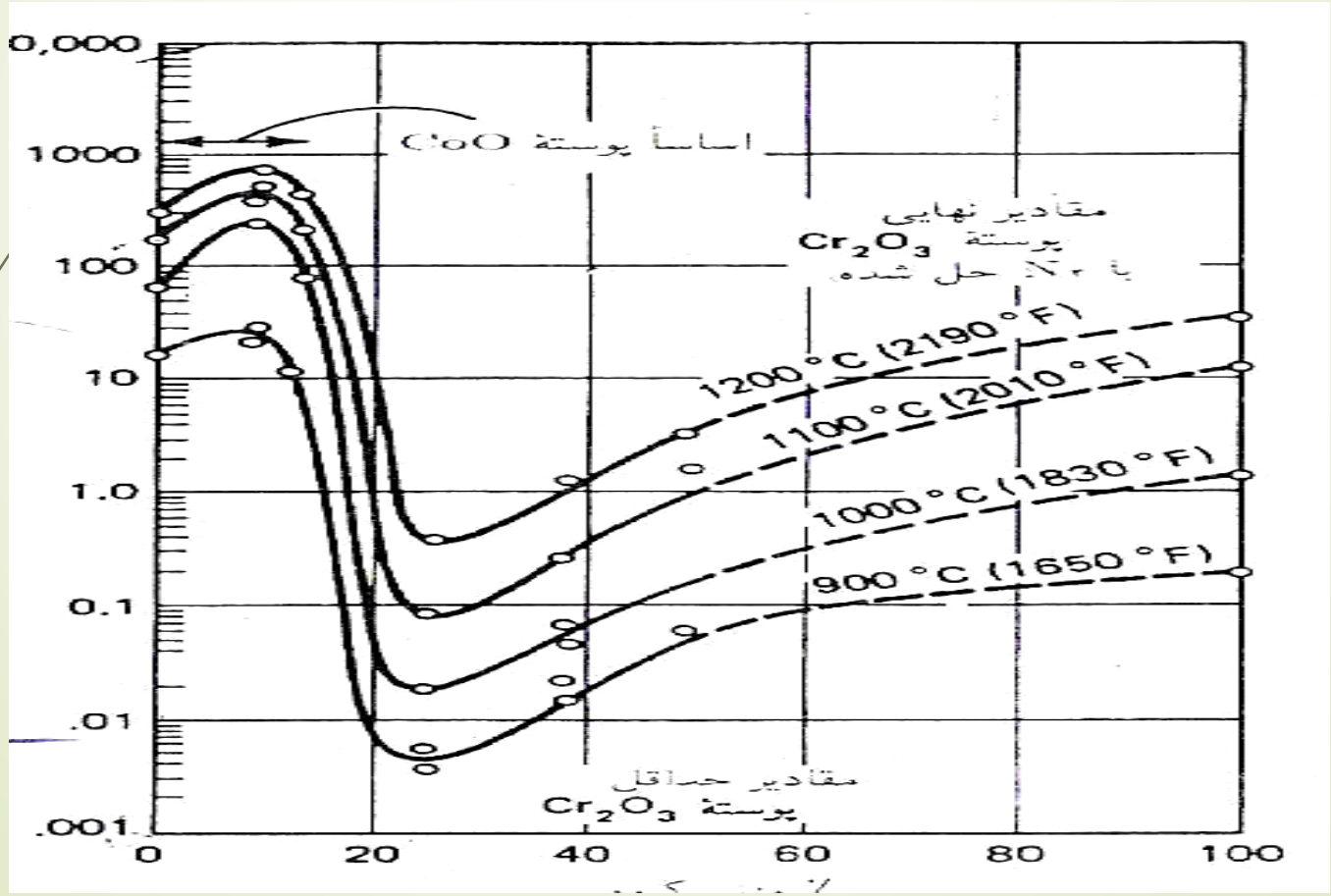
آلیاژهای پایه کبالت و سوپر آلیاژهای آن

خواص فیزیکی فلز کبالت

- نقطه ذوب کبالت 1495 C
- نقطه جوش ۲۸۷۰ C
- دانسیته ۸٫۹
- شعاع اتمی ۱٫۶۷
- شعاع یونی ۰٫۷۴۵ A
- کبالت در دماهای بالاتر از 427C بصورت FCC و در دمای پایین‌تر از آن بصورت HCP است.

