





موضوع تحقیق



فروکروم

ferrochrom



استاد محمد بیگیان

درس فروالیاژ



پدید آورندگان

عباس کریمی و امیر محمد محمدی ذلیخایی

تاریخ ارائه

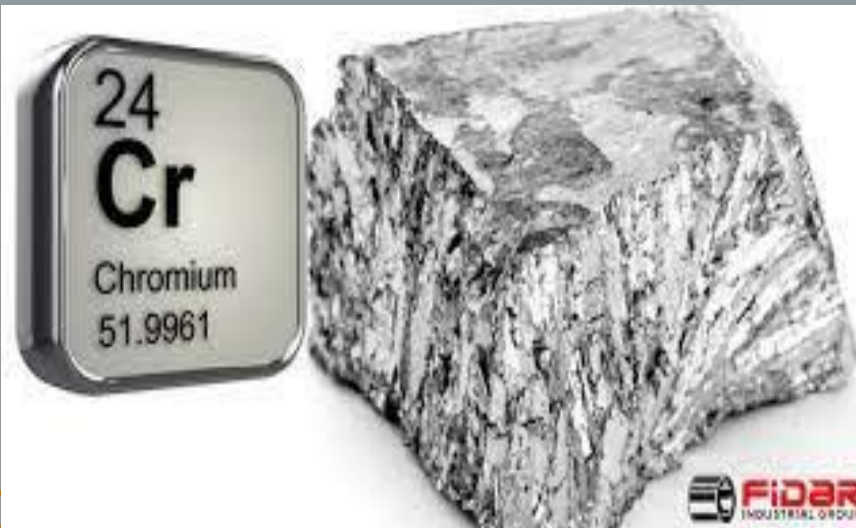
۱۴۰۰/۲/۲۸

آشنایی با کروم

کروم برگرفته از کلمه یونانی
کرومات به معنی رنگ

در ردیف چهارم گروه ششم قرار
دارد

سنگ معدن
کرومیت

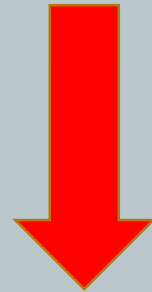


فلز کروم با عدد اتمی (۲۴) در جدول
تناوبی عناصر

آشنایی با کروم

مشخصات کروم

دلیل نامگذاری کروم



کروم به دلیل ترکیبات
شیمیایی بارنگ های مختلف
کروم نامیده شده است

کروم فلزی
باساختار
شبکه ای

bbc

۵

خواص اتمی	
وزن اتمی	51.9961 amu
شعاع اتمی (calc.)	1 E- m
شعاع کووالانسی	127 pm
شعاع وندروالس	n/a pm
ساختار الکترونی	Ar [3d ⁵ 4s ¹]
e-بازای هر سطح انرژی	۱, ۱۳, ۸, ۲
درجه اکسیداسیون (اکسید)	۶, ۳, ۲ (اکسید قوی)
ساختار کریستالی	body centered, مکعبی
خواص فیزیکی	
حالت ماده	جامد
نقطه ذوب	2130 K (3375 °F)
نقطه جوش	2945 K (4842 °F)
حجم مولی	7.23 scientific notation10 ⁻⁶ m ³ /mol
گرمای تبخیر	344.3 kJ/mol
گرمای همجوشی	16.9 kJ/mol
فشار بخار	990 Pa at 2130 K
سرعت صوت	5940 m/s at 293.15 K
متفرقه	
الکترونگاتیویته	۱/۶۶ (درجه پائولینگ)
ظرفیت گرمایی ویژه	450 J/kg*K
رسانایی الکتریکی	۷.74 10 ⁶ /m

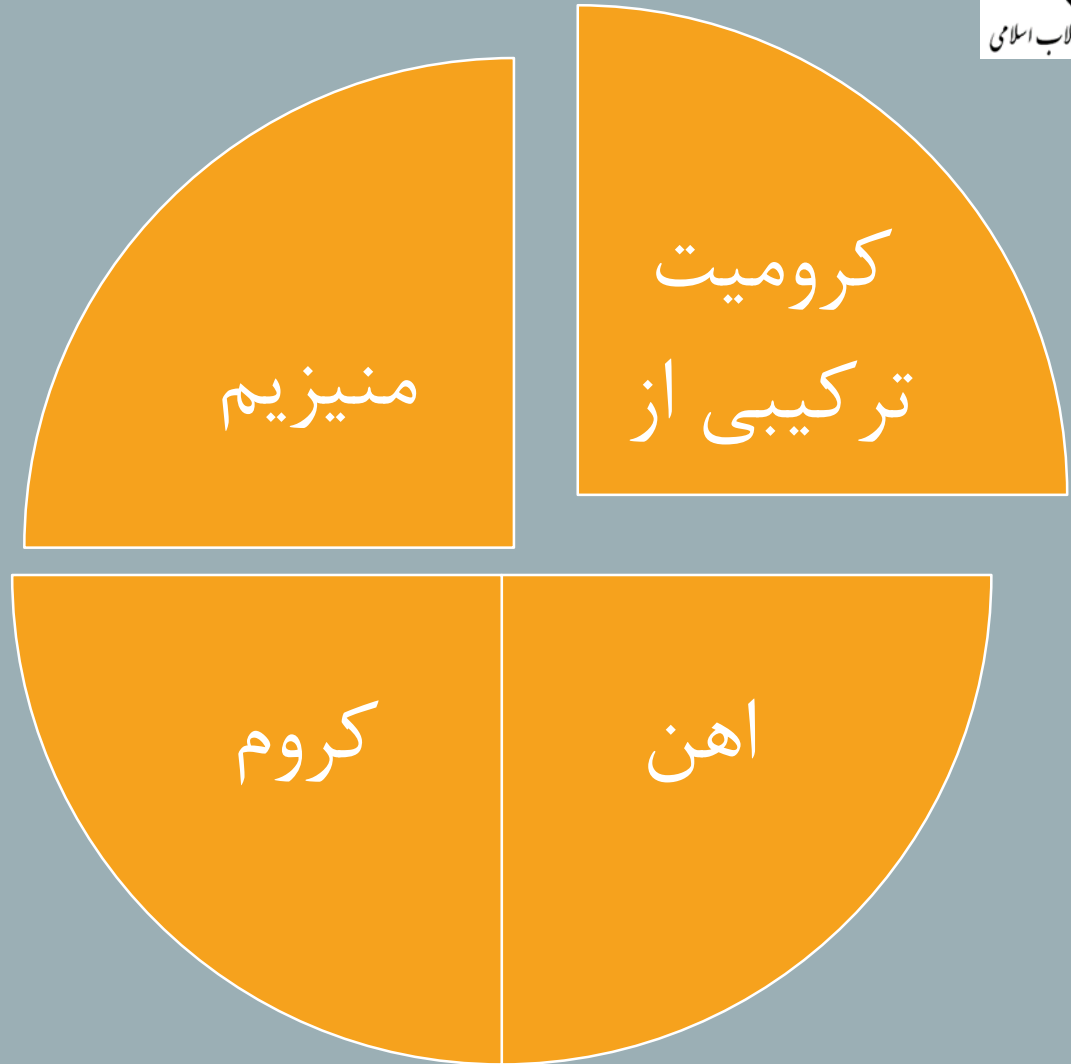
عمده‌ترین کانی‌های در
بردارنده عنصر کروم
عبارتند

