فلزات نسوز

فلزات نسوز W,Mo,Ta,Nb دارای دمای ذوب بالای استثنایی و در نتیجه دارای پتانسیل برای استفاده در دمای بالا می باشند.این فلزات استفاده گسترده ای در اجزای الکترونیک و هوا فضا دارند.

TABLE 13-1
Selected properties of some refractory metals

Metal	Symbol	Melting point, °C	Crystal structure	Atomic diameter, nm	Density, g/cm^3	Tensile modulus, GPa (ksi)	Cost (1991), $/lb
Niobium	Nb	2468	BCC	.2859	8.57	103(15)	32–35
Tantalum	Ta	2996	BCC	.2859	16.6	186(47)	130–140
Molybdenum	Mo	2620	BCC	.2725	10.22	324(47)	35–38
Tungsten	W	3380	BCC	.2734	19.3	344(50)	75
Rhenium	Re	3180	HCP		20.53	469(68)	

اکسیداسیون

فلزات نسوز بین ۲۰۰و ۴۲۵ شروع به اکسید شدن نموده و به سرعت آلوده و ترد می شوند.در نتیجه تمهیدات و مراقبت های ویژه ای به هنگام ریختگی ,کار گرم , جوشکاری و متالورژی پودر نیاز است . فلزات باید همچنین به هنگام استفاده در دمای بالا محافظت شوند.برلی مثال فیلامنت تنگستن در حباب لامپ باید با خلأ محافظت گردد.برای بعضی کاربرد ها فلزات با یک پوشش آلومیناید یا سیلیکات پوشش داده می شوند.

پوشش باید خصوصیات زیر را داشته باشد :

- دمای ذوب بالا داشته باشد.
- قابل رقابت با فلز نسوز باشد.
- یک مانع دیفوزیونی را بوجود آورده تا مانع آلودگی فلز زیر لایه شود.
- ضریب انبساط حرارتی مشابه با فلز نسوز داشته باشد.
- پوشش هایی مفید هستند که فلز را تا حدود ۱۶۵۰ درجه سانتیگراد محافظت نمایند.

ویژگی های فرم دادن

فلزات نسوزکه یک ساختمان BCC دارند یک دمای انتقال داکتیل به ترد را نشان می دهند.به علت آنکه دمای استحاله برای نیوبیوم و تانتالم زیر دمای اتاق است, این دو فلز می توانند به سهولت شکل داده شوند.اگرچه تنگستن ومولیبدن آنیل شده اساسا دارای یک انتقال بالای دمای اتاق بوده که موجب می شود آنها ترد شوند. خوشبختانه اگر این فلزات کار گرم شده تا یک ریز ساختارالیافی را بوجود آورد, دمای استحاله پایین آمده و ویژگی های شکل دادن به طور عمده اصلاح می گردد.

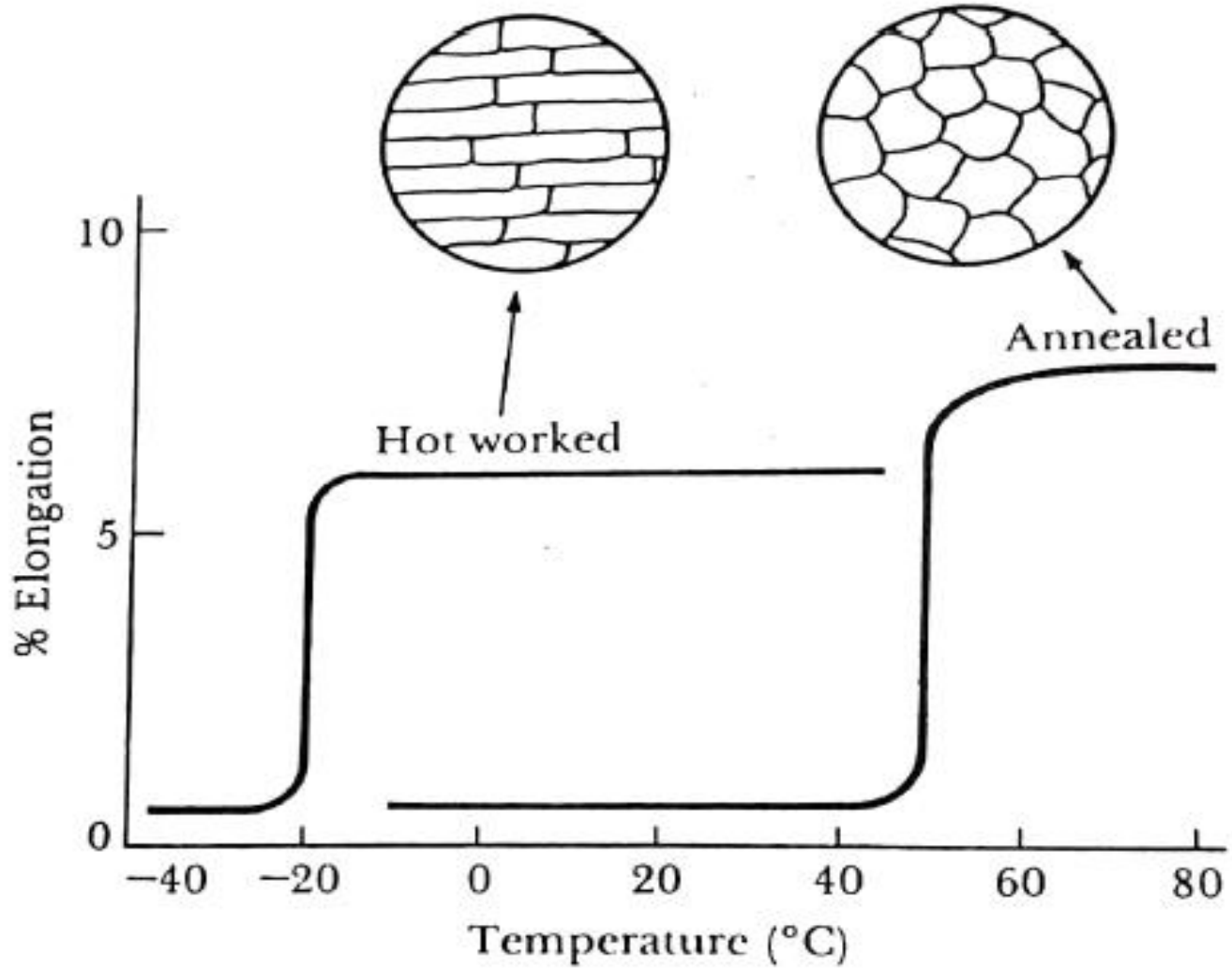

FIGURE 13-21 The effect of temperature on the ductility of tungsten. Deformation reduces the transition temperature to below room temperature.

