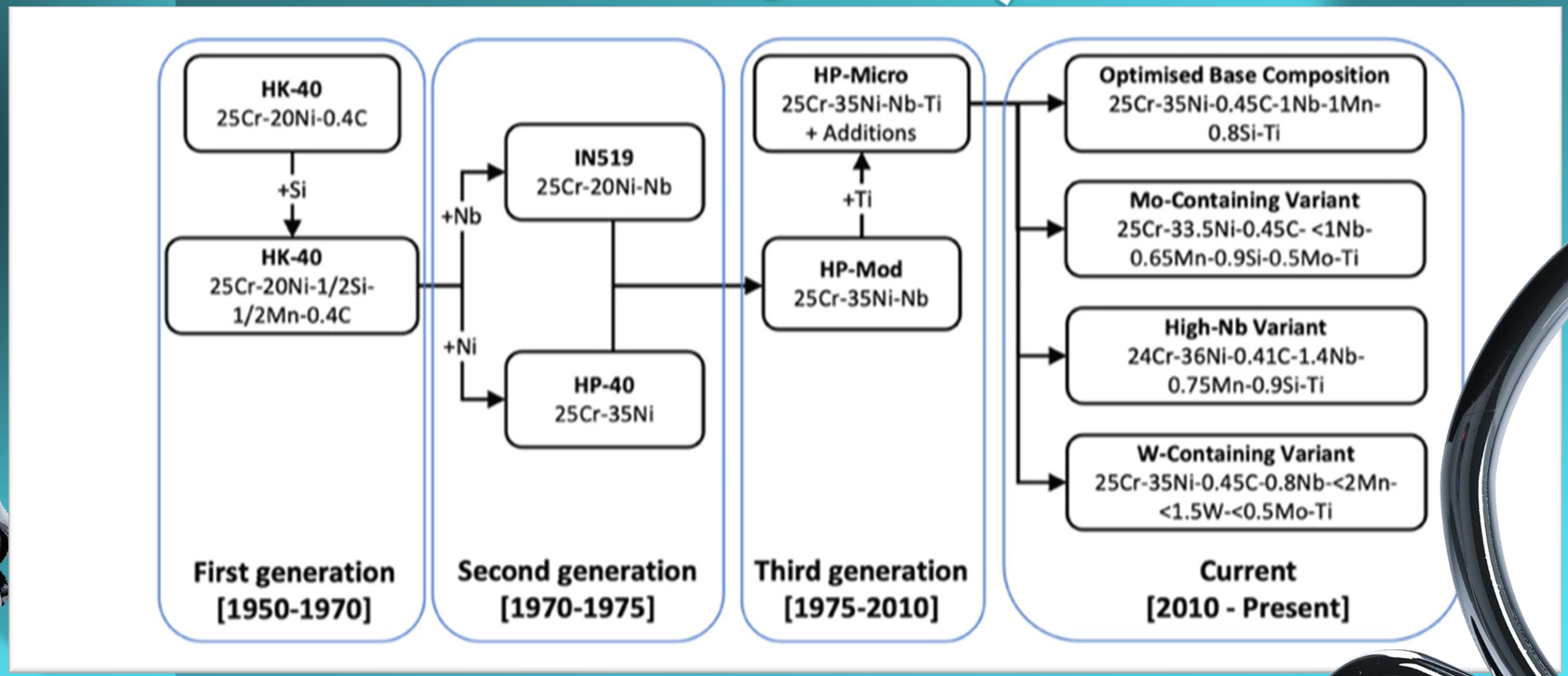
آلیاژهای HP-Mod و HP-Micro

2010-present

اکنون

مسیر آینده آلیاژهای ریفرمر

تاریخچه توسعه آلیاژی



VISTA ASEMAN

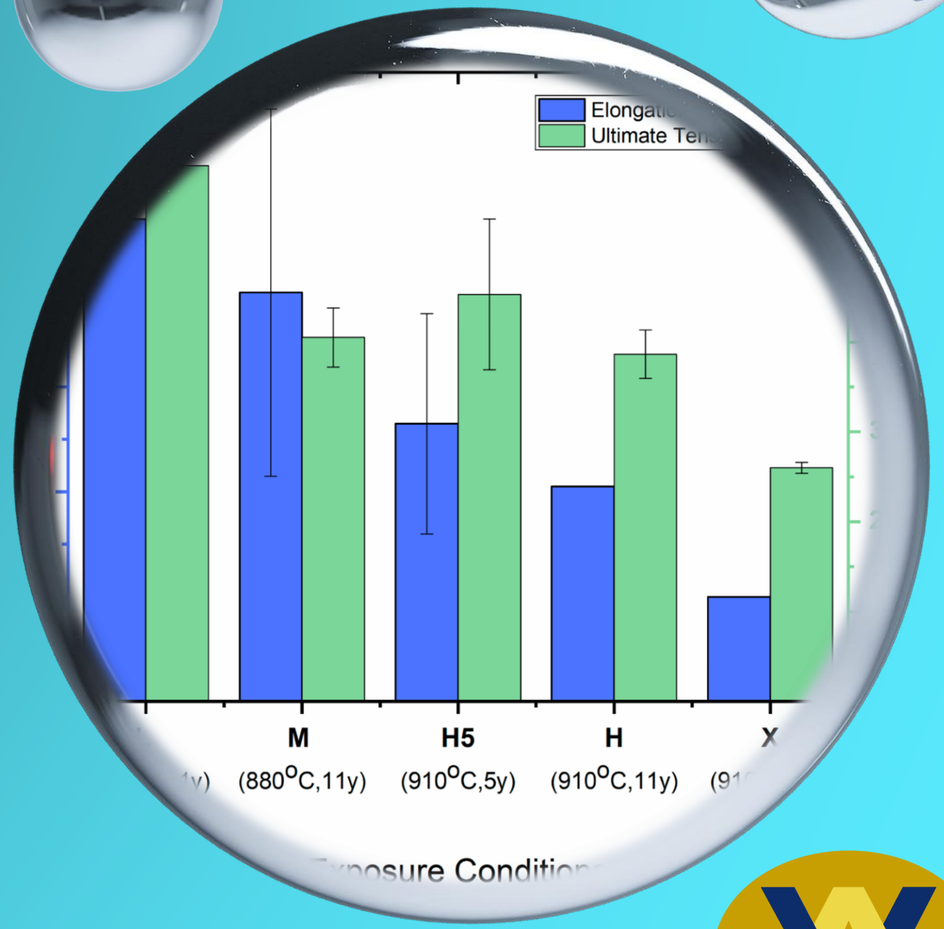
5

متالورژی فیزیکی آلیاژهای نوین

مکانیسم‌های استحکام‌دهی

متالورژی فیزیکی آلیاژهای نوین

آلیاژهای HP-Micro دارای ماتریس FCC با شبکه‌ای از کاربیدها هستند که موجب استحکام و مقاومت خزشی در دماهای بالا می‌شود. استحکام این آلیاژها ناشی از تقویت محلول جامد و رسوب کاربیدهای M7C3، M23C6و MC در مرز دانه‌ها است که از لغزش مرزدانه‌ای جلوگیری می‌کند. کاربید MC غنی از Nb، Tiیا Zr، پایدارترین نوع است اما در درازمدت ممکن است به فاز G یا M6C η تجزیه شود که بر خواص خزشی تأثیر دارد. طی سرویس‌دهی، تحولات میکروساختاری مانند تبدیل M7C3 به M23C6 و رسوب کاربیدهای ثانویه رخ می‌دهد که بر تردی و طول عمر آلیاژ اثر می‌گذارد. تحقیقات اخیر به دنبال تشکیل مستقیم M23C6در حین انجماد هستند تا پایداری و عملکرد این آلیاژها را بهبود بخشند.