کرومیت،

اوورارویت
(گرونا‌ی سبز)،

کامریت (کلریت بنفش
FUCHSITES رنگ)
مسکویت سبزرنگ)،

با احیای کرومیت توسط
کربن فروکروم حاصل میشود



فرو کروم

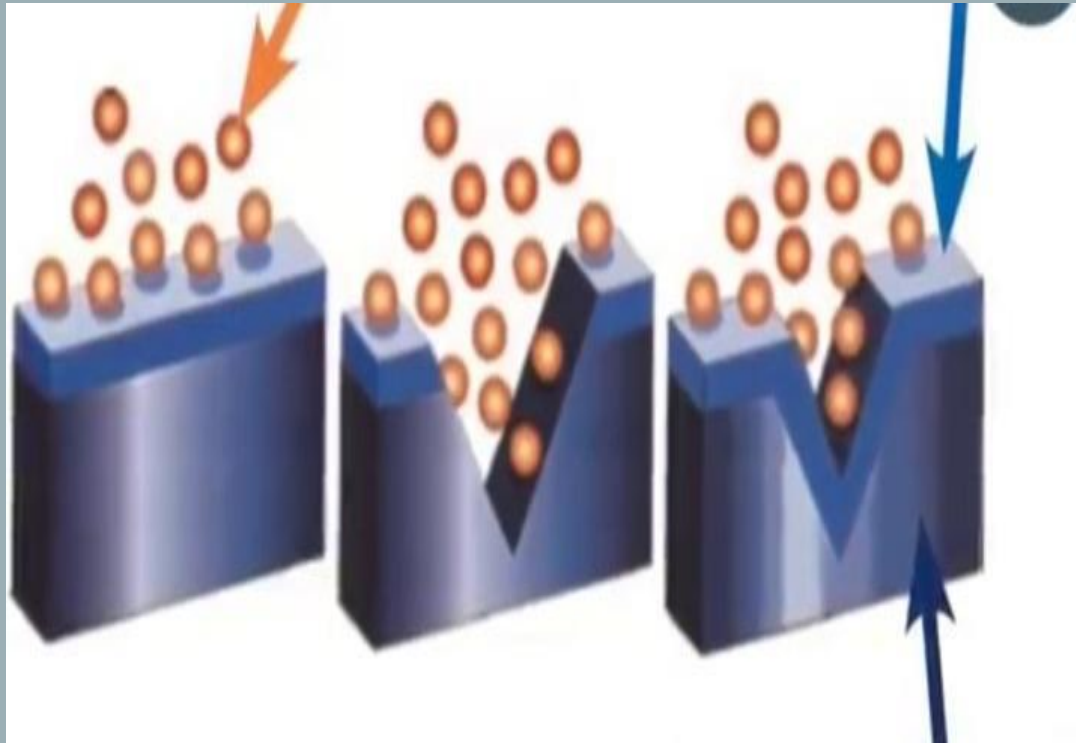
در صورتی که در صد
جرمی کروم در فولاد بالای
۵/۱۰ درصد باشد

در برابر خوردگی به شدت
مقاوم خواهد شد

فرو کروم
در صنعت
فولاد
سازی
استفاده
میشود

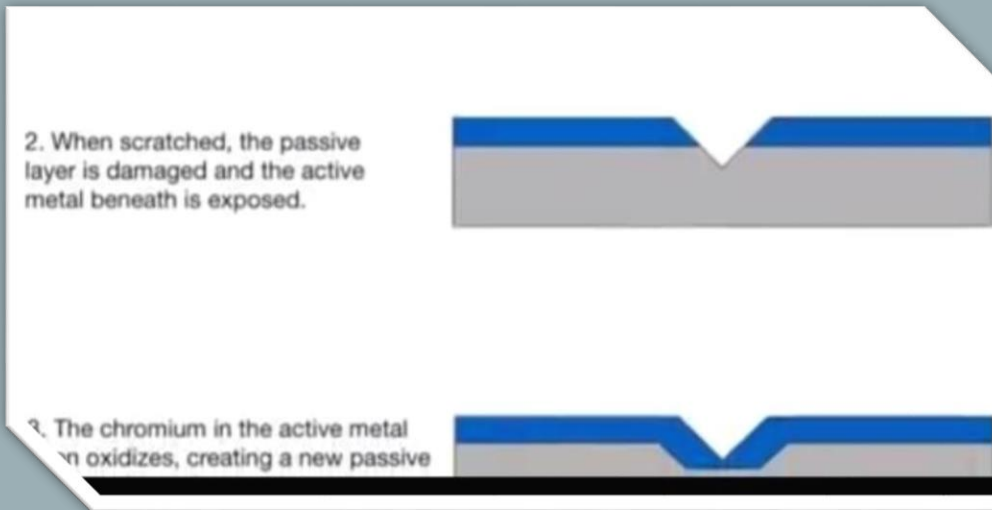
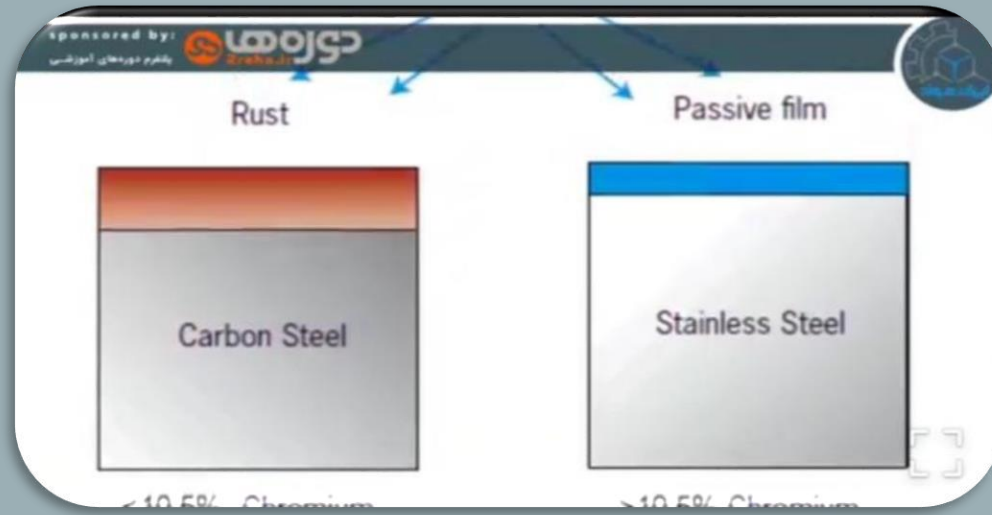
مهمترین
استفاده
فرو کروم
در ساخته
فولادهای
ضد زنگ
میباشد