آلیاژسازی

افزایش قابل ملاحظه ای در خواص مکانیکی در هر دو دمای اتاق و دمای بالا با آلیاژسازی بدست می آید.اگرچه تعداد محدودی از آلیاژها برای هر فلز مفید و یا در دسترس بوده و عناصر آلیاژی کاملا نا مشخص می باشند.این آلیاژها نوعااستحکام محلول جامد دارند.در حقیقت تنگستن و Mo یک سری کامل از محلول های جامد را شبیه به Cu و Ni تشکیل می دهند.بعضی آلیاژها مثل تنگستن_۲٪توریا(w_2%Tho) با پخش ذرات اکسیدی به هنگام ساخت آن ها توسط فرآیند متالورژی پودر مستحکم می گردند.

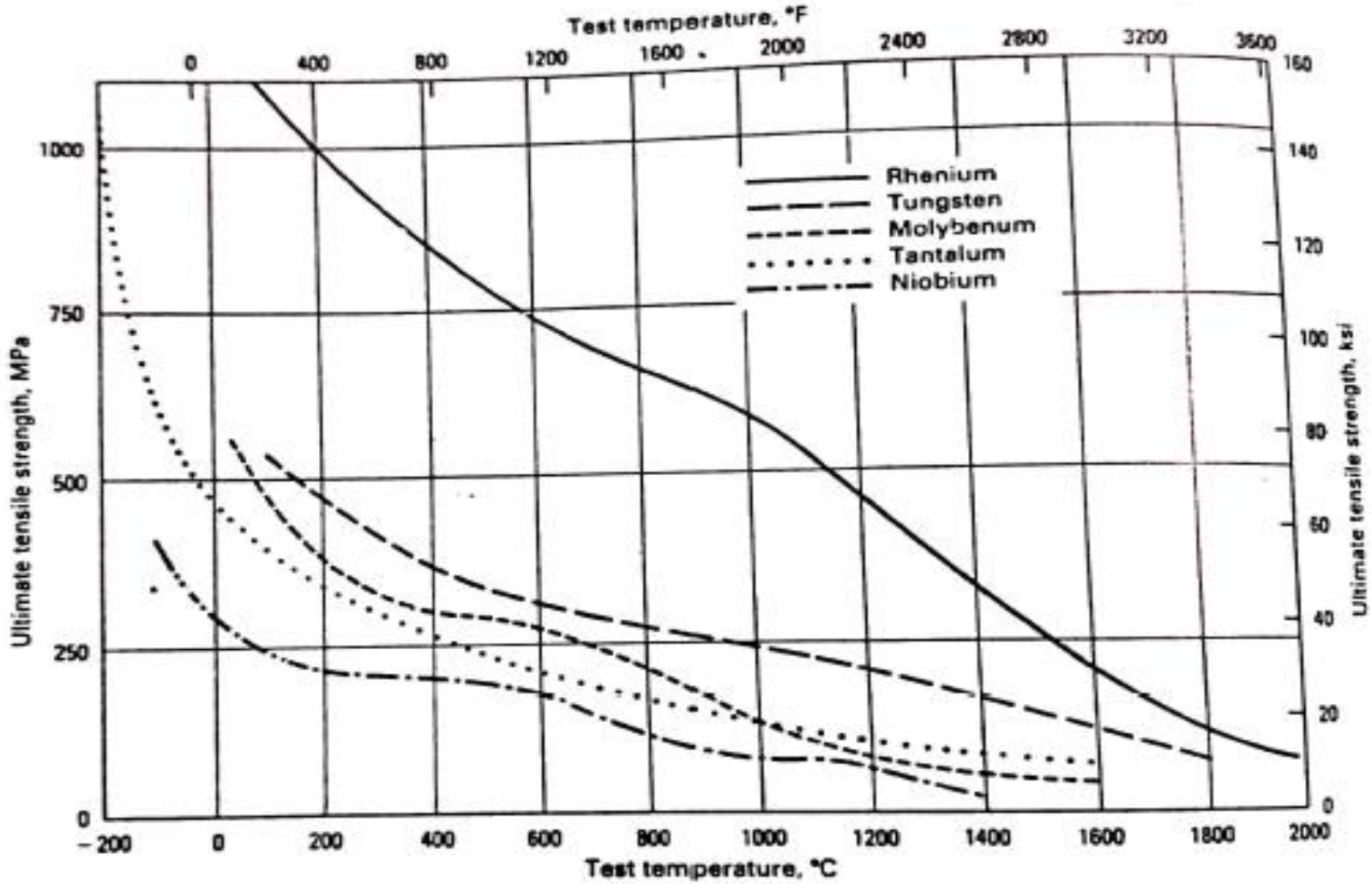

FIGURE 13-1
Test temperature versus ultimate tensile strength for pure refractory metals. (*After Metals Handbook, 10th ed., vol. 2, ASM International, 1990.*)