مکانیسم‌های استحکام‌دهی

VISTA ASEMAN

متالورژی فیزیکی آلیاژهای نوین

تأثیر ترکیب آلیاژی بر عمر و عملکرد کاتالیست

کاهش استحکام خزشی

اثر Si و فاز G

عناصر Nb، Ti، Zr

پایداری مرزدانه‌ای

افزایش استحکام خزشی

کاربیدهای M7C3 و M23C6

Cr و Ni

جلوگیری از مسمومیت کاتالیست

VISTA ASEMAN

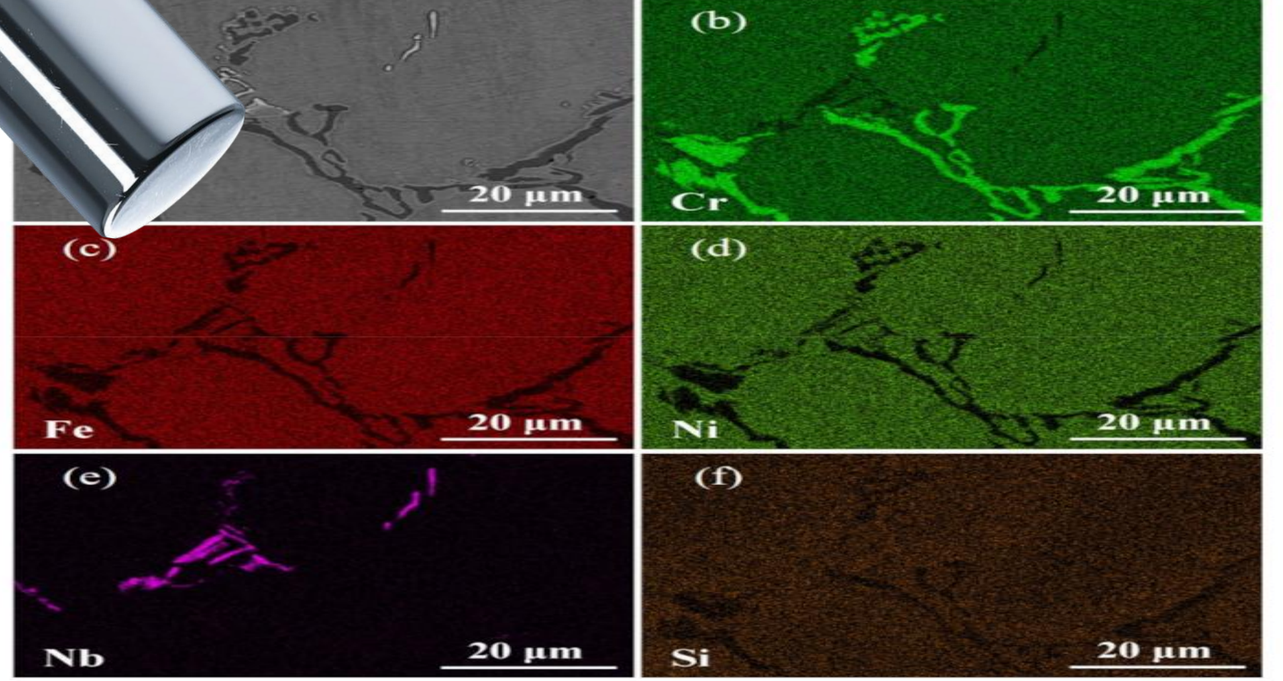
نتیجه گیری

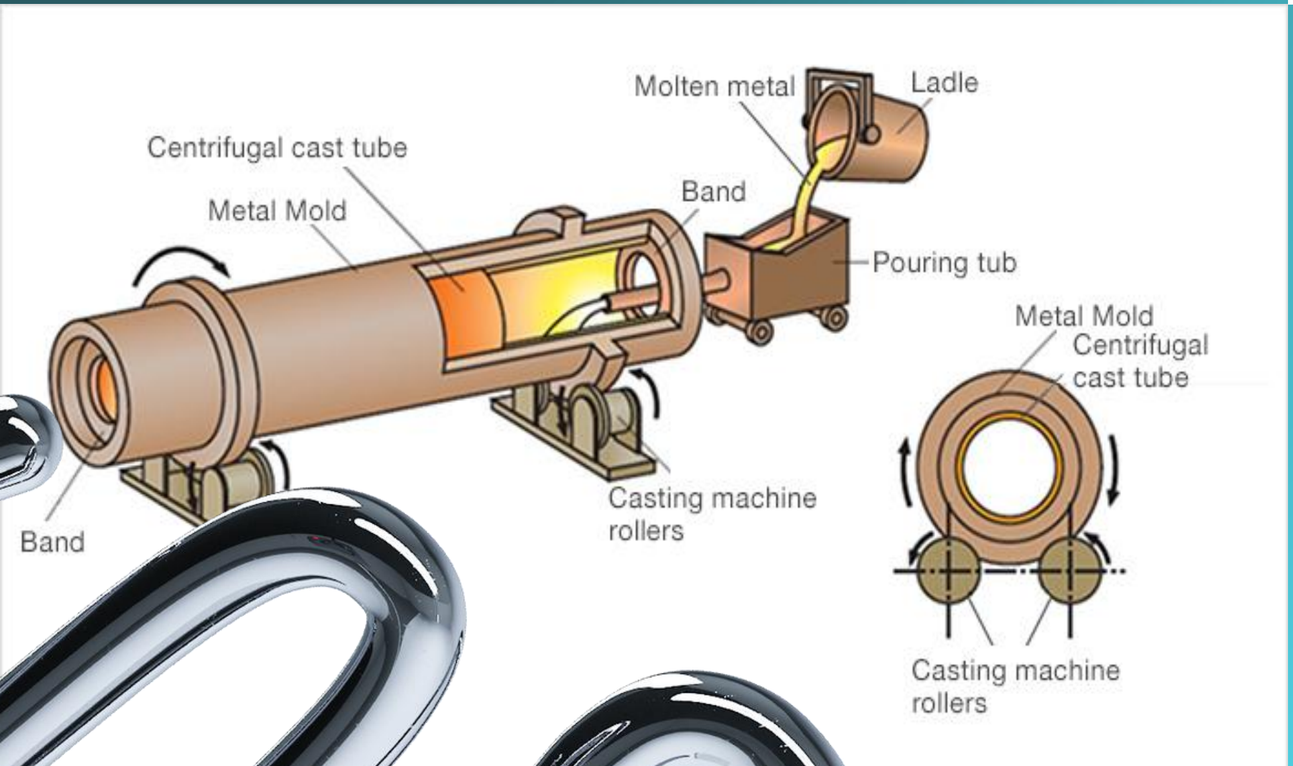
پیامدها برای توسعه آلیاژهای آینده (چالش ها و فرصت ها)

چالش ها

۱

در ۱۵ سال گذشته، پیشرفت‌های محدودی در آلیاژهای ریفرمر گزارش شده که به دلیل تحقیقات اندک و تمرکز بیش از حد بر عناصر جزئی است. این امر موجب نادیده گرفتن تغییرات اساسی در مسیرهای تحول فازی و مکانیزم‌های آن شده است.





۲

فرآیند ریخته‌گری گریز از مرکز نیز به‌عنوان یک مانع در توسعه آلیاژها شناخته می‌شود، زیرا درک کافی از تأثیر عناصر آلیاژی بر فرآیند تولید وجود ندارد.

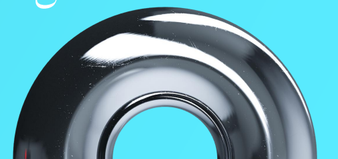
فرصت ها

۱