اکسایش آلیاژهای کبالت

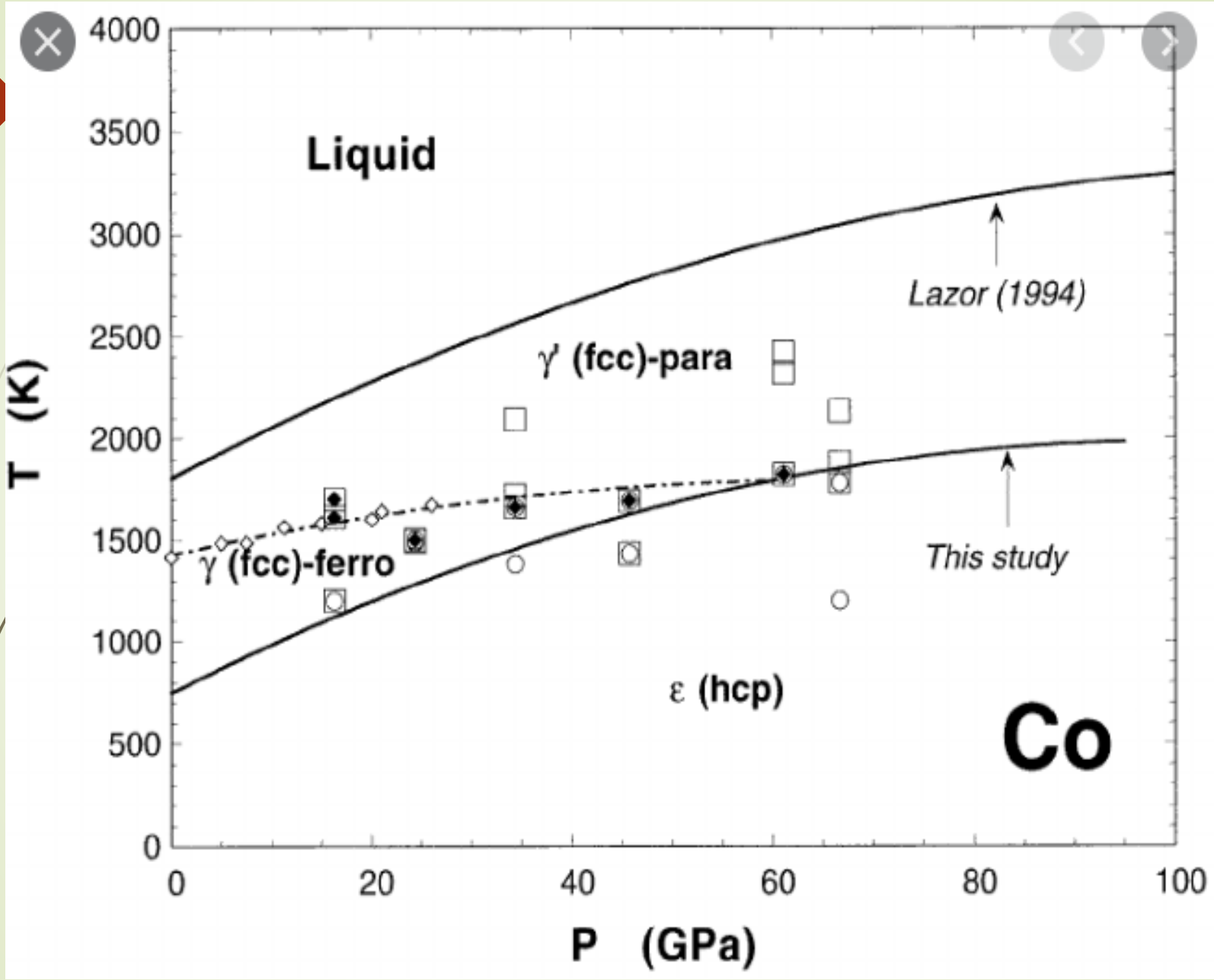
- همانند ابرآلیاژهای نیکل مهمترین عنصری که برای بهبود مقاومت کبالت در برابر اکسایش به آن اضافه می‌شود کروم است شکل زیر نشان می‌دهد که مقدار بحرانی کروم بین ۲۰ تا ۳۰٪ است. که در آن ثابت پوسته شدن برای اکسایش در مقایسه با کبالت خالص کاهش می‌یابد.



- آلیاژ CO-30Cr اساس بسیاری از آلیاژهای مورد استفاده در ساخت ابزارهای جراحی ودندانپزشکی است این آلیاژ در برابر خوردگی در 250 c بسیار مقاوم است تاثیر عناصر دیگر بر اکسایش و مقاومت در برابر خوردگی را باید بررسی کرد. آلیاژهای دو تایی CO-5Si و CO-10Al مقاومت خوبی در برابر اکسایش نشان می دهند و آلیاژ CO-Al خواصی بهتری از آلیاژ CO-Crدارد. درهر حال آلیاژهای دوتایی CO-Alدر دمای بالا استحکام کافی ندارند تا بتوان آنها را پایه ای برای ساخت آلیاژهای کبالت در نظر گرفت.
- آهن و نیکل بی‌تاثیرند ولی منگنز تمایل به پوسته شدن را افزایش می دهد. در برخی موارد مولیبدن، وانادیم و تنگستن مضرند. کروم در این آلیاژها نیز مانند آلیاژهای نیکل عنصر اصلی است.