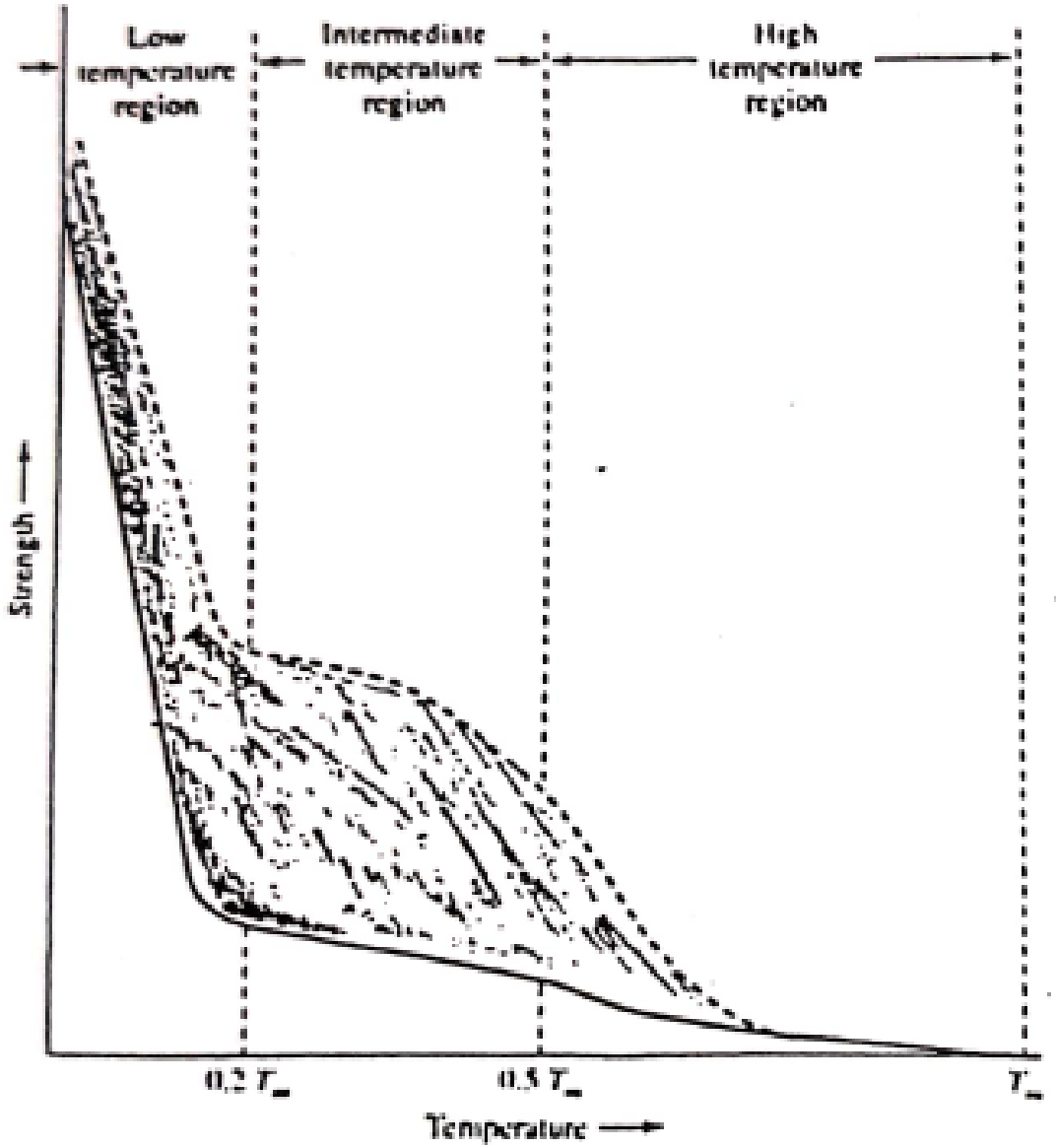

Figure 17.1 Schematic diagram showing effect of temperature on strength of bcc refractory metals (T_m = temperature of melting point). The shaded area represents the range of strengths depending on the purity of the metal, its grain size, and the strain rate of testing.

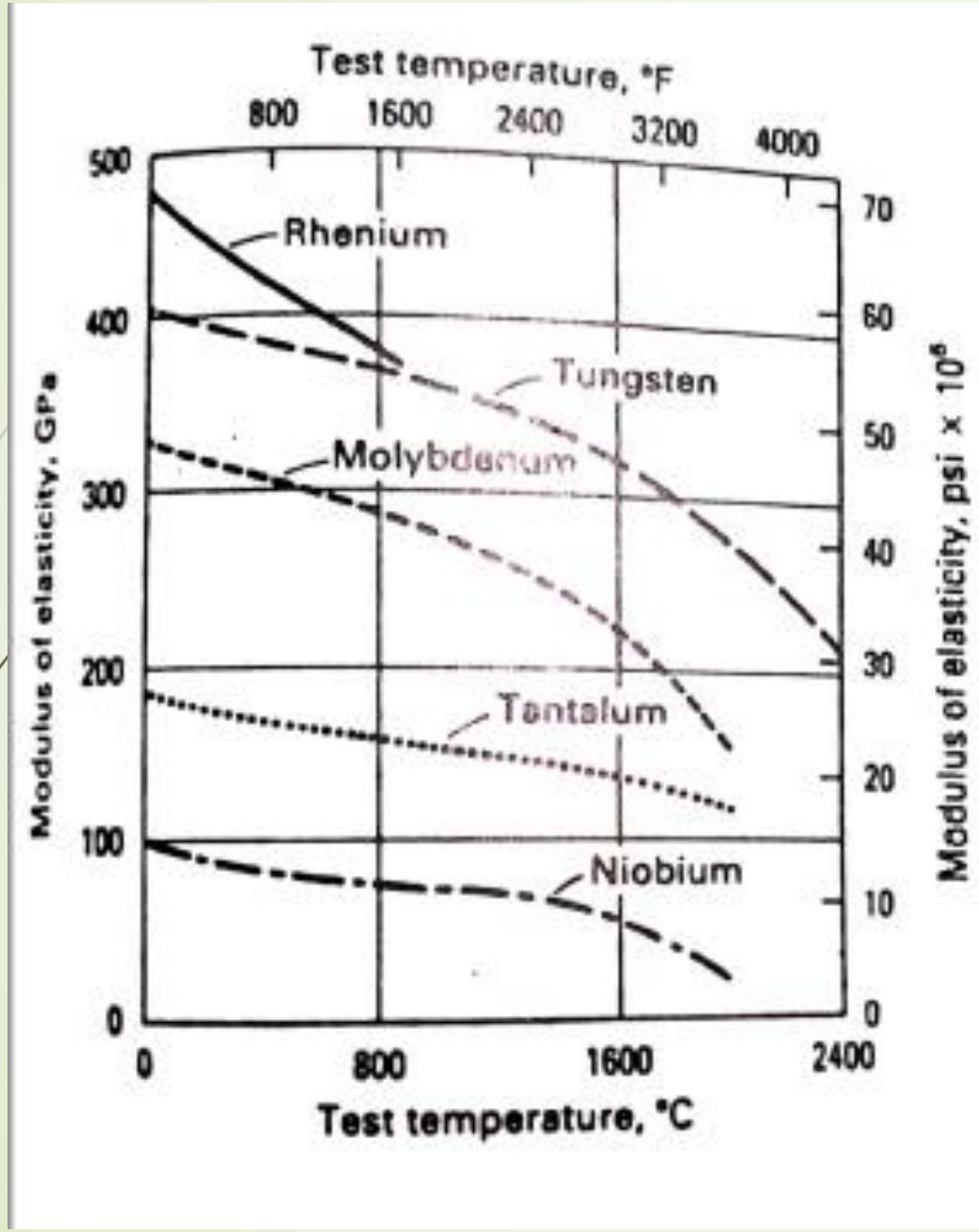

FIGURE 13-2
Effect of temperature on the modulus of elasticity of pure refractory metals. (*After Metals Handbook, 10th ed., vol. 2, ASM International, 1990.*)

