به نام خدا

مرکز دانلود رایگان
مهندسی متالورژی و مواد

---

www.Iran-mavad.com

متالورژی پودر

گروه مهندسی مکانیک

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فصل1

تولید پودر فلز

در این فصل روشهای تولید پودرهای فلزی بررسی میشود.بر روش تولید آن دسته از پودرهای فلزی تاکید میشود که در ساخت بوسیله متالورژی پودر (یعنی تولید اجسام شکل داده شده یا مواد متراکم)از اهمیت تجاری برخوردارند.

کاربرد دیگر پودرهای فلزی عبارت اند از:معرفهای شیمیایی-مواد منفجره-رنگها-جوهر ها و جلادهنده ها.

طبقه بندی عمومی و کلی راههای تولید پودرهای فلزی پر کاربرد در متالورژی پودر:

روشهای فیزیکی

روشهای شیمیایی

روشهای مکانیکی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

پرکاربرد ترین پودرهای فلزات

- پودر آهن
- پودر فولاد کم آلیاژی
- پودر فولاد زنگ نزن
- پودر فولاد ابزار
- پودر مس
- پودر آلیاز مس
- پودر نقره
- پودر نیکل
- پودرآلیاژ نیکل

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

- پودرکبالت
- پودرقلع
- پودرآلومینیوم و آلیاژهای آن
- پودرآلیاژ منیزیم
- پودرتنگستن
- پودرمولیبدن
- پودرتانتالیوم
- پودرتیتانیوم-زیر کونیوم و آلیاژهای آن
- پودرWC-TiC-TaC
- روشهای اتمیزه کردن ویژه
- پودربریلیم

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

1)پودر آهن

کاربرد اصلی پودر آهن در قطعات ساختمانی متالورژی پودر است . چه آنهایی که بطور سنتی یعنی با فشردن سرد-زنیتر کردن بدون اعمال فشار تولید میشوند و چه آنهایی که بصورت پیش ساخته تولید وسپس به کمک آهنگری گرم شکل داده میشوند.

کاربردهای دیگر پودر آهن در قطعات مغناطیسی-یاتاقان های خودروغنکار خاص و در مواد اصطکاکی است.

روشهای مهم تجاری برای تولید پودر آهن:

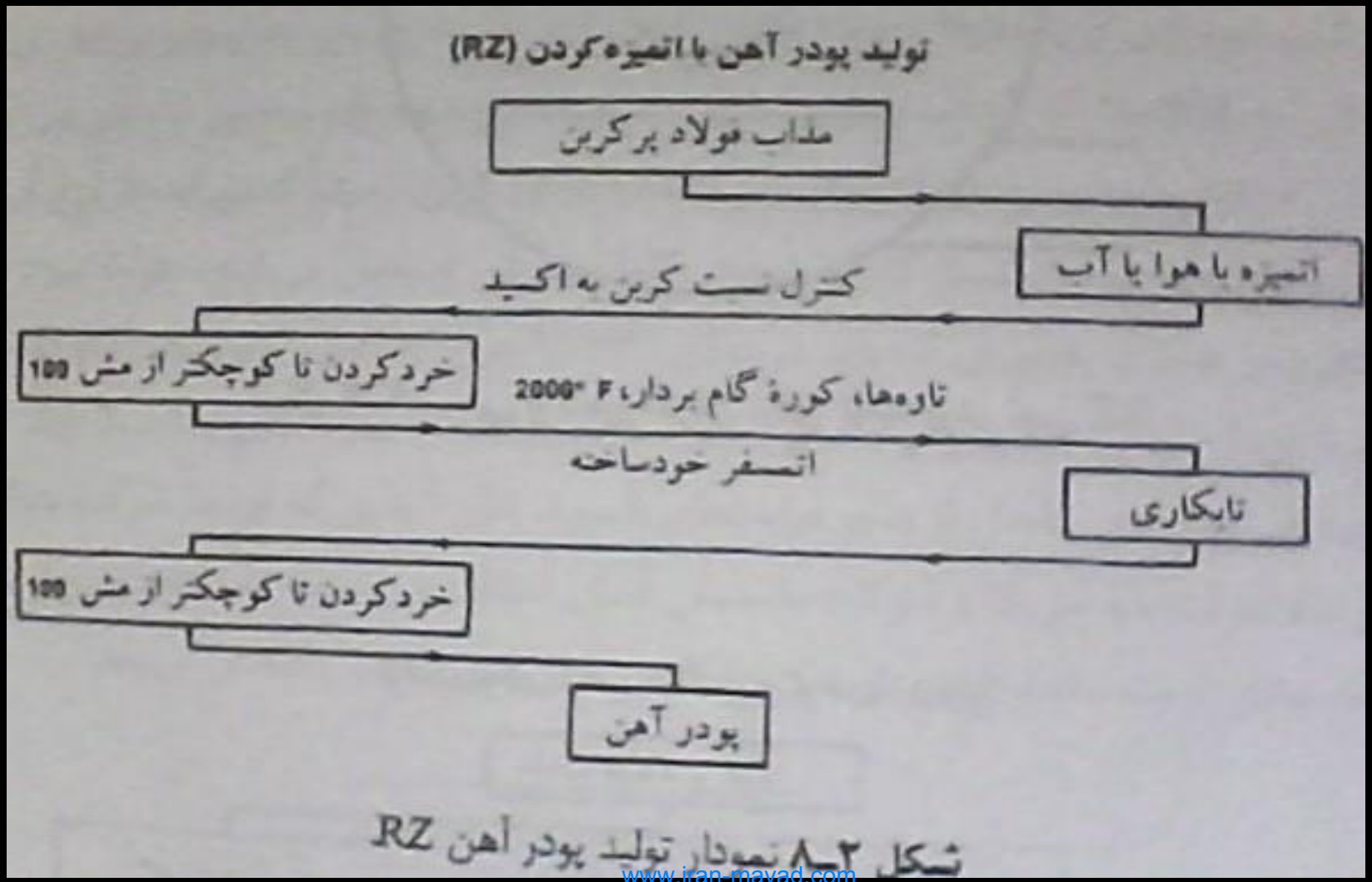
1. پودر آهن احیایی
2. پودر اهن با استفاده توام از فرایندهای اتمیزه واحیا
3. پودر آهن اتمیزه شده