فرو کروم



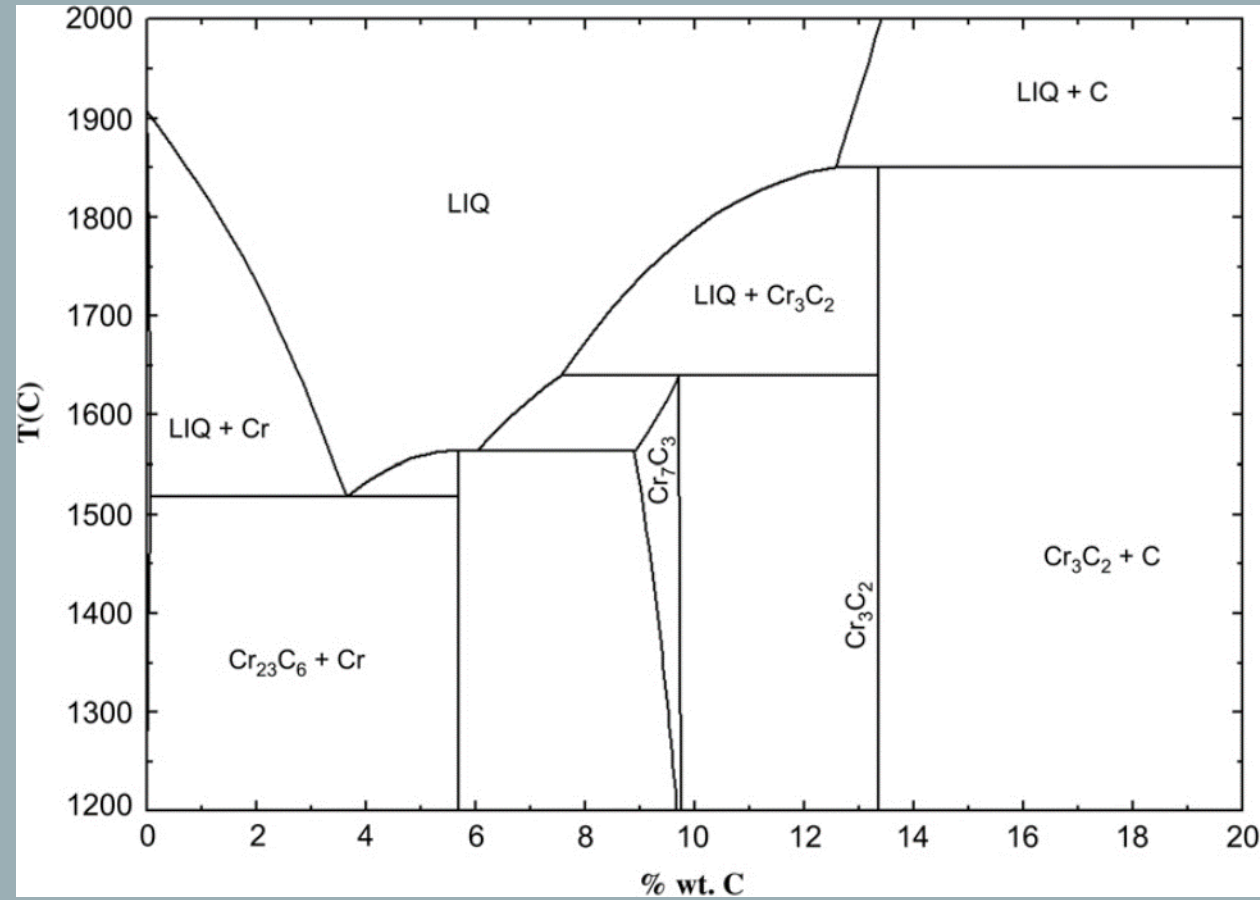
فلز کروم بر روی فولاد
یک لایه غیرفعال
تشکیل داده که از
واکنش فولاد با اکسیژن
جلوگیری میکند مطابق
شکل مقابل

فرو کروم



لایه غیر فعال حتی در
صورت آسیب دیدگی
و یا خراشیدگی به
سرعت خود را ترمیم
میکند تا اهمیت وجود
کروم را در فولاد
نشان دهد

فرو کروم



نمودار تعادل فاز کربن-کروم.

فرو کروم

حلالیت اکسیژن در کروم جامد کم است

اکسید کروم Cr_2O_3
سه ظرفیتی پایدارترین است

0.013 تا 0.13 اکسیژن در دمای
1500 درجه سانتی گراد حل میشود

اکسیدهای Cr_3O_4 (چهار
ضلعی)

و CrO (مکعب)
فقط در دمای بالا پایدار
میباشند

پس از خنک شدن
آنها معمولاً به Cr و
 Cr_2O_3 تجزیه می
شوند

فرو کروم

TABLE 8.2 Approximate Composition of Chromium Spinelides from Different Countries*

Country	Content, wt. %				Ratios	
	Cr ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	Al ₂ O ₃	Cr/Fe	MgO/Al ₂ O ₃
Russia	30.54	27.38	24.16	17.92	1.12	1.35
Ukraine	37.15	19.16	18.06	20.78	1.94	0.87
Kazakhstan	60.765	1.845	15.695	8.32	32.93	1.89
Turkey	43.47	18.36	22.39	15.76	2.37	1.42
Greece	39.52	14.37	23.17	22.93	2.75	1.01
South Africa	46.63	11.97	22.75	18.63	3.90	1.22
India	55.2	16.7	14.1	14	3.31	1.01
Pakistan	49	14.37	22.29	14.33	3.41	1.56
Philippines	31.62	15.17	23.83	29.38	2.08	0.81
Canada	48.22	16.17	22.12	12.9	2.98	1.71
Cuba	28.46	13.57	24.29	33.68	2.1	0.72
Brazil	41.1	15.17	21.95	20.78	2.71	1.06

*There might be a large variation depending on the ore type (Karnouchoy et al., 2001).