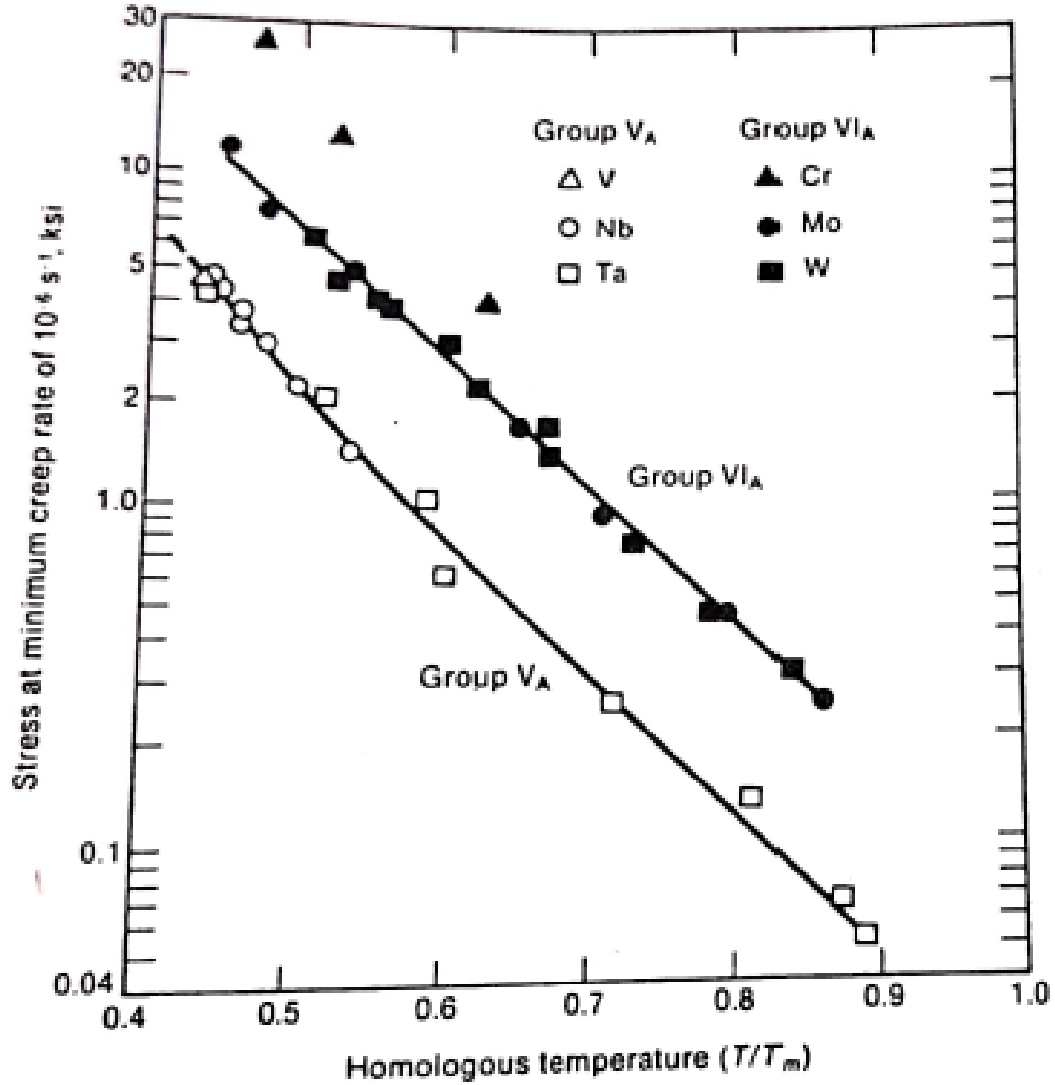

FIGURE 13-3
Creep strength of refractory metals as a function of their temperature-to-melting temperature (in K) ratio. [*After J. L. Walter et al. (eds.), "Alloying," ASM International p. 422, 1988.*]