امروزه بیشترین درصد پودرهای آهن به روش اتمیزه تولید میشوند.

تولید پودر آهن به روش احیایی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

تولید پودر آهن به روش اتمیزه کردن



شکل ۲-۸ نمودار تولید پودر آهن RZ

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

2) پودر های فولادی کم آلیاژی

پودر های پیش الیاژی که حاوی عناصر آلیاژی به ویژه نیکل و مولیبدن اند به صورت محلول جامد در آهن با روشی مشابه روش پودر آهن اتمیزه شده تولید میشوند.

3) پودرهای فولاد زنگ نزن

از پودرهای فولاد زنگ نزن در ساخت قطعات ساختمانی و صافیها استفاده میشود.روش تجاری اصلی برای تولید پودرهای فولاد زنگ نزن اتمیزه آبی است.

4) پودرهای فولاد ابزار

دو فرایند برای تولید پودر با ترکیب شیمیایی فولاد ابزار توسط اتمیزه آبی مذاب آلیاژها وجود دارد.

یکی از فرایندها موسوم به (فرایند فولدنس) است که مذابی با ترکیب شیمیایی فولاد ابزار مورد نظر اتمیزه آبی میشود و پودری به اندازه متوسط ذره 100 میکرون بدست می آید.

فرایند دیگر موسوم به (فرایند پادرکس انگلیسی) است که آن نیز شامل اتمیزه کردن آبی فولاد ابزار مذاب و دسترسی به پودری با مش کوچکتر از 100(ریز تر از 150 میکرون)است که در خلا تابکاری میشود.

5) پودر مس

مهمترین کاربرد پودر مس در متالورژی پودر در ساخت یاتاقانهای خودروغنکار با ترکیب شیمیایی برنز است که از مخلوط پودرهای مس و قلع خالص تولید میشوند.

سه روش اصلی در تولیدپودر مس برای کاربردهای متالورژی پودر:

1) رسوب الکترولیتی پودر مس
2) احیای گازی اکسید مس
3) اتمیزه کردن

دو روش دیگر که از نظر تجاری برای کاربردهای متالورژی پودر اهمیت کمتری دارند عبارت اند از:

1) رسوب پودر مس از محلول سولفات مس با آهن
2) احیای محلول آبکی از نمک مس با هیدروژن تحت فشار

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

6) پودر آلیاژ مس

مواد اولیه برای یاتاقان های خودروغنکار برنزی پودرهای مس وقلع خالص است.برای قطعات ساختمانی برنزی از پودر های خالص یا پودر برنزی پیش آلیاژی اتمیزه شده استفاده میشود.

پودرهای مس –سرب در تولید یاتاقان هایی بکار میروند که شامل یک لایه از آلیاژ یاتاقان بر روی پوسته ی فولادی است و در درجه ی اول برای یاتاقان های ثابت و شاتون بکار میرود.

7) پودر نقره

کاربرد اصلی پودر نقره در اتصالات الکتریکی مثل اتصالاتی از جنس نقره – تنگستن نقره- اکسید کادمیوم نقره – گرافیت و نقره – نیکل است.از برخی روشهای تولید پودر مس میتوان برای پودر نقره نیز استفاده کرد.

8) پودر نیکل

از پودر نیکل برای تولید ورقهای نازک نیکل و تسمه استفاده میشود.

این موضوع مستقیما به دو فرایند تولید پودر نیکل وابسته است.این فرایندها عبارت اند از:

- تجزیه ی کربنیل نیکل
- احیای محلول آبکی از نمک نیکل با هیدروژن تحت فشار

در تولید نیکل از کربنیل آن فلز حاصل ممکن است بصورت گندله یا پودر باشد.پودر نیکل تولید شده با احیای محلول آبکی ممکن است با پرس بصورت بریکت درآید.