ترکیب تقریبی اسپینلیدهای
کروم از کشورهای مختلف*

فرو کروم

استخراج و معادن

ماتریس

اجزای معدنی و گانگ حساسیت مغناطیسی مختلفی دارند ، که استفاده از روشهای مختلف تفکیک مغناطیسی را ممکن می سازد. مقادیر معمول حساسیت مغناطیسی اسپینلیدهای کروم در ذخایر قزاقستان ۳۵ تا ۷۰ است. مواد معدنی گانگ ممکن است بسیار بیشتر باشد مقادیر (آزبست با اجزا خوب مگنتیت دارای ۲۲۶۰ است) یا مقادیر بسیار پایین تر (کلریدهای ۱۰ تا ۱۱ ، منیزیت ۲.۵ ، کلسیت ۵).

بستگی به غلظت اسپینلیدهای کروم و به طور کلی دارد

ترکیب سنگ معدن کروم (به عنوان مثال ، محتوای Cr_2O_3) ، رسوبات هستند

سنگ معدن کروم نیز با توجه به وضعیت فیزیکی آنها تقسیم می شود (قوی ،

خرد شده ، پودر شده و سیلیسی شده) و اندازه دانه کرومیت ها (درشت ۷ تا ۱۵

میلی متر ، متوسط ۱ تا ۷ و ریز > ۱ میلی متر). به اصطلاح سنگ معدن های قوی $\sim ۸۰\%$ را اشغال می کنند

فرو کروم

اطلاعات قابل اطمینان در مورد ذخایر جهانی کانه های کرومیت در جهان کشف شده است وجود ندارد ، زیرا بررسی ها و پیش بینی های مختلف به طور گسترده ای تخمین می زند

استخراج و معادن

به طور کلی ، جمهوری آفریقای جنوبی در حال حاضر بیش از ۷۰٪ (ذخایر) را در اختیار دارد
۱۱ ۷۴۸ تن ، به طور متوسط ۳۷٪ Cr_2O_3 از ذخایر شناخته شده جهان و اعتقاد بر این است یکی از تأمین کنندگان برجسته جهان باشد. همسایه زیمبابوه مورد بعدی است منبع اصلی با ۲۵٪ (ذخیره ۹۸۶ تن ، Cr_2O_3 به طور متوسط ۴۳٫۲٪ شناخته شده

فرو کروم

قزاقستان (ذخیره ۱۳۱۶ تن ، به طور متوسط ۵۰.۲ درصد Cr_2O_3) ، ترکیه ، فنلاند و

برزیل (ذخیره ۷۲ میلیون تن ، به طور متوسط ۲۲.۳ درصد Cr_2O_3). کشورهای دیگر دارای

ذخایر تجاری سنگ کروم تجاری آلبانی ، استرالیا ، یونان ،

هند ، کوبا ، فیلیپین ، ایالات متحده و روسیه

استخراج و معادن

۱- آفریقای جنوبی

تولید معدنی کروم در کشور آفریقای جنوبی در سال ۲۰۱۹ به ۱۴ میلیون تن رسید

۲- قزاقستان

میزان تولیدات معدنی قزاقستان حدود ۵ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ بود.

۳- ترکیه

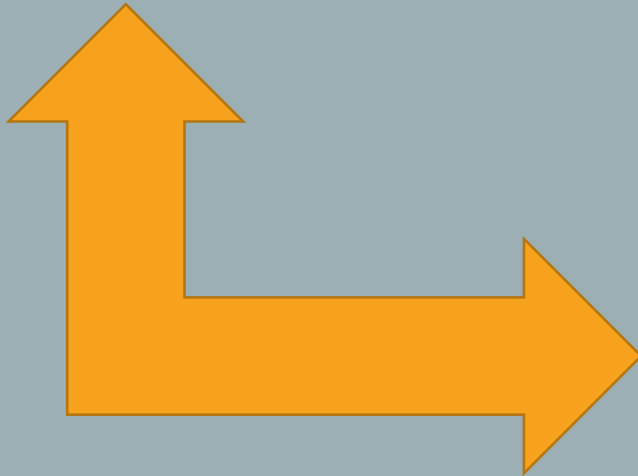
کشور ترکیه با تولید ۳ میلیون و ۵۰۰ هزار تن کروم در سال ۲۰۱۹ در رده سوم در جهان جای گرفت

۴- هند

این کشور با تولید ۳ میلیون و ۲۰۰ هزار تن کروم در سال ۲۰۱۹ در مقام چهارم جهان قرار گرفت.

فرو کروم

کدام یک از معادن سنگ معدن مرغوب تری دارد



کرومیت‌های حاصل از رسوبات Great Dyke از ۴۰٪ تا ۵۰٪ Cr_2O_3 متغیر است بستگی به مکان دارد.

تفاوت عمده بین کرومیت‌های زیمبابوه و از آفریقای جنوبی این است که سنگ معدن زیمبابوه دارای محتوای Cr_2O_3 بالاتر است و نسبت $\text{Cr: Fe} > 3: 2$. این باعث می شود که آنها برای ذوب مناسب مناسب باشند

فرو کروم

کاربردهای کرومیت را می توان در سه
بخش اصلی ، ۱، متالورژی، ۲، صنایع
شیمیایی، ۳، دیرگدازها تقسیم بندی کرد.

بیش از ۸۰ درصد مصرف فروکروم
جهان در تولید فولاد زنگ نزن
است. کروم موجود در این فروآلیاژ
عامل زنگ نزن شدن فولادهای مذکور
است.

میانگین مقدار کروم در فولاد زنگ
نزن حدود ۱۸ درصد است. علاوه بر
فولاد های زنگ نزن؛ از فروکروم در
فولاد های کربنی و چدن های آلیاژی
نیز استفاده می شود

کاربردهای فرو کروم

از فروکروم در تولید فولادهای آلیاژی ،
فولادهای مقاوم در برابر سایش ، گرما و
زنگ زدگی ، مصارف آبکاری و تولید ابزار
برش ، تیغه ها و مته ها استفاده می شود
.ماده اولیه تولید فروکروم کرومیت است .
مصارف مهم کرومیت در صنایع متالورژی ،
دیرگداز و شیمیایی است. عیار کرومیت
قابل استفاده در متالورژی و صنایع
شیمیایی بالا است اما در دیر گدازها می
تواند پایین باشد .

ناخن های ضد سایش بیل
مکانیکی ولودرها ، فک
های سنگ شکن معادن
همگی در تولید به کروم
نیازمند هستند.