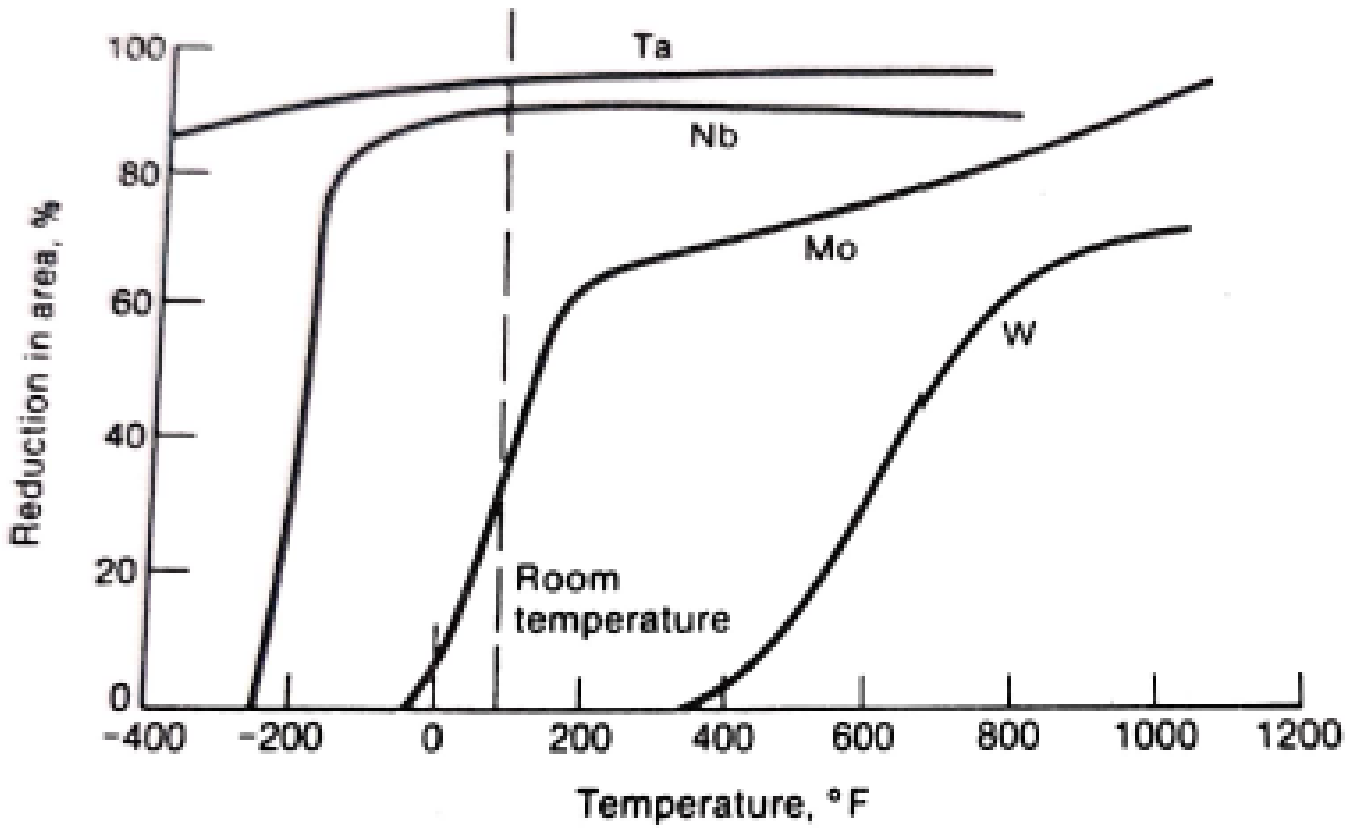

FIGURE 13-4
Ductile-to brittle fracture transition temperature for recrystallized polycrystalline refractory r
[*After J. L. Walter et al. (eds.), "Alloying," ASM International, p. 422, 1988.*]

تانتالیم

در طبیعت با نیوبیوم درسنگ معدن تانتالیت و کلومبیت یافت می شود.تانتالیم دارای نقطه ذوب ۲۹۹۶ درجه سانتیگراد است که فقط کمتر از تنگستن می باشد. وقتی تانتالیم تقریبا خالص باشد تا دماهای هلیوم مایع داکتیل باقی می ماند.

تنگستن

بالاترین نقطه ذوب وبالاترین مدول الاستیک و کمترین فشار بخار در دمای بالا رادارد. یکی از متراکم ترین فلزات می باشدکه برای بیشتر کاربردهای ساختمانی عیب است. به عنوان فیلامنت در صنایع الکترونیک ,سیم برای الکترود های جوشکاری و تشکیل کاربید در ابزار برش کاربرد دارد.
ورق های W می تواند با نورد سرد در سایز های میکرو بوجود آیند.

نیوبیوم

دارای نقطه ذوب بالا که فقط کمتر از Mo,Ta,W می باشد.مجاز به عملیات کار سرد بوده که در فرآیند های ساخت مورد استفاده قرار می گیرد.همسو با دیگر فلزات نسوز , نیوبیوم و آلیاژهای آن تمایل به اکسید شدن در هوا در دماهای بالا دارند و این یک عیب جدی برای کاربری آنها می باشد.

مشکل اساسی نیوبیوم

یک سری کامل از اکسید های نیوبیوم ممکن است در معرض هوا در دماهای بالا تشکیل شود.مانند NbO_x ,NbO_2,Nb_2O_5

وانادیم

یک فلز نسبتا کمیاب و گران است.
با یک نقطه ذوب حدود ۴۰۰ درجه بالاتر از آهن
v برای کار در دمای بالا جاذبه کمتری نسبت به سایر فلزات با نقطه ذوب بالا دارد.

خصوصیات فلز خالص:

- نسبتا داکتیل بوده
- کار سختی محسوسی ندارد
- می تواند به آسانی در دمای اتاق کار شود
- اگرچه از آنجا که به سرعت در دمای بالا اکسید می شود باید به هنگام کار گرم محافظت شود.
- استفاده اصلی آن به شکل فویل بوده
- به عنوان یک عضو ساختمانی در راکتور های هسته ای کاربرد دارد.

برلیم

سبک تر از Al می باشند با دانسیته ۱٫۸۴ مگاپاسکال بر متر مکعب . با این وجود صلب تر از فولاد با مدول الاستیسیته ۲۹۴ گیگا پاسکال می باشد.دارای استحکام به وزن بالا بوده و هردوی استحکام و صلبیت را تا دمای بالا حفظ می کند.کاربرد های هسته ای و فضایی نشان می دهد که برلیم یک ماده مهندسی عالی و با پتانسیل بالا می باشد.

متاسفانه برلیم گران , ترد, واکنش دهنده و سمی می باشد. دارای ساختمان Hcp بوده و داکتیلیته محدود دردمای اتاق دارد. وقتی در معرض اتمسفر در دمای بالا قرار می گیرد , به سرعت به BeO اکسید می شود که سمی می باشد.در نتیجه از تکنیک های ساخت مخصوصی مثل ریخته گری در خلأ,آهنگری در خلأ و متالورژی پودر باید استفاده شود .

فصل دوم : اینترمتالیک ها Ni_3Al

اینترمتالیک Ni_3Al

در این قسمت فاز منظم Ni_3Al موسوم به ’γ به طور اخص از منظر نحوه آلیاژسازی آن و پیش بینی احتمال ناپایداری فازی آن مورد توجه قرار خواهد گرفت. اولین آلیاژهای دمای بالا مبتنی بر اصلاح جزیی فولادهای زنگ نزن آستنیتی بوده است. چنین آلیاژهایی به تدریج با افزودن Al, Cr و Z افزایش مقاومت به خوردگی و اکسایش کامل تر شدند. افزایش Al و Ti مزایای غیر منتظره ای نظیر افزایش مقاومت خزشی در دماهای بالا را نیز به همراه داشت و اکنون به خوبی درک شده است که رسوب فازهای منظم Ni_3Al در زمینه آستنیت دلیل اصلی استحکام در دمای بالای چنین آلیاژهایی می باشد. بعدها آهن توسط افزودنی های Ni و Co جایگزین گردید تا استحکام خزشی و مقاومت به اکسایش باز هم افزایش بیشتری بیابند.