علاوه بر تولید ورق نازک و تسمه ار نیکل و آلیاژ آن،سایر کاربردهای متالورژی پودر برای پودر نیکل شامل تهیه ی الکترودهای متخلخل باتری ها سلولهای سوختی،بعنوان عناصر آلیاژی در تهیه ی قطعات ساختمانی از فولاد کم آلیاژی و مغناطیسهای آلنیکویی است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

تولید پودر نیکل توسط احیا محلول آبکی با هیدروژن

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

9) پودرهای آلیاژی پایه نیکل

پودر تعدادی از آلیاژ های پایه نیکل با اتمیزه کردن تولید میشود.

به لحاظ تجاری پودری با Ni50 ، Fe%50، که پس از فشردن و زینتر کردن به اجزای مغناطیسی با نفوذپذیری زیاد و نیروی مغناطیس زدایی کم تبدیل میشود و همچنین پودر مونل با ترکیب تقریبیNi %70، Cu%30 برای ساخت قطعات مقاوم در برابر خوردگی ،مورد توجه است.

10) پودر کبالت

پودر کبالت در درجه اول در تولید کاربیدهای سمنته به کار میرود.بخش عمده ای از این پودر با احیای اکسید کبالت با هیدروژن در دمایی حدود 800 تولید میشود و پودر واکنش پذیر حاصل که ریز تر از

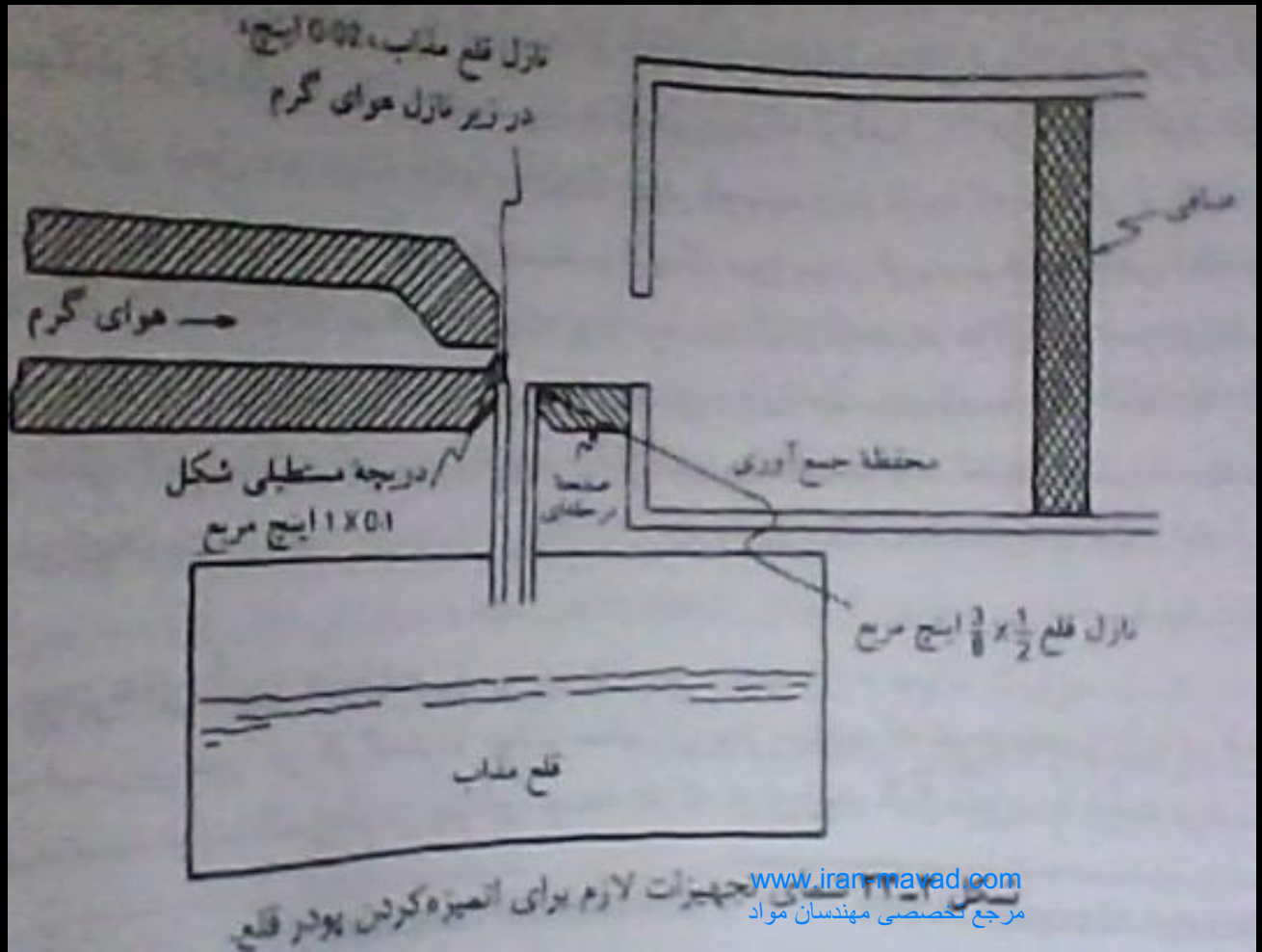
μ44m

است در ساخت کاربید های سمنته مورد نیاز است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

11) پودر قلع

پودر قلع در یاتاقان های خودروغنکار استفاده میشود.این پودر با آتمیزه کردن تولید میشود.