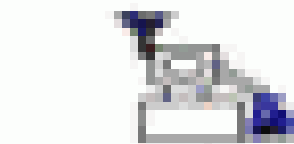
Raw Material Received



Raw Material Testing



Sorting



Sizing



Storage of Raw Material in Bunker



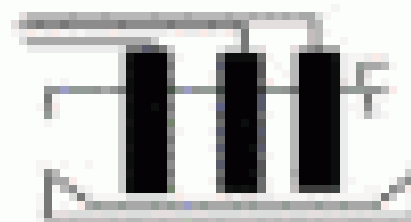
Feeding to Furnace

Ferro Alloys Process

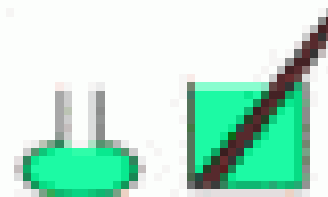
Processing



Tapping



Testing



Dredging & Packing

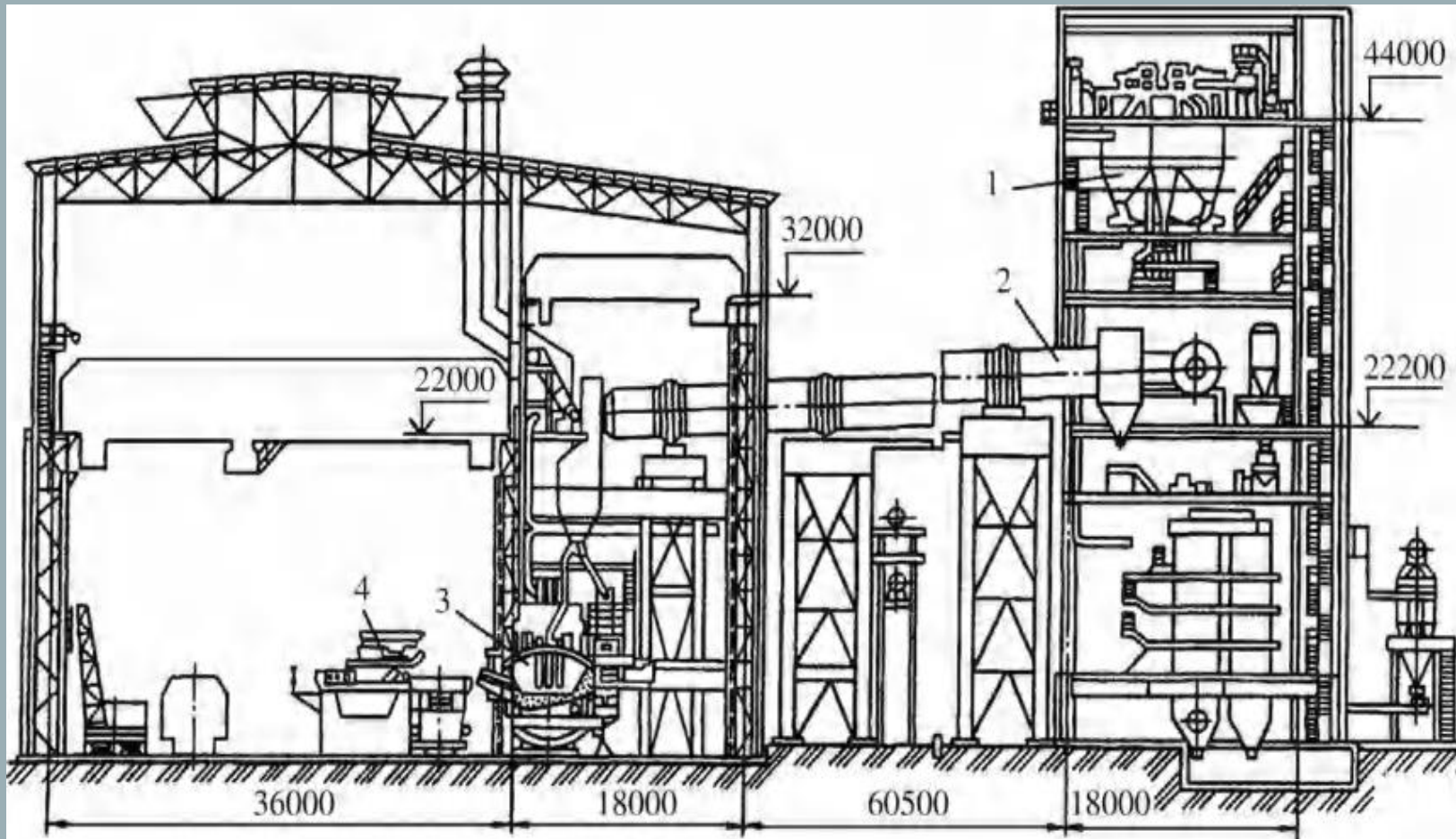


Marketing



نمای تولیدی کارخانه فرو کروم

فرو کروم

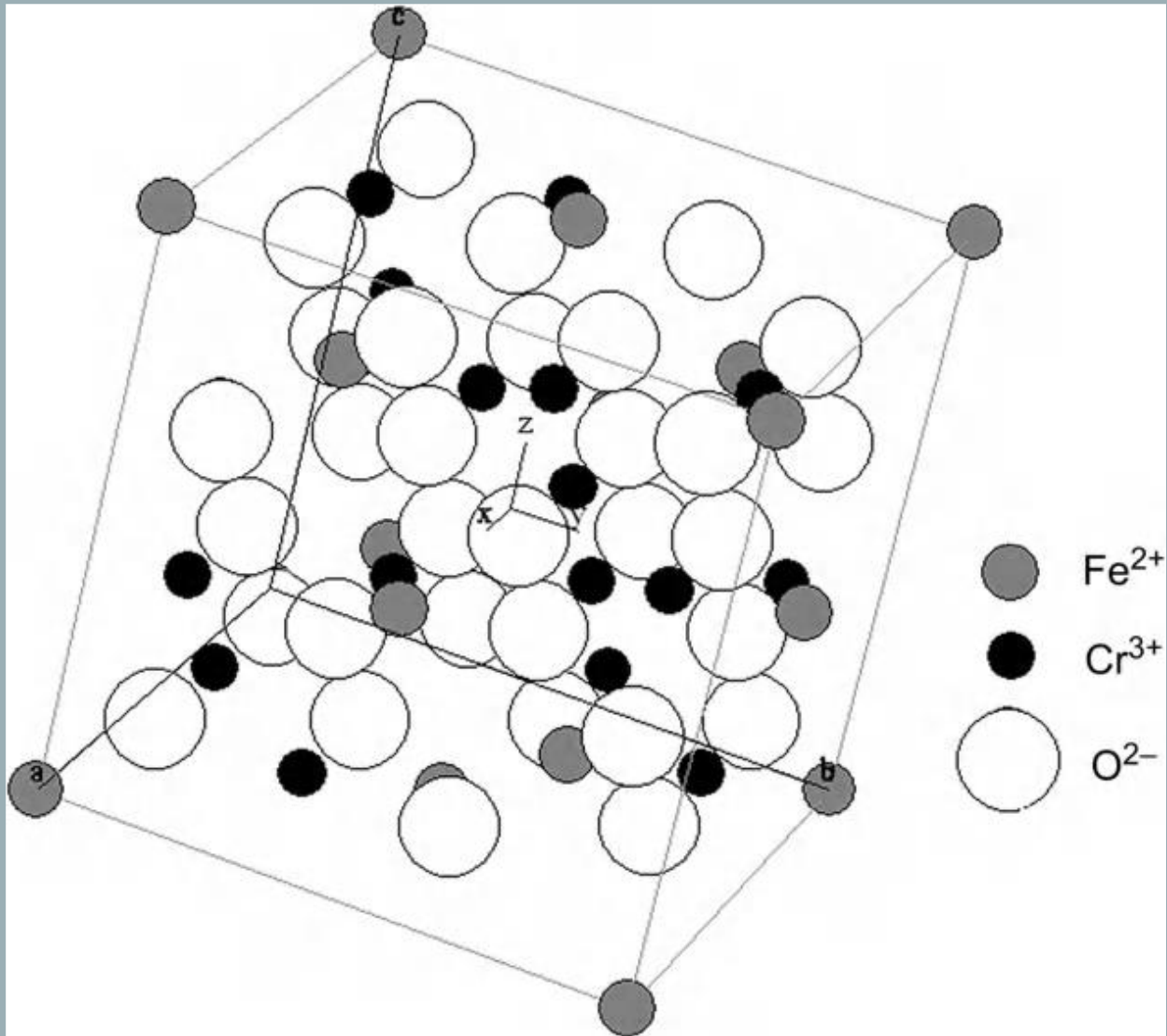


سطح مقطع کارخانه برای ذوب
ذوب سنگ آهک و کرومیت و
مخلوط کردن آن

فرآیند (ابعاد در میلی متر) با
استفاده از یک شارژ از قبل گرم
شده. ۱، تجهیزات دوز؛ ۲، کوره
دوار

۳، کوره برقی ۴، ملاقه برای
مخلوط کردن ذوب سنگ معدن -
آهک و $FeSiCr$.

فرو کروم



شبکه کریستالی ساختار
 FeCr_2O_4 اسپینل
(پارامتر شبکه ۰,۸۸ نانومتر).

فرو کروم

این فروآلیاژ پر کاربرد عمدتاً با احیای کربوترمیک سنگ معدن کرومیت توسط کوره های قوس الکتریکی تولید می شود.