استفاده از مولیبدن، نیکل، تنگستن، تانتالیم علاوه بر کنترل تولید کاربید در مرزدانه ها منجر به استحکام بخشی از طریق محلول های جامد در هر دو فاز نامنظم γ و منظم γ’ یا Ni_3Al گردید.امروزه نیاز به ابرآلیاژها اصولا به خاطر مقاومت اکسایشی و استحکام در دمای بالای آنها می باشد . حال آنکه استحکام در دمای بالای قابل ملاحظه آنها ناشی از حضور فاز هم سیما و منظم Ni_3Al در داخل محلول جامد نامنظم γ می باشد.

توزیع افزودنی های آلیاژی در γ-γ’ :

فلزات دیرگداز مانند وانادیوم، کروم، مولیبدن، تنگستن و رنیم در زمینه محلول جامد γ به طور ترجیحی جدایش میابند. فلزات شامل Fe و Co در هر دو فاز γ و γ‘ اتفاق می افتد ولی تمایل آنها برای حلالیت در ذرات γ‘ بیشتر است. Al و Ti به همراه Nb و Ta به شدت در فاز منظم γ‘ جدایش می نمایند. سایر عناصر آلیاژی مصرفی مانند بور، کربن، هافنیم و زیرکونیوم نیز صرفا برای پایداری رسوبات مرزدانه استفاده شده و در γ‘ دارای حلالیت کمی می باشند.

Ti و Ni نیز فاز منظم Ni_3Ti را تشکیل می دهد. به همین علت Ti دارای قابلیت حلالیت زیادی در ’γ بوده، جایگزین اتم های Al شده و مشابه Al عنصری موثر برای رسوبدهی فاز اولیه ’γ می باشد. وانادیوم، Nb و Ta نیز در ابتدا جایگزین Al شده و بر اثر انحلال در ’γ به عنوان مستحکم کننده این رسوبات عمل می نمایند.

بررسی نردیک مرز فاز Ni/Ni_3Al نشان می دهد که حلالیت Al در محلول جامد نیکل با افزایش دما زیاد می شود. بنابراین با انجام عملیات حرارتی در دماهای تا حد امکان پایین تر یعنی با انحلال کمتر Al در زمینه رسوبات ریزتر ’γ در زمینه تشکیل خواهد شد. واژه ریزساختارهای دوتایی و سه تایی به ترتیب به حضور دو و سه اندازه کاملا متفاوت از رسوبات ’γ در زمینه اطلاق می گردد.

رسوبات بزرگ برای افزایش مقاومت به خزش مفید بوده در حالیکه رسوبات ریز به نحو بهتری لغزش صفحه ای را متفرق ساخته و خواص تسلیم و خستگی را افزایش می دهد.

استحکام در دمای بالا در آلیاژها را نمی توان به تنهایی از روی خواص فاز ɣ و یا از روی خواص فاز ɣ’ توضیح داد. بلکه باید از روی تعامل بسیار نزدیک دو فاز به خاطر طبیعت همسیمای فصل مشترک آن دو تبیین نمود. بنابراین استحکام کششی و خزشی ناشی از اثر مشترک هر دو فاز می باشد.

آلومیناید نیکل با فرمول Ni_3Al موسوم به فاز ’γ مهمترین مولفه ساختاری موجود در ابرآلیاژهای نیکلی تجاری است که به طور گسترده ای به عنوان مواد ساختاری در دماهای بالای به کار گرفته می شود. فاز ’γ عامل اصلی در استحکام دمای بالا و مقاومت به خزش در ابرآلیاژها می باشد.
آلیاژهای Ni_3Al عموما مقاوم به اکسایش در هوا بوده که این مقاومت نتیجه قابلیت آنها در تشکیل پوسته های اکسید سطحی چسبنده است که فلز پایه را از خوردگی های شدید محافظت می نماید. Ni_3Al اولین ترکیب بین فلزی است که به ازای افزودن Al به Ni تشکیل می شود. این آلومیناید تا زیر دمای یوتکتیک ۲۹۵° دارای ساختار بلوری منظم می باشد.واحد شبکه آن حاوی ۴ اتم است که ۳ اتم نیکل مراکز سطوح را اشغال نموده و یک اتم آلومینیوم نیز در ریوس شبکه بلوری قرار گرفته است.

شکست مرزدانه ای و اثر بور در چند بلوری Ni_3Al:

Ni_3Al دارای سامانه لغزشی <۱۱۰> {۱۱۱} بوده و حاوی سامانه های لغزشی کافی جهت تغییر شکل مومسان (پلاستیک) زیاد می باشد. یک بلور (تک بلور) Ni_3Al بسیار انعطاف پذیر بوده ولی در عوض چند بلوری Ni_3Al در دمای محیط بسیار ترد است. منشا این تردی در مرزدانه ها می باشد. در بسیاری از فلزات و آلیاژها شکست مرزدانه ای ترد و توأم با جدایش شدید ناخالصی های مضر مثل گوگرد، فسفر، اکسیژن در مرزدانه ها می باشد که نهایتا منجر به تردی می گردد.

تردی ناشی از محیط به عنوان عامل اصلی در تردی مرزدانه:

آلومینایدها در هوا صرفا دارای ازدیاد طولی برابر با ۲٫۵-۲٫۶% هستند، در صورتی که این مقدار در محیط اکسیژن خشک برابر ۷٫۲-۸٫۲% می باشد که مبین افزایش انعطاف پذیری با ضریب ۳ می باشد. این نتایج به وضوح نشان می دهد که آلیاژهای Ni_3Al در دمای محیط مستعد به تردی محیط هستند. بنابراین عامل خارجی یعنی تردی محیطی علت اصلی در انعطاف پذیری کم و شکست بین دانه ای ترد در آلیاژهای Ni_3Al می باشد.

عنصر بور در محیط هوا و دمای محیط به عنوان مهمترین عامل مؤثر در بهبودانعطاف پذیری کششی آلیاژهای چند بلوری Ni_3Al با کمتر از ۲۵% اتمی آلومینیوم می باشد.ریزآلیاژی کردن با بور به شدت انعطاف پذیری را افزایش داده و به طور مؤثری از شکست مرزدانه جلوگیری می نماید . به نحوی که می توان با ریزآلیاژی کردن Ni_3Al توسط ۱% بور به انعطاف_ پذیری کششی تا بیش از ۵۰% در محیط هوا نایل گردد.