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

12) پودرهای آلومینیوم و آلیاژهای آن

مهم ترین کاربرد پودر آلومینیوم خالص در متالورژی پودر در تهیه ی قطعات ساختمانی از جنس آلیاژ های آلومینیوم است که با فشردن و زنیتر کردن مخلوط پودر آلومینیوم خالص و پودر عناصر آلیاژی تولید میشوند

13) پودر تنگستن

پودر تنگستن در تهیه ی رشته لامپ التهابی ،الکترود جوشکاری قوسی خنثی و جوشکاری هیدروژن اتمی ،قطعات سنگین آهنگری یا اکسترود شده از تنگستن و آلیاژ آن ،کاربید تنگستن لازم برای کاربیدهای سمنته و برای آلیاژ های تنگستن نظیر فلز سنگین(آلیاژ های W-Cu-Niو W-Ni-Fe) وفلزات ترکیبی (آلیاژ های W-Cu و Ag-W)بکار میرود.

14) پودر مولیبدن

پودر مولیبدن برای ساخت سیم ،ورق نازک و تسمه مولیبدن مصرفی مثلا به عنوان نگهدارنده ی رشته های تنگستنی در لامپ های التهابی و سایر کاربردهای الکترونیکی ،برای تهیه ی سیم مولیبدنی المانهای حرارتی کوره های الکتریکی نظیر (تیتانیوم-زیرکونیم و کربن) و مواد ترکیبی بکار میرود.

15) پودر تانتالیم

پودر تانتالیم لازم برای ساخت خازن های تانتالیمی از دو روش زیر تولید میشود:

احیای فلورید تانتالیم با سدیم فلزی

رسوب پودر تانتالیم ازحمام های مذاب حاوی (K2TaF7-TaO2)دردما900درجه توسط الکترلیز

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

16) پودر های تیتانیوم و زیر کونیم

تیتانیوم یکی از فلزاتی است که اولین بار بصورت متراکم از روش متالورژی پودر تولید شد.این کار با پودر حاصل از فرایند کرول آغاز شد.

کاربرد تجاری برای محصولات متالورژی پودر تیتانیوم نسبتا محدود است و شامل صافیهای تیتانیومی و قطعات ساختمانی از آلیاژ تیتانیوم است که این قطعات را با فشردن و زنیتر کردن تولید میکنند.

17) کاربید تنگستن ، کاربید تیتانیوم و کاربید تانتالیوم

پودر کاربید تنگستن اصلی ترین ماده اولیه برای تولید کاربیدهای سمنته است.انواع کاربید های سمنته مصرفی در برش فولاد ،دارای کاربیدهای تیتانیوم و تانتالیوم و نیز کاربید تنگستن هستند.

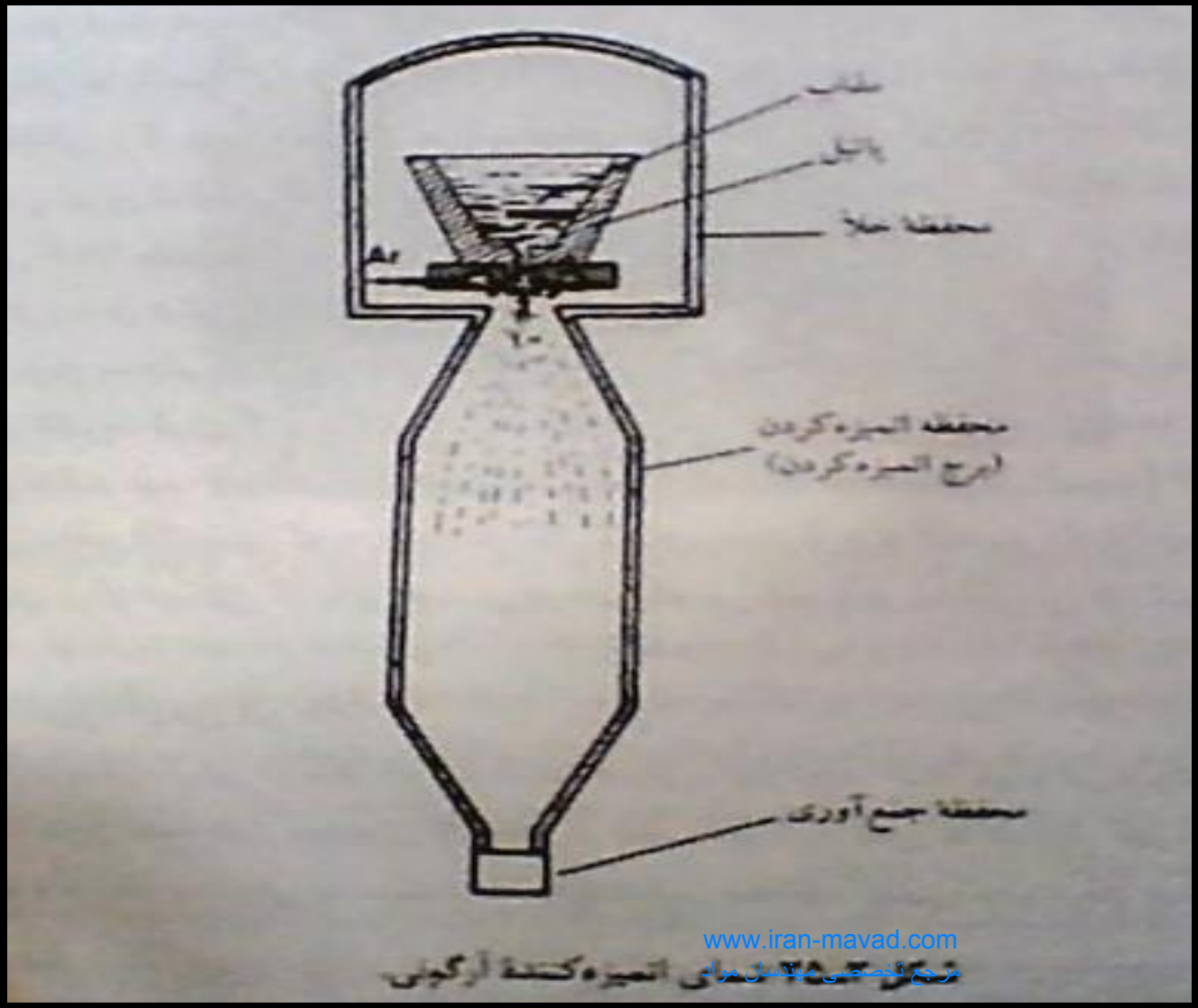
18) فرایند های ویژه اتمیزه کردن برای تولید