هنگام تولید فروکروم، انرژی زیادی مصرف می شود. بنابراین تولید این فروآلیاژ معمولاً در کشورهایی انجام می شود که انرژی هزینه کمی داشته باشد تا تولید مقرون به صرفه باشد.

فرو کروم

فرو کروم به چه صورتی تولید میشود

برای تولید فرو کروم تکنیک های زیادی به کار گرفته می شود. اما مشهور ترین روش تولید آن احیای کربوترمیک اکسیدهای شامل کروم، منیزیم و آهن در دمای بالا پس از **FeCr** است. در این فرایند، آلیاژ احیای سنگ معدن حاوی کروم با استفاده از زغال سنگ و کک تحت حرارت بالا تولید می شود. معمولاً برای این کار از کوره قوس الکتریکی استفاده می شود.

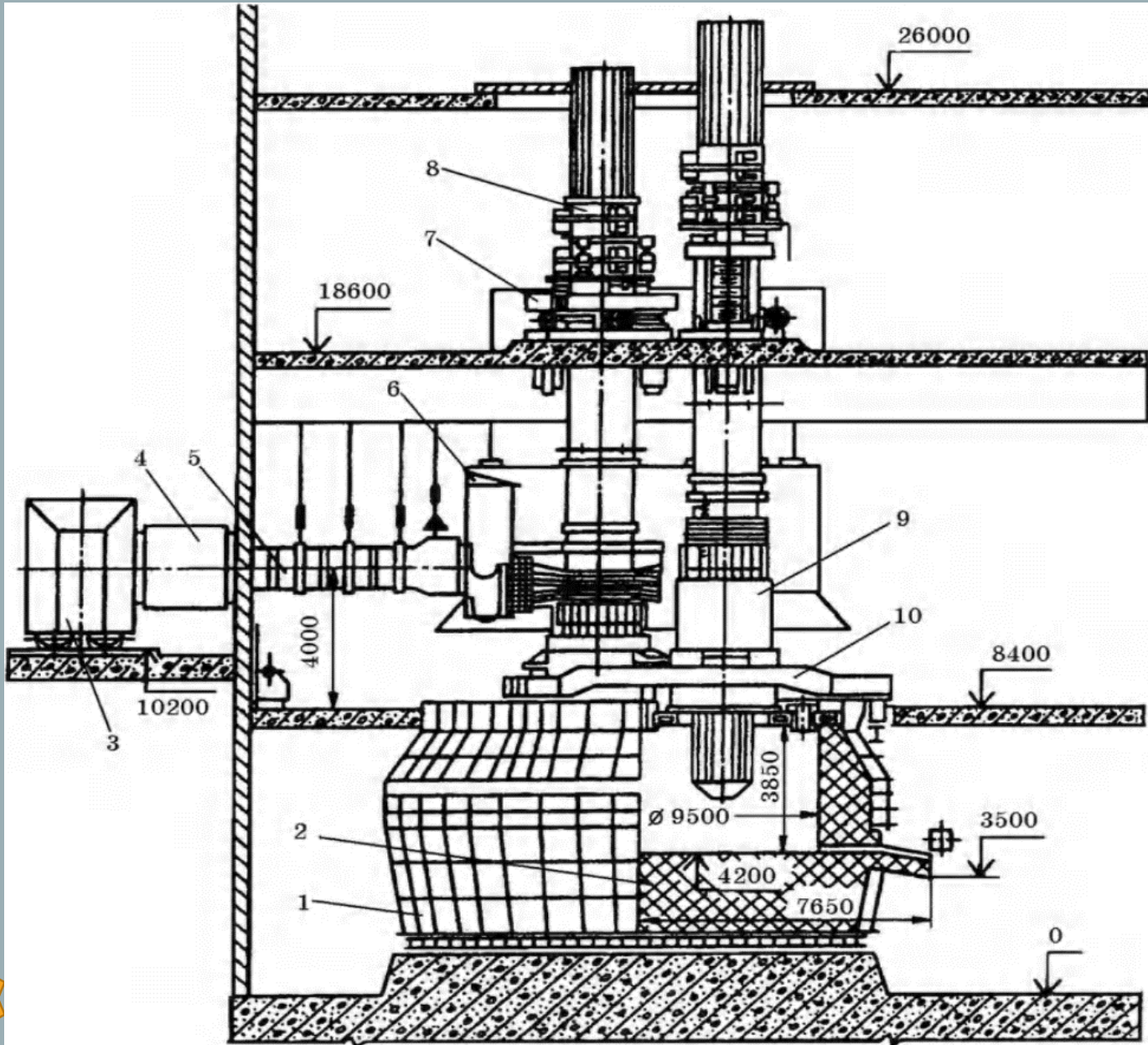
پس از انجام واکنش احیا، فرو کروم در فواصل منظم از کوره جمع آوری می شود. هنگامی که مقدار قابل توجهی از آلیاژ آهن-کروم در کوره تولید شد، سرباره و فلز مذاب از یک سوراخ تعبیه شده خارج می شوند. سپس از یک دهانه عبور می کنند و در محلی دیگر جمع آوری می شوند. فرو کروم مذاب در فرایند ریخته گری منجمد شده و برای فراوری های بعدی آماده می شود.