می‌توان از پیشرفت‌های اخیر در طراحی سوپرآلیاژها الهام گرفت. پیشرفت پایگاه‌های داده ترمودینامیکی امکان شبیه‌سازی سیستم‌های Ta و Hf، La آلیاژی جدید را فراهم کرده و استفاده از عناصر نظیر می‌تواند فضای طراحی گسترده‌تری ایجاد کند.

۲

باید توجه داشت که ترکیبات گران‌تر ممکن است عمر مفید طولانی‌تر و افزایش بازدهی ریفرمر را به همراه داشته باشند، که در بلندمدت باعث کاهش هزینه‌های کلی و بهبود پایداری فرآیند خواهد شد.



نتیجه گیری

در حال حاضر، همان‌طور که پیش‌تر ذکر شد، کنترل فرآیند ریخته‌گری همچنان چالش‌برانگیز است، زیرا ترکیبات آلیاژی که ظاهراً یکسان هستند، می‌توانند استحکام خزش متفاوتی داشته باشند. بنابراین، رویکردهای طراحی آینده باید مقاومت ترکیب آلیاژی در برابر شرایط ریخته‌گری (مانند نرخ انجماد) را نیز در نظر بگیرند. یک آلیاژ که نسبت به تغییرات شرایط انجماد حساسیت کمتری داشته باشد، بسیار مطلوب خواهد بود؛ به‌گونه‌ای که استحکام آن بیشتر متکی بر ویژگی‌های ذاتی خود باشد، کمتر به ساختار دانه‌ای حاصل وابسته باشد، یا توانایی ایجاد ریزساختارها و خواص مشابه پس از پیرسازی را داشته باشد.

سپاس از توجه شما

کتب تألیف شده در شرکت ویستا آسمان