a) اتمیزه کردن باگاز خنثی که برای تولید پودرهای فولاد ابزار ، فولاد زنگ نزن و ابر آلیاژها بکار میرود.

b) فرایند الکتروگردان شرکت فلزات هسته ای که برای تولید بسیاری از مواد پر آلیاژی بویژه ابر آلیاژها و آلیاژهای تیتانیوم بکار میرود.

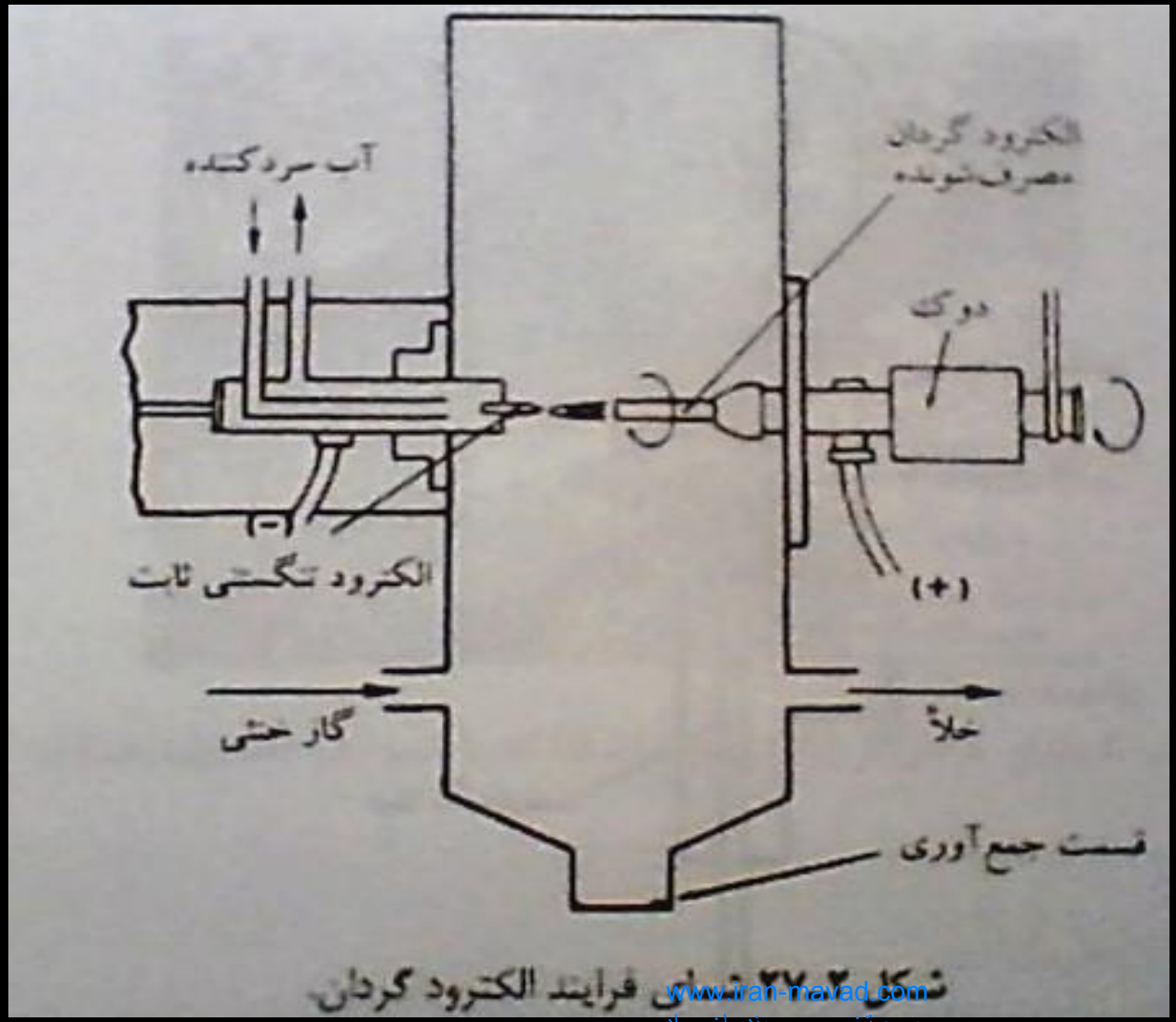
c) فرایند اتمیزه کردن در خلا شرکت فلزات همگن که اصولا برای تولید پودرهای ابر آلیاژها بکار میرود.