فرو کروم

انواع فرو کروم

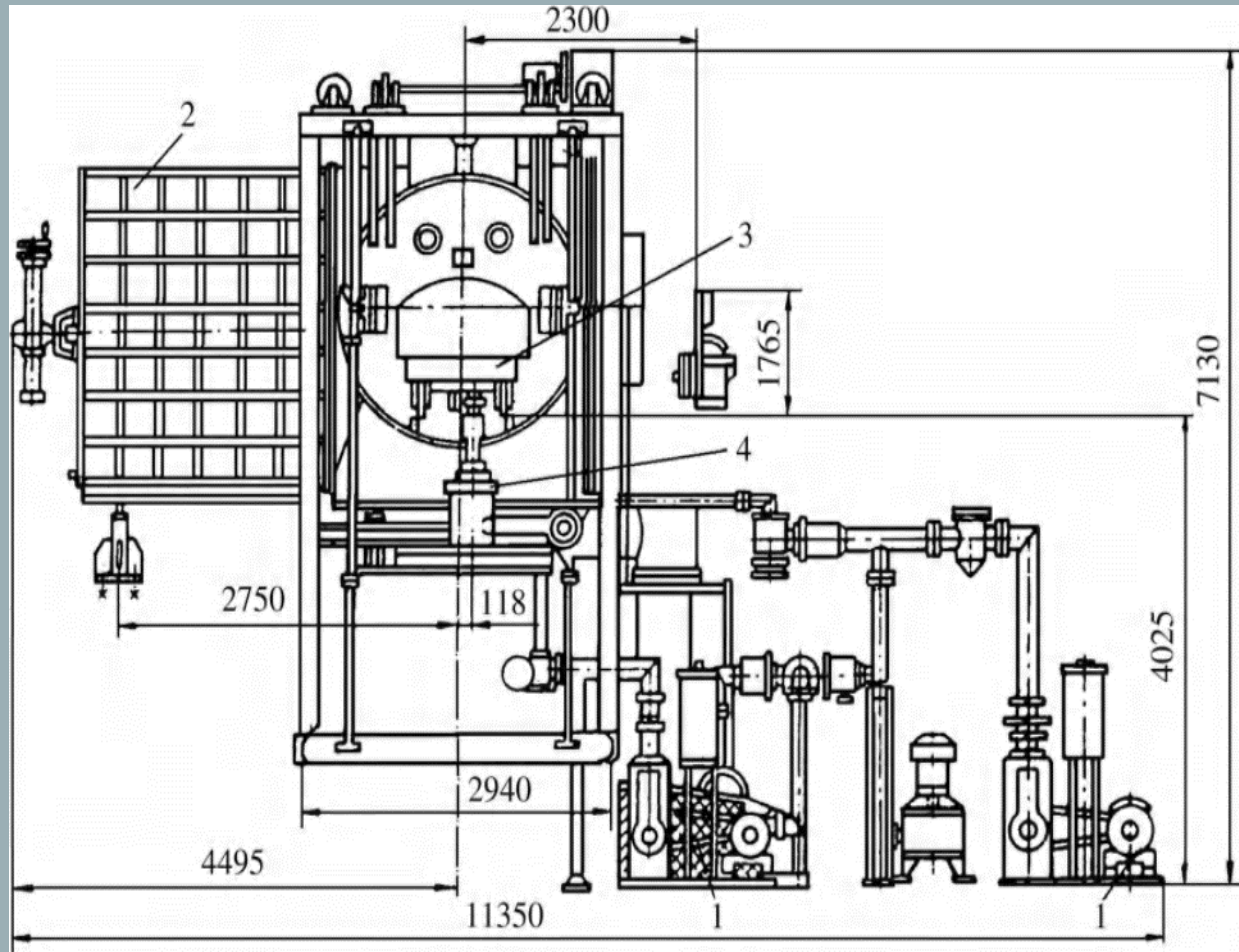
نوع فرو کروم	% کروم	% کربن	% سیلیکون	% گوگرد	% نیتروژن	% فسفر
کم کربن	۴۵ - ۹۵	۰/۱۵ - ۰/۲۵	< ۱/۵	< ۰/۰۳	< ۰/۱۵	۰/۰۲ - ۰/۰۵
کربن متوسط	۴۵ - ۹۵	۰/۵ - ۴	< ۱/۵	< ۰/۰۳	نامشخص	۰/۰۳ - ۰/۰۵
پر کربن	۶۰ - ۷۰	۴ - ۱۰	۱ - ۱/۵	< ۰/۱۰	نامشخص	نامشخص