استحاله آلوتروپیک در کبالت

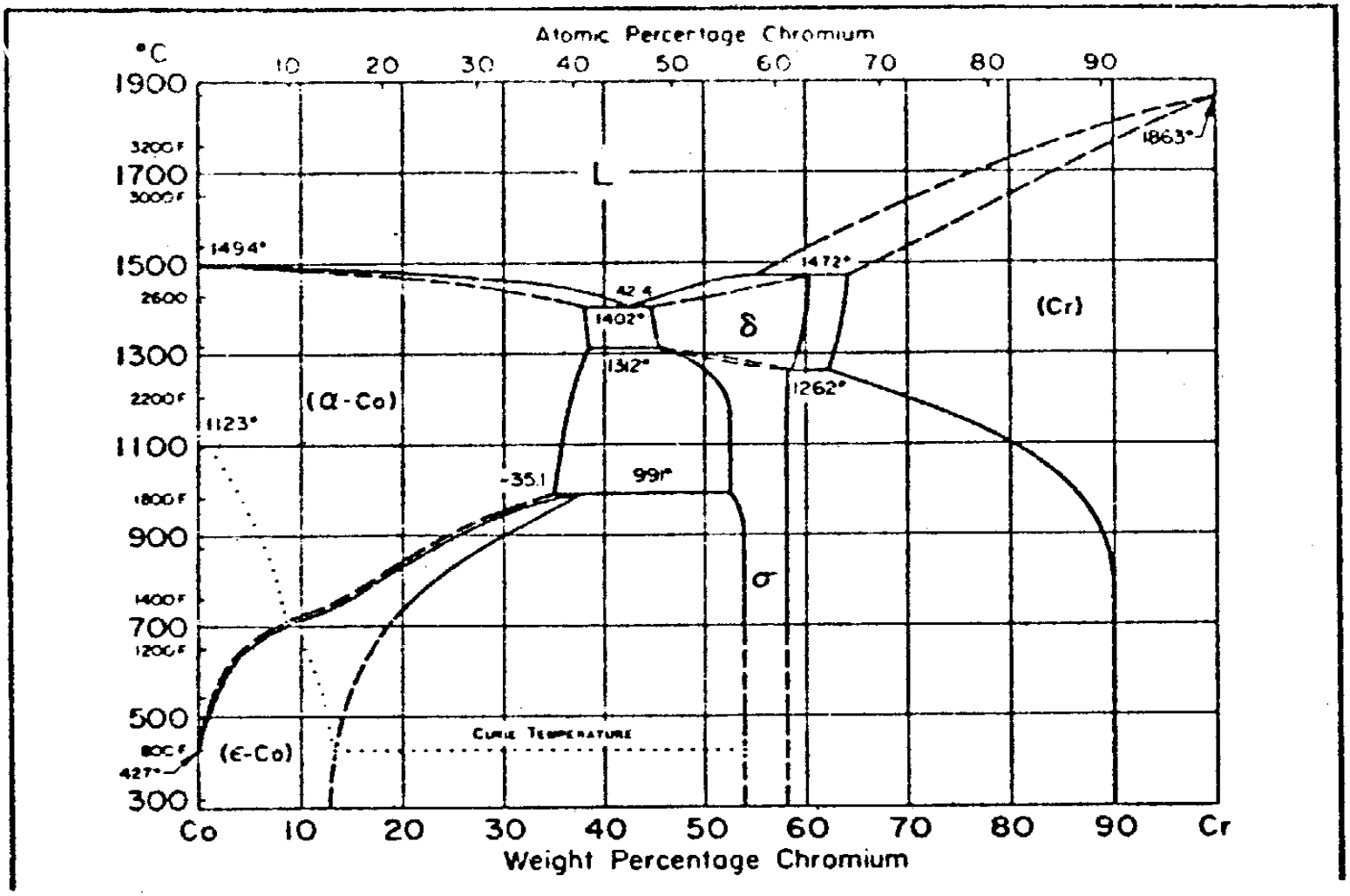
واکنش تبدیل فاز α به فاز ε اترمال بوده و درسیکل گرمایش دارای طبیعت برگشت پذیری است . در حین سرد کردن استحاله در درجه حرارت ۳۹۰ درجه سلسیوس اتفاق میافتد و با گرم کردن مجدد استحاله معکوس در درجه حرارت ٤٣٠ درجه سلسیوس به وقوع میپیوندد . عوامل متالورژیکی از قبیل اندازه دانه اولیه و خلوص مواد بر مقدار فاز Hcp تشکیل شده موثر بوده ، به طوریکه اگر دانه ها ریز و میزان ناخالصی ها زیاد باشد ، مقدار فاز Hcp تشکیل شده کمتر خواهد بود. از طرفی انجام کار سرد موجب افزایش مقدار فاز Hcp میشود .