اتمیزه کردن با گاز خنثی(اتمیزه کننده ی آرگونی)



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مواد ایران

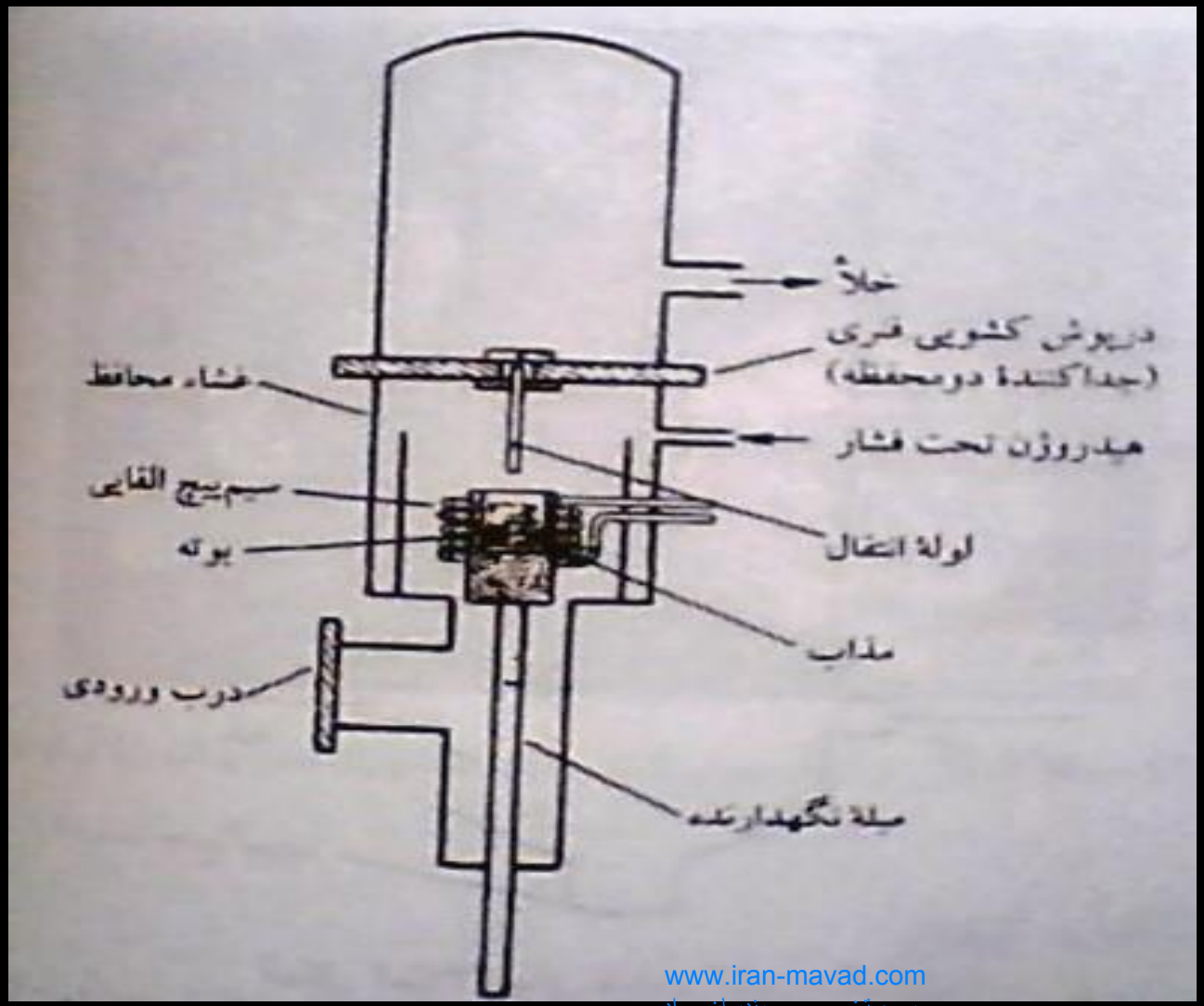
شمای فرایند الکتروگردان



شکل ۲-۲۷ شمای فرایند الکترود گردان

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فرایند اتمیزه کردن در خلا با گاز هیدروژن



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

19) بریلیم

تکنولوژی بریلیم بر اساس متالورژی پودر است چون این تکنیک تنها راه تولید تجاری بریلیم با دانه های ریز است.