فرو کروم



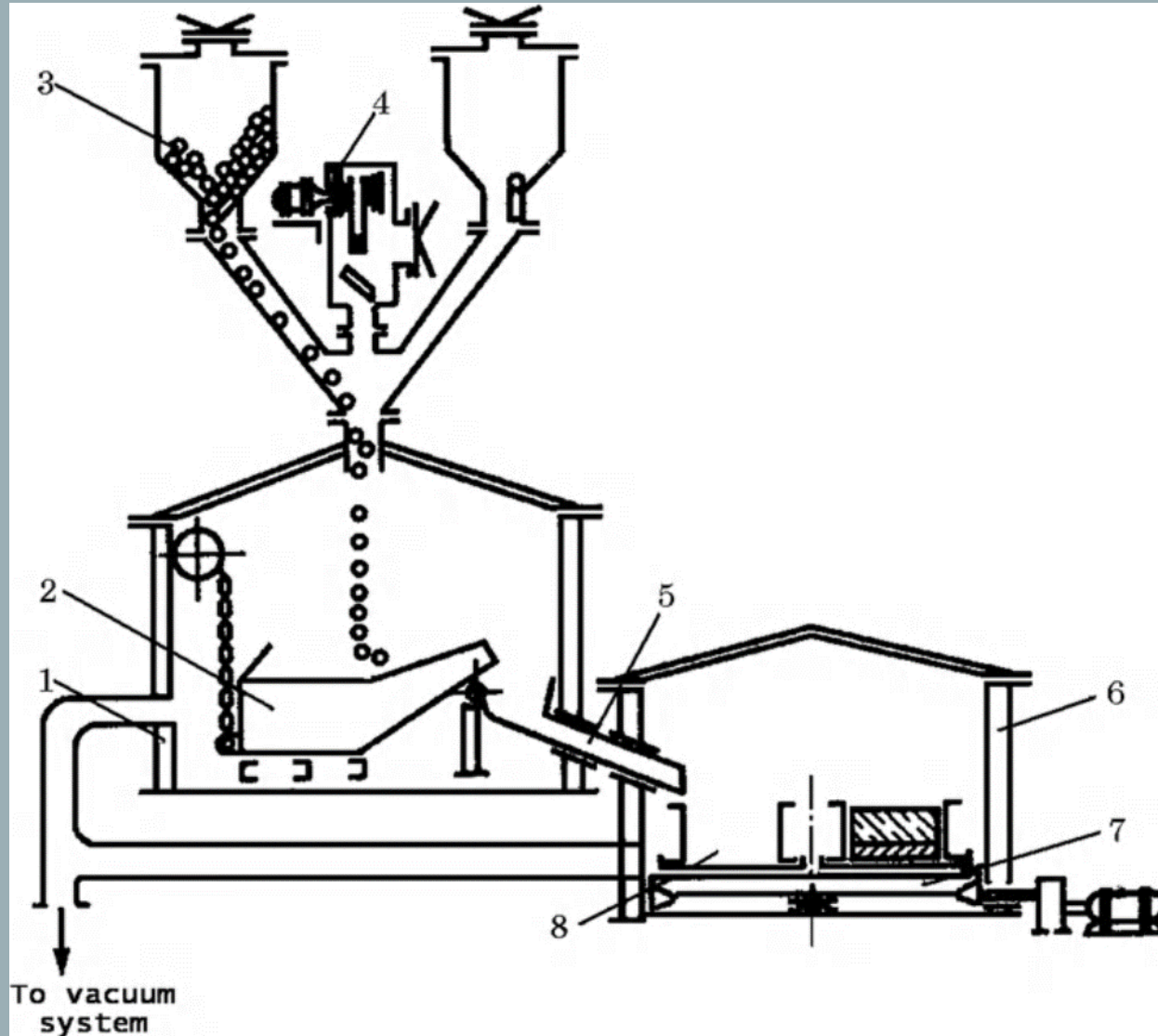
کوره قوس الکتریک ۳۳ MVA
 برای ذوب فروسیلکروم. ۱ ،
 پوسته ؛
 ۲ ، پوشش ۳ ، ترانسفورماتور
 قدرت ۴ ، جبران کننده خالص
 کوتاه ؛ ۵ ، شبکه کوتاه ؛ ۶ ،
 صفحه نمایش ۷ ، آسانسور
 هیدرولیک ؛
 ۸ ، کنترل الکتروود و مکانیزم بای
 پس ۹ ، نگهدارنده الکتروودها ۱۰
 ، پوشش کوره

فرو کروم



سطح مقطع کوره خلا uum
برای FeCr بسیار کم کربن
۱ ، پمپ ها ۲ ، سرباره
خلا 3 uum ، حامل ۴ ،
مکانیسم حرکت حامل.

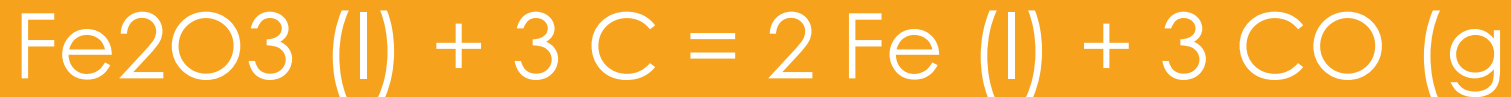
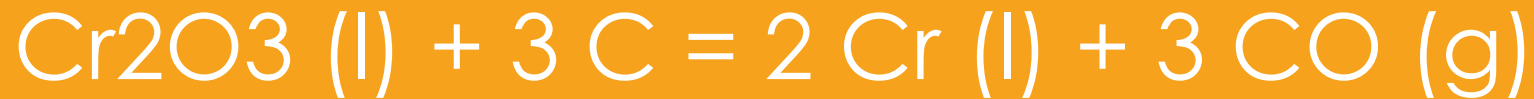
فرو کروم



سیستم دو محفظه ای برای ذوب کروم خالص تحت خلا یا بی اثر جو ۱ ، اتاق ذوب ۲ ، ملایه ذوب ۳ ، ذخیره سازی گلوله ؛ ۴ ، احتراق شارژ ؛ ۵ ، کانال ضربه زدن ؛ ۶ ، اتاق ریخته گری ؛ ۷ ، میز چرخان ؛ ۸ ، قالب های ریخته گری.

فرو کروم

طریق واکنش‌های زیر، عملیات احیا آهن و کروم انجام شده که در نهایت فروکروم تولید می‌گردد:



فرو کروم

تولید فروکروم کم کربن

اکسیژن ترمی: معمولاً با فرایند اکسیژن ترمی (دمش اکسیژن) و اکسید شدن کربن فروکروم پرکربن بدست می‌آید. دمای کاری در این فرایند به بالاتر از ۲۰۰۰ درجه خواهد رسید که این امر باعث سختی بسیار زیاد فرایند و حتی افت درصد کروم می‌شود.

متال ترمی: در روش متال ترمی فرایند احیا توسط یک فلز انجام می‌شود. آلومینیوم و سیلیکون معروف ترین این فلزات هستند. به این فرایند، روش ترمیت نیز گفته می‌شود که در آن فلز اکتیوتر با میل شیمیایی بیشتر به ترکیب شدن با اکسیژن، با سنگ کرومیت وارد واکنش شده و کروم را احیا می‌کند و فروکروم کم کربن تولید می‌شود.

منابع

Ferroalloys Theory and Practice by Mikhail Gasik, Viktor Dashevskii, Aitber Bizhanov (z-lib.org)

<https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/ferrochrome>

<https://iran-mavad.com/%D8%AE%D8%B1%DB%8C%D8%AF-%D9%88-%D9%81%D8%B1%D9%88%D8%B4-%D9%81%D8%B1%D9%88%DA%A9%D8%B1%D9%88%D9%85.html>