Liquid
γ' (fcc)-para
γ (fcc)-ferro
ε (hcp)
Lazor (1994)
This study
Co
T (K)
P (GPa)
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
0
20
40
60
80
100

ساختار فازی آلیاژهای دو تایی پایه کبالت

سیستم دو تایی کبالت – کرم

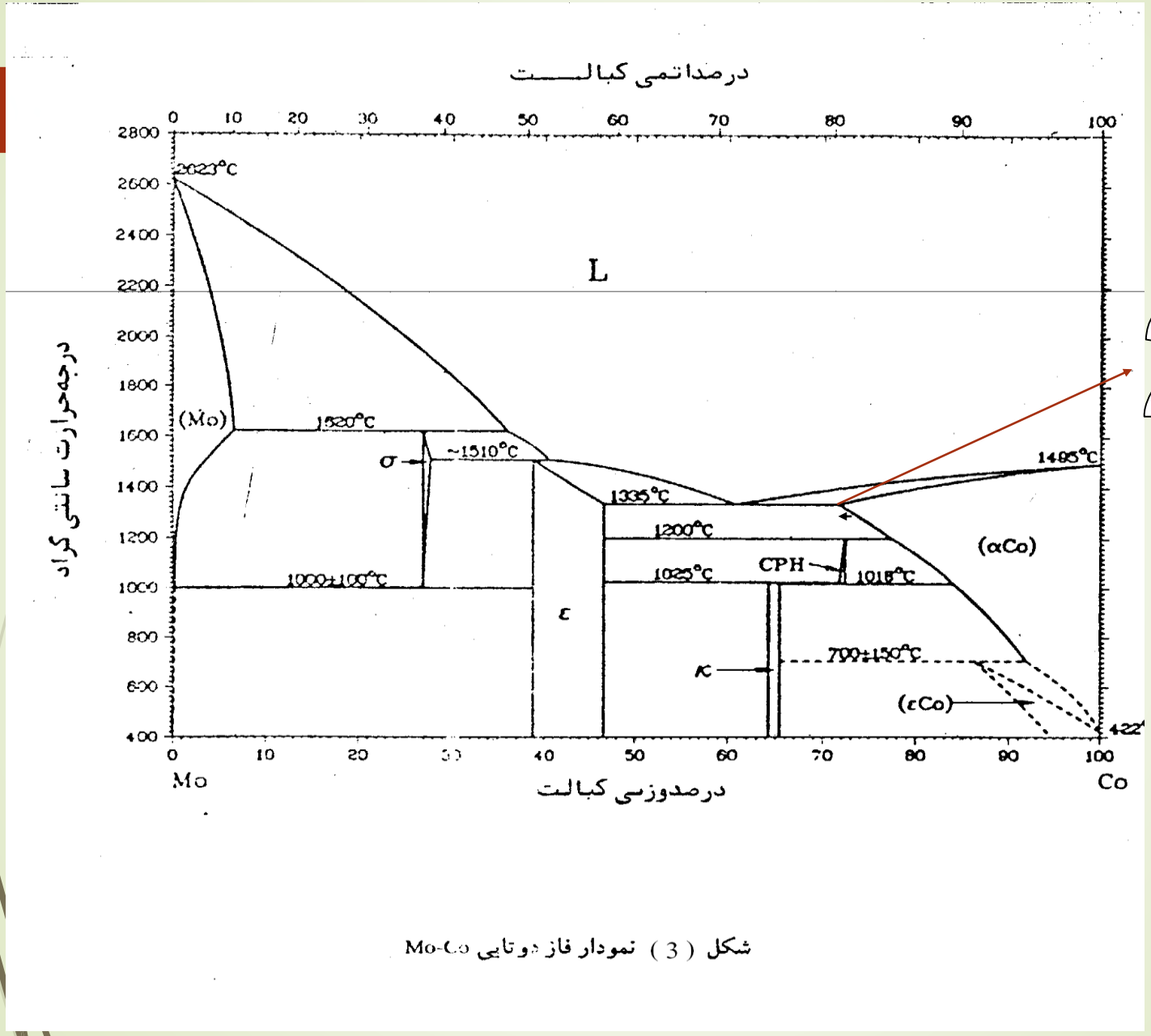
کرم عنصر آلیاژی اصلی در آلیاژ کبالت – کرم میباشد . ساختمان کریستالی کرم مکعبی مرکز دار (Bcc) میباشد که حلالیت آنرا در کبالت Fcc و Hcp محدود مینماید . طبق دیاگرام فاز دوتایی Co-Cr ارائه شده در شکل (۲) حلالیت کرم در فازهای α و ε در دمای ۷۰۰ درجه سلسیوس به ترتیب برابر ۲۰ و ۱۰ درصد وزنی میباشد . با افزایش دما حلالیت کرم افزایش یافته و در دمای ۹۹۱ درجه سلسیوس به ۳۵/۱ درصد در فاز α می رسد . حداکثر حلالیت کرم در فاز α در دمای ۱۳۱۲ درجه سلسیوس بدست می آید که معادل حدود ۳۹ درصد میباشد .