تردی محیطی در دمای بالا:

محیط آزمایش نه تنها در دمای محیط بلکه در دماهای بالا نیز بر انعطاف پذیری و شکست چند بلوری Ni_3Al اثر می گذارد. تردی در دمای محیط در ارتباط با هیدروژن تولیدی حاصل از واکنش رطوبت هوا با اتم های آلومینیوم موجود در Ni_3Al می باشد. ولی عامل تردی در دمای بالا اکسیژن است که در مرزدانه ها نفوذ کرده و موجب شکست ترد مرزدانه ای می گردد.

اثر آلیاژ سازی و طراحی آلیاژ

خواص مکانیکی Ni_3Al به شدت بستگی به انحراف از ترکیب موازنه ای و عنصر سوم آلیاژ ی موجود دارد.این آلومیناید می تواند مقدار قابل توجهی از عناصر آلیاژی را بدون تشکیل فاز ثانویه در خود حل نماید.رفتار تغییر شکل و شکست آلیاژ نیز به شدت تحت تاثیر آلیاژی کردن آن می باشد.توانایی اشغال مکان های شبکه(فضاهای اکتا و تترا) ,عامل کلیدی در تعیین حد حلالیت عناصر سوم آلیاژی در Ni_3Al با ساختار منظم می باشد.

عناصر محلول در Ni_3Al می توانند به ۳ دسته تقسیم بندی شوند:

- عناصر سیلیسیم, ژرمانیوم , تیتانیوم , وانادیم , روی , تانتالم , مولیبدن ,تنگستن ,قلع و آنتیموان تقریبا به طوراختصاری مکان های Al درشبکه را اشغال می نمایند.
- مس , کبالت و پلاتین جایگزین نیکل در شبکه می باشند.
- کروم , منگنز و آهن جایگزین مکان های اتمی هردو عنصر در شبکه می گردد.

طراحی آلیاژ برای آلیاژ چند بلوری Ni_3Al

خواص مکانیکی و متالورژیکی Ni_3Al را می توان با عناصر آلیاژی بهبود بخشید.تلاش های سال های اخیر برلی طراحی آلیاژ منحصر به توسعه آلیاژهای پایه Ni_3Al با محدوده ترکیبی زیر برای کاربری ساختاری در دماهای بالا در محیط های خورنده شده است.

نیکل_آلومینیوم(۱۴_۱۸٪)_کروم(۶_۹٪)_مولیبدن(۱_۴ %)_زیرکونیم(۰٫۵_۱٫۵٪) و هافنیم_بور :
در این آلیاژهای آلومینایدی ,کروم در حد ۶ تا ۹ درصد برای کاهش تردی در محیط اکسایشی و دمای بالا اضافه می شود Zr.و Hf مؤثرترین عامل در بهبود استحکام دمای بالا از طریق اثر سخت گردانی محلول جامد می باشد.افزودنی Mo برای بهبود خواص در دمای محیط ودمای بالا به کار گرفته می شود.

ریزآلیاژی کردن با بور,تردی هیدروژنی ناشی از رطوبت را کاهش داده, استحکام مرزدانه ها را زیاد نموده وانعطاف پذیری دردمای محیط را به شدت افزایش می دهد . در برخی مواقع مقدار متوسطی از کبالت و آهن به ترتیب برای جایگزینی آنها به جای اتم های نیکل و اتم های آلومینیوم استفاده می شود تا موجب سخت شدن و مقاومت به خوردگی بیشتر در آلیاژ شود.

طراحی آلیاژ های تک بلور و آلیاژهای با انجماد جهت دار :

آلیاژهای چند بلوری Ni_3Al دقیقا مشابه با ابر آلیاژهای نیکلی به علت مشکل لغزش مرز دانه دردماهای بالا مقاومت زیادی به خزش ندارند.روش مؤثر جهت کاهش ضعف مرزدانه تولید ماده تک بلور یا ماده با ساختمان دانه های ستونی توسط انجماد جهت دار می باشد.اثرات موازنه ای بودن ترکیبات آلیاژو حضور عنصر سوم آلیاژی بر خواص خزشی در تک بلور آلیاژهای تکفاز Ni_3Al نشان می دهد که آلیاژهای حاوی Hf و Ti و Cr اغلب منحنی خزش معکوسی را از خود ارایه می دهند.بدین معنا که در مرحله خزش اولیه دارای نرخ های پلیین بوده و به دنبال آن تغییر شکل خزشی شتاب می گیرد.

ذوب و ریخته گری آلیاژ :

آلیاژهای پایه Ni_3Al حاوی نیکل , ۱۴_۱۸٪ آلومینیوم, ۶_۹٪ کروم, ۰_۰٫۴ % مولیبدن و Hf را می توان با ذوب القایی در هوا ,ذوب قوسی در محیط خنثی , ذوب با اشعه الکترونی در خلأ تهیه نمود.به علت غلظت بالای Al مذاب ,این آلیاژها قابلیت تشکیل لایه محافظ سطحی از اکسید Al جهت کاهش آلودگی توسط اکسیژن تا کمتر از ۵۰ ppm وزنی را در هوا دارا می باشد. طی ذوب القایی درهوا بازیابی Cr,Zr بوده ومیزان بازیابی برای آلومینیوم ۹۵٪ می باشد.آلیاژهای Ni_3Al با به کارگیری از بوته ها و قالب های ZrO, Al_2O_3 ویا گرافیتی بطورتجاری با موفقیت ذوب می شوند.

تولیدسردوگرم :

شمش های ریختگی آلیاژ Ni_3Alانعطاف پذیری خوبی را در دمای محیط بروز می دهد ولی انعطاف پذیری گرم آن ها حساس به ترکیب آلیاژ, اندازه دانه و دمای آزمایش می باشد.بطورکلی انعطاف پذیری گرم با کاهش غلظت Zr و اصلاح دانه بندی ساختار را افزایش می یابد.آلیاژ Ni_3Alحاوی کمتر از ۰٫۳٪ اتمی Zr را می توان در حوالی ۱۰۵۰ تا ۱۱۵۰ درجه با موفقیت فورج گرم نمود.تولید ورق توسط نورد گرم امکان پذیر است ولی برای آلیاژ با Zr که راحت نیست .

استفاده از اکسترود گرم در دماهای ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد برای تولید قطعاتی از آلیاژ های Ni_3Al حاوی کمتر از ۰/۵ زیرکونیوم نیز امکان پذیر می باشد.به علت رفتار ابر مومسانی این آلیاژها در بالای ۹۰۰ درجه فورج هم دما با نرخ های کرنش کنترل شده موجب فراهم آمدن امکان فوق العاده ای جهت تولید گرم آلیاژهای ریز دانه Ni_3Al می گردد. حداکثر ازدیاد طول نسبی برای آلیاژ ریزدانه JC_218 آزمایش شده تحت دمای ۱۱۰۰ درجه برابر ۶۳۸٪ می باشد.

متالورژی پودر :

پودر آلیاژ Ni_3Al را می توان توسط ذره سازی توسط گاز Ar , N2 تولید نمود.سپس پودر ها داخل ورق های فولادی قرار گرفته ودر دمای ۱۱۰۰ _۱۲۰۰ درجه به صورت گرم اکسترود می شوند.

جوشکاری و اتصال :

آلیاژهای پایه Ni_3Al به ترک جوشکاری حساس می باشند.البته اگر جوشکاری به دقت انجام شود می توان جوش های سالمی را در اغلب آلیاژ بدست آورد.در این شرایط سرعت جوشکاری باید کم انتخاب شود و مقداربور زیر ۰/۱ % باشد تا بتوان ازبروزترک گرم جلوگیری کرد.

کاربرد های ساختاری :

جذابیت صنعتی آلیاژهای پایه Ni_3Al بسیار زیاد می باشد.این استقبال به این علت است که این آلیاژها دارای استحکام بالا, مقاومت به خوردگی و اکسایش در دمای بالا و نیز چگالی نسبتا کمتری در مقایسه با سوپر آلیاژهای نیکلی دمای بالا می باشد.

اینتر متالیک Ni-Al

آلیاژ Ni-Al

محدودیت

a) چقرمگی ضعیف
b) ضعف در مقابل آسیب دیدگی ها در دمای محیط
c) استحکام و مقاومت خزشی نامطلوب در دمای بالا

ویژگی ها

a) نقطه ذوب بالا
b) چگالی پایین
c) مقاومت محیطی خوب
d) هدایت حرارتی بالا
e) مدول قابل ملاحظه
f) خواص شبه فلزی در بالای میانگین دمای گذر شکست نرم به ترد
g) مواد اولیه ارزان

روش های تولید

- ذوب
- پودر
- شکل دادن

خواص فیزیکی و مکانیکی

- استفاده در موتورهای توربین گازی نیازمند موازنه میان خواص مختلف ماده
- ساختار بلوری منظم مکعبی CsCl(B2)
- حاوی دو سلول ساده مکعب که در یکدیگر فرو رفته اند

Al:رئوس مکعب زیر شبکه اول

Ni:رئوس مکعب زیر شبکه دوم

در دمای >0.65Tm:ساختار بیش از حد منظم

(ضریب بی نظمی <۰/۰۵)

حتی در صورت انحراف از ترکیب موازنه ای B2 پایدار بوده و نظم پر دامنه قابل توجهی در ترکیبات پر آلومینیم تر و پر نیکل تر دارد.

نحوه جبران انحراف از ترکیب موازنه ای جایگزینی اتم های اضافی نیکل در آلیاژ پر نیکل تر بجای اتم های آلومینیم.

- ✓ در آلیاژ های پر آلومینیم تر ، مکان های اتمی نیکل به جاهای خالی تبدیل می شوند

چگالی

- در ترکیب غیر موازنه ای چگالی حدود ۵/۳۵ گرم بر سانتی متر مکعب برای حاشیه پرآلومینیم تر تا ۶/۵ گرم بر سانتی متر مکعب برای حاشیه پر نیکل تر
- در ترکیب موازنه ای چگالی حدود ۵/۸۵ گرم بر سانتی متر مکعب(تقریبا دو سوم چگالی ابر آلیاژهای نیکلی) منجر به استفاده در مواد ساختاری در هوا نوردی -کاهش چگالی باعث کاهش وزن پروانه های توربین هاش می شود

- نتیجه کاهش چگالی :

a) تنش های خود القای کمتر در پروانه های توربین
b) کاهش حدود ۳۰-۴۰% در وزن پروانه توربین ها
c) افزایش انعطاف پذیری
d) با افزایش ضخامت بدنه تنش ها در پره توربین کاهش می یابند
e) افزایش عمر قطعه

نقطه ذوب

- ترکیب موازنه ای

a) ۱۶۳۸ درجه سانتی گراد

b) ۳۰۰ درجه بالاتر از نقطه ذوب ابر آلیاژ های نیکلی

- ترکیب غیر موازنه ای

a) دارای نقطه ذوب کمتر

مدول

- در کاربردهای هوانوردی مدول کشسان خصوصیتی مفید بشمار می رود در مدول کشسان بالا نیروهای اعمالی منجر به تاب برداشتن کشسان کمتر در قطعات می شود علاوه براین مدول کشسان بالاتر بر بسامد ارتعاشات هماهنگ اثر داشته وان را افزایش می دهد.
- استفاده تنش حرارتی نسبت مستقیم با مدول کشسان دارد
- هرچه مدول کشسان بالاتر باشد تنش حرارتی بیشتری بروز می کند
- مدول کشسان کمتر جهت بهبود عمر خستگی حرارتی مناسب تر می باشد

- در ترکیب موازنه مدول کشسان NiAl در دمای محیط کمی کمتر از مدول یانگ عناصر واسطه (Fe-Co-Ni) می باشد. به ازای هر ۱۰۰ درجه مدول NiAl ۲% افت می کند

هدایت حرارتی

- هدایت حرارتی زیاد ⟵ انتقال حرارت سریعتر ⟵ کارایی بالاتر در طی تبرید پره

۱) مهیا شدن شرایط کاهش دمای عملیاتی فلز

۲) کاهش مقدار هوای مورد نیاز جهت تبرید

حداکثر دمای پره در شرایط یکسان می تواند تا ۵۰ درجه سانتیگراد از ابر الیاژهای نیکلی کمتر باشد

- ✓ هرچه هدایت بالاتر ⟵ شیب حرارتی کمتر ⟵ تنش های حرارتی کمتر

- ✓ هدایت حرارتی در محدوده ۲۰تا۱۰۰ درجه: ۳تا۸ برابر بزرگتر از هدایت حرارتی ابر آلیاژهاست. حدود یک سوم آلومینیوم است.
- ✓ NiAlاساس خانواده ای از پوشش های مصرفی بر روی قطعات از جنس ابر الیاژهای نیکلی وکبالت بوده که دارای مقاومت به اکسایش در دمای بالا ومقاومت به خوردگی است.