برای دستیابی به خواص مکانیکی رضایت بخش در بریلیم ، بویژه برای انعطاف پذیری کافی ، به ساختاری با دانه های ریز نیاز است.

فصل 2

تعیین مشخصه های پودر و آزمایش کردن آن

1) نمونه برداری از پودر ها
2) آزمایش های شیمیایی
3) اندازه ذره ،توزیع اندازه ذرات،شکل وساختار ذره و سطح ویژه

در این بخش روشهای زیر برای تعیین اندازه ذره و توزیع اندازه ذرات پودرهای فلزی مورد بحث قرار گرفته اند:

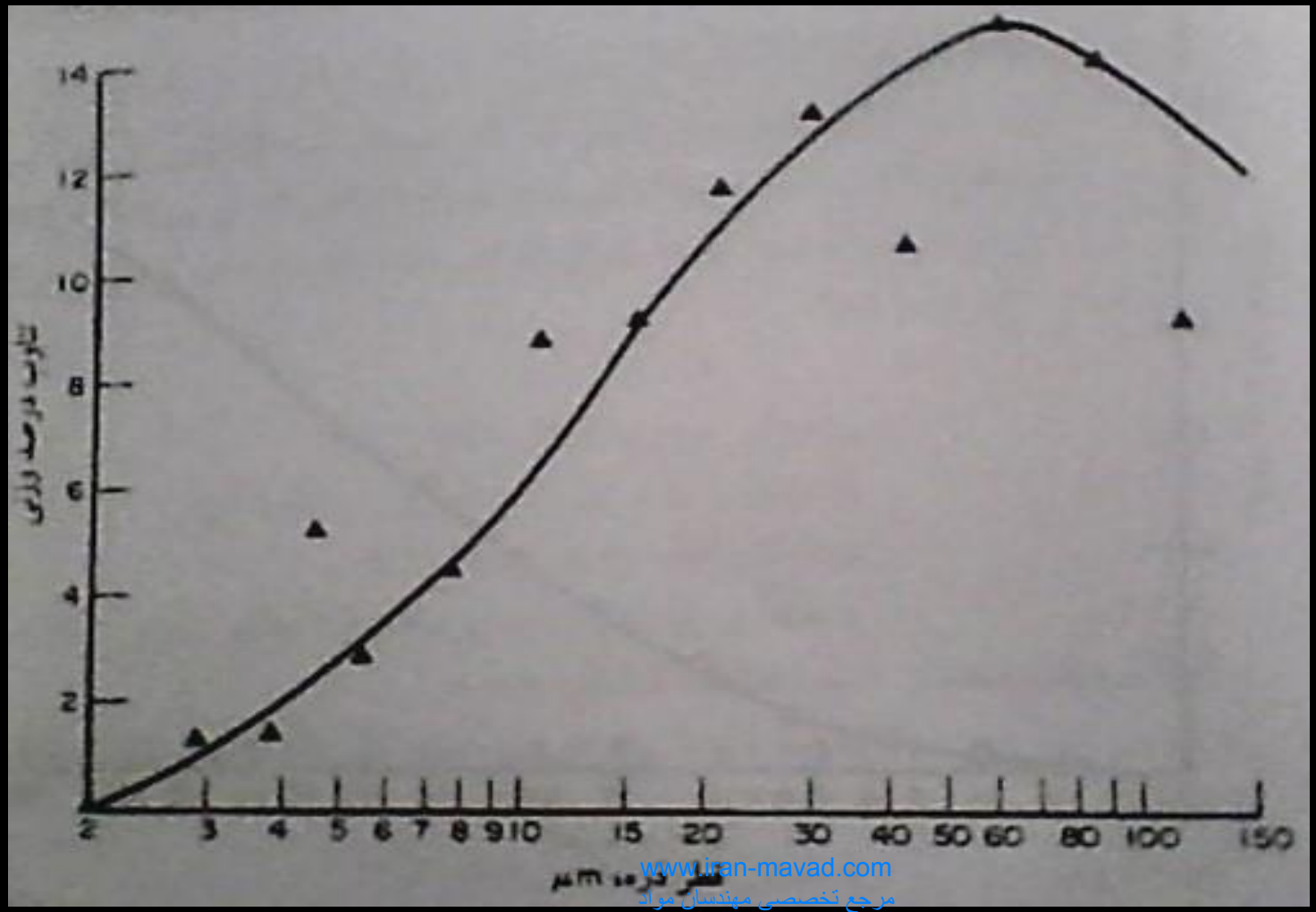
a. الک کردن
b. اندازه گیری میکروسکوپی
c. روشهایی بر پایه قانون استوک {آنالیز گر هوای رولر-میکرومروگراف-زلال سنجی}
d. شمارش گر کولتر و آنالیز ذره با نامرئی سازی نور
e. پراکندگی نور لیزر،آنالیز ذره با آنالیز گر میکروترک.

دو روش مورد استفاده برای تعیین سطح ویژه پودرهای فلزی عبارت اند از:

f. دستگاه اندازه گیر کمتر از الک فیشر که بر اساس تراوایی سنجی است.
g. روش جذب گازی{BET}.

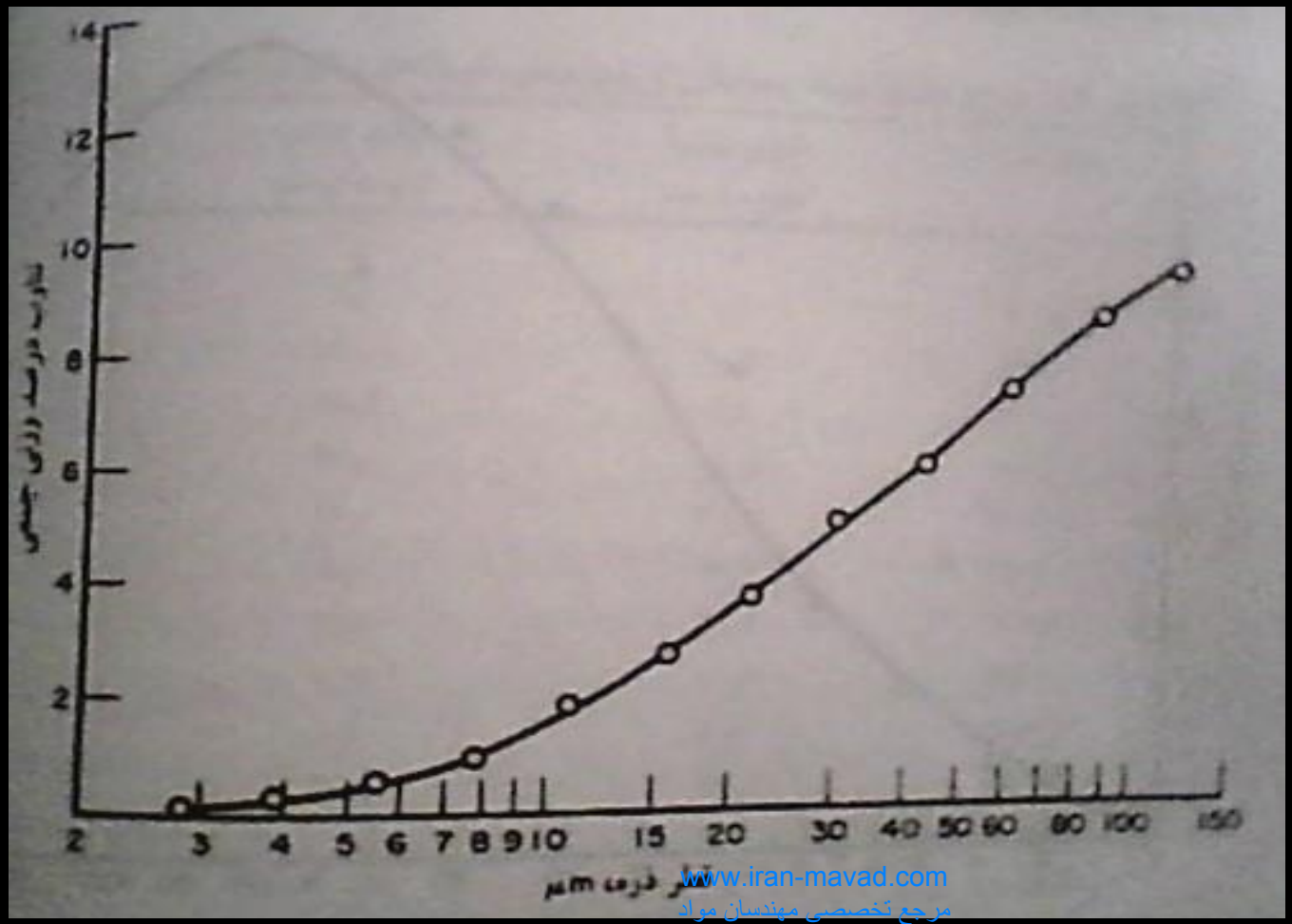
www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

منحنی تناوب درصد وزنی برای نمایش توزیع اندازه ذرات پودر قلع



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

منحنی درصد وزنی جمعی برای نمایش توزیع اندازه ذرات پودر قلع



www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

ذرات پودر گوشه دار

ذرات پودر کروی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

ذرات پودر ورقه ای(فلس مانند)

ذرات پودر شاخه ای

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

4) آزمایشهای ویژه برای تعیین رفتار پودرهای فلز در حین فراورش