شکل (2) نمودار فاز دوتایی Co-Cr

سیستم دوتایی کبالت – مولیبدن

مولیبدن اثرات مشابهی بر ساختمان کبالت داشته و همانند کرم دامنه پایداری فاز α را باگسترده نمودن منطقه فاز ε کاهش میدهد (شکل ۳) حلالیت مولیبدن نیز به علت داشتن یک ساختمان کریستالی Bcc در کبالت محدود میباشد . ولی حلالیت آن با دما افزایش یافته و در دمای ۱۳۳۵ درجه سلسیوس به حداکثر مقدار خود یعنی ۲۸ درصد وزنی میرسد . فاز ε حلالیت کمتری برای مولیبدن نشان داده که در دمای پریتکتوید ۵۰ ± ۷۰۰ درجه سلسیوس به میزان حداکثر خود یعنی ۱٤ درصد وزنی میرسد .

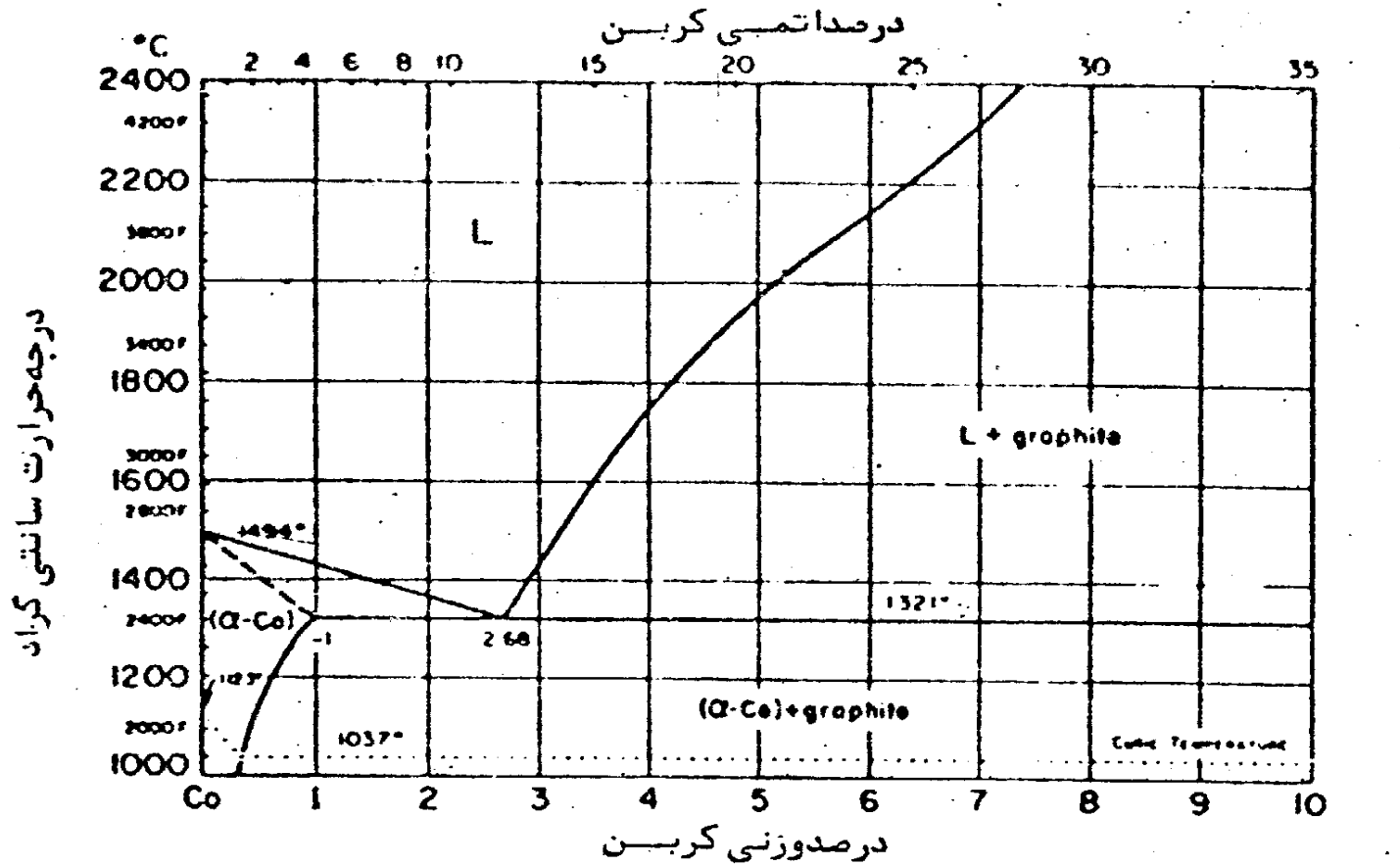


شکل (3) نمودار فاز دوتایی Mo-Co

28

سیستم دو تایی کبالت – کربن

قسمتی از نمودار فاز دوتایی Co-C در شکل (٤) نشان داده شده است . درجه حرارت ذوب با افزایش مقدار کربن کاهش یافته و در دمای ۱۳۲۱ درجه سلسیوس طی یک واکنش اتکتیک فاز α را که حداکثر یک درصد وزنی کربن به صورت محلول جامد بین نشینی در خود حفظ نموده ، بوجود میاورد . حلالیت کربن در فاز α با کاهش دما افت نموده و در دمای ۱۰۰۰ درجه سلسیوس به ۰/۳۵ درصد وزنی می رسد .



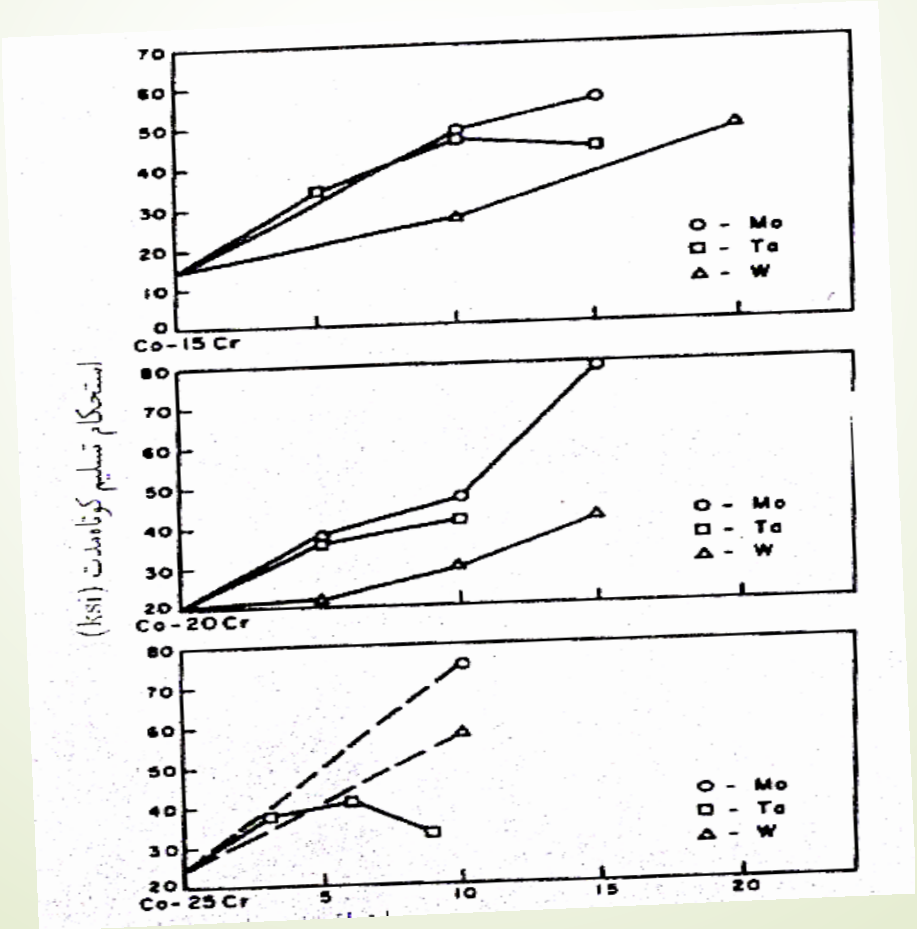
شکل (4) نمودار فاز دوتایی Co-C

استحکام بخشی آلیاژهای کبالت

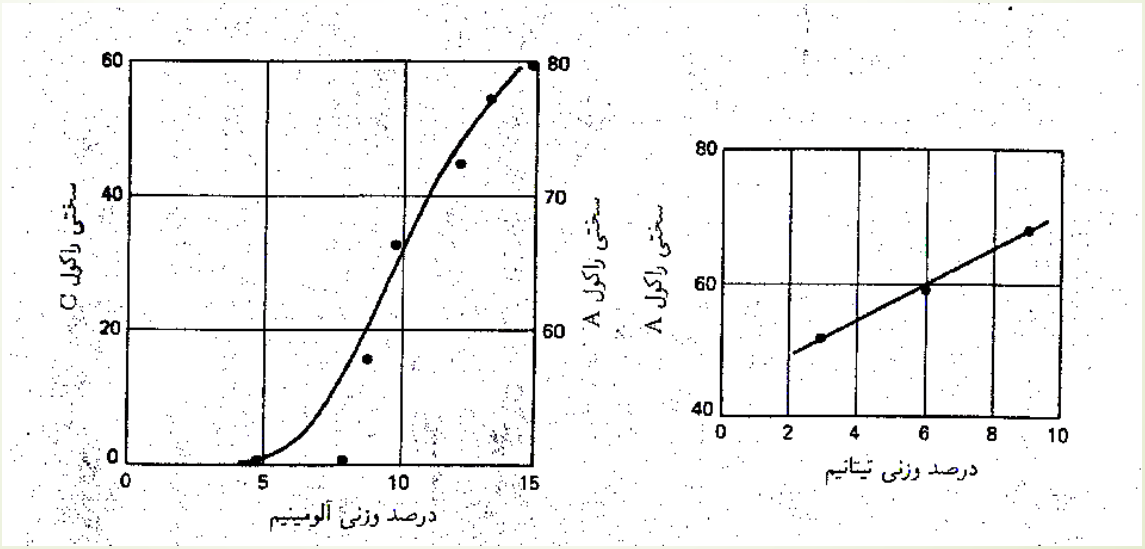
۱. استحکام بخشی محلول جامد
۲. رسوبگذاری γ'
۳. عیوب چیدن صفحه‌های اتمی
۴. تشکیل کاربید

١) استحکام بخشی محلول جامد:

W و Ta و Mo عناصر مناسبی در استحکام بخشی محلول جامد هستند. شکل زیر تاثیر شدید استحکام بخشی این عناصر را بر آلیاژهای سه تایی CO-Cr-x نشان می‌دهد.



- **۲)رسوبگذاری - γ:**
- اکنون امکان رسوب سختی آلیاژهای کبالت را بررسی میکنیم باتوجه به استحکام بخشی شدید آلیاژهای نیکل از طریق رسوب (γ -) Ni_3AL در آلیاژهای کبالت نیز عامل رسوب سختی رسوب Co AL و CO_3Ti می باشد



- **٣)عیوب چیدن صفحه‌های اتمی:** عیب در چیدن صفحه‌های اتمی در استحکام بخشی محلول جامد اهمیت دارد هر چه انرژی عیب در چیدن صفحه‌های اتمی بالاتر باشد آلیاژ مستحکم‌تر است.

- در کبالت خالص Fcc مقدار زیادی عیب در چیدن صفحه‌های اتمی مشاهده می‌شود حلالیت کروم در هر دو فاز Fcc و Hcp زیاد است و عیوب چیدن صفحه‌های اتمی در آلیاژهای CO-Cr به آسانی ایجاد می‌شوند. اضافه کردن عناصر آلیاژی به شدت بر انرژی عیب چیدن صفحه‌های اتمی تأثیر می‌گذارد مثلا نیکل Fcc ، ساختار Fcc را پایدار می‌کند و انرژی عیب چیدن صفحه‌های اتمی را افزایش می‌دهد بطوری که مقدار نابجایی ها کمتر می‌شود.
- ولی عناصر Bcc مانند MOوW انرژی عیب چیدن صفحه‌های اتمی را کاهش می‌دهند. از نظر تاثیر افزایش عناصر آلیاژی Ni و Fe اهمیت زیادی دارند زیرا حلالیت آنها در کبالت کاملا بالاست Fe نیز ساختار Fcc را پایدار می‌کند.

۴) تشکیل کاربید:

- در آلیاژهای کبالت به ترتیب آلیاژ انواع مختلف کاربید تشکیل می‌شود. مقدار عناصر آلیاژی برای تشکیل و توزیع مناسب کاربید و پایدار کردن آنها که بهترین خواص مخصوصا خواص خزشی دما بالا ایجاد می‌کند چون مقدار Cr در این آلیاژها معمولاً زیاد است یعنی بیشتر از ۲۰٪ است، M_7C_3 و M_3C_2 به ندرت دیده می‌شود ولی وجود Cr به تشکیل کاربید نوع M_{23} C کمک می‌کند. این کاربید مهمترین نوع کاربید است.

توزیع مطلوب کاربیدها توزیعی است که به حد کافی ظریف باشد تا باعث استحکام آلیاژ شود ولی مقدار کاربیدها آن قدر زیاد نباشد که داکتیل بودن را کاهش دهد (معمولاً مقدار کاربید را با محدود کردن مقدار کربن کنترل می کنند) معمولا سعی می شود که از تشکیل لایه‌های پیوسته یا نیم پیوسته کاربید جلوگیری شود. ضمنا در این آلیاژها حضور منگنز به عنوان عنصر آلیاژی باوجود گوگرد منجر به بروز Mns می‌شود که بصورت آخال نمایان می‌گردد.

سوپر آلیاژهای پایه کبالت

- بیشتر خواص فیزیکی کبالت شبیه به نیکل است مانند اندازه اتمی، نقطه ذوب و چگالی. با آلیاژ کردن کبالت با کروم، نیکل و تنگستن، کربن و سایر عناصر بتدریج سوپر آلیاژهای پیچیده توسعه پیداکرد.

ترکیب شیمیایی و کاربردهای خاص

- سوپر آلیاژهای پایه کبالت ازنظرشیمیایی نسبت به آلیاژهای پایه نیکل پیچیدگی کمتری دارند.سوپرآلیاژهای پایه کبالت ریخته شده دارای ترکیب حدود 0.1-%1C و-5 %10W و 20-%30Cr و50-%60Co می‌باشند. سوپر آلیاژهای پایه کبالت کار شده دارای حدود 40co% و مقدار بیشتری Ni (حدود ۲۰٪) برای کار پذیری می‌باشند همچنین سایر عناصر آلیاژی به آنها افزوده می شود.
- سوپر آلیاژهای پایه کبالت در برخی از قسمتهای توربین های صنعتی بکار می‌روند ، زیرا کمتر از آلیاژهای پایه نیکل در معرض خوردگی قرار می‌گیرند، اگرچه مقاومت اکسایشی آنها خوب نیست. همچنین از این آلیاژها در برخی موتورهای هواپیما استفاده می‌شود.

زمینه استنیتی:

- زمینه استنیتی بیشتر سوپر آلیاژهای کبالت تقریباً شامل %50Co و %25Cr است و بقیه آن نیکل و عناصر دیرگداز مثل تنگستن، تانتالیم، آهن و یا مولیبدن می باشند. آستینت سوپر آلیاژهای پایه کبالت ساختار FCC دارد.

کاربیدها:

درصد کربن آلیاژهای پایه کبالت نسبتاً بالاست(یعنی ۱/۰ تا ۱٪) به طور کلی سه نوع اساسی کاربید در سوپر آلیاژهای پایه کبالت وجود دارد:

کاربیدهای M23C6

کاربیدهای MC

کاربیدهای M6C

کاربیدهای سوپر آلیاژهای پایه کبالت را به روش‌های مختلف استحکام می‌بخشند.

اول : آنها(اساسا M23C6) در هر دو آلیاژ ریخته شده و کار شده در مرز دانه‌ها رسوب می‌کنند.

دوم : برخی از این ذرات کاربیدی در خطاهای چیدن رسوب می‌کنند.

چنین سدهایی از حرکت نابجایی ها شدیداً جلوگیری می‌کنند و بنابراین استحکام الیاژ افزایش می‌یابد. اما این رسوبها می توانند منجر به کاهش چشمگیر شکل پذیری شوند.

اثر عملیات گرمایی بر ریز ساختار

پیر کردن به مدت ۲۴ ساعت در 925Cباعث رسوب ذرات M23C6 می شود. MC هم رسوب می‌کند.

استحکام تنش – گسیختگی در دمای بالا

اصولاً آلیاژهای پایه کبالت در قطعاتی به کار می روند که در تنش پایین و دمای بالا طول عمر زیادی دارند مانند پروانه‌های توربین صنعتی.

نتیجه گیری

- آلیاژهای کبالت می‌توانند با آلیاژهای نیکل رقابت کنند ایجاد استحکام کافی در دمای بالا در این آلیاژها بر اساس استحکام بخشی محلول جامد و تشکیل ساختار کار بیدی پخش شده استوار است پخش مناسب کار بیدها از طریق افزایش کافی کربن مثلاً (۰/۳٪) وعناصر کاربیدزا مانندTi و Zrو از طریق انتخاب عملیات گرمایی مناسب انجام می‌شود. آلیاژهای کبالت هم به صورت کار شده و هم ریختگی قابل استفاده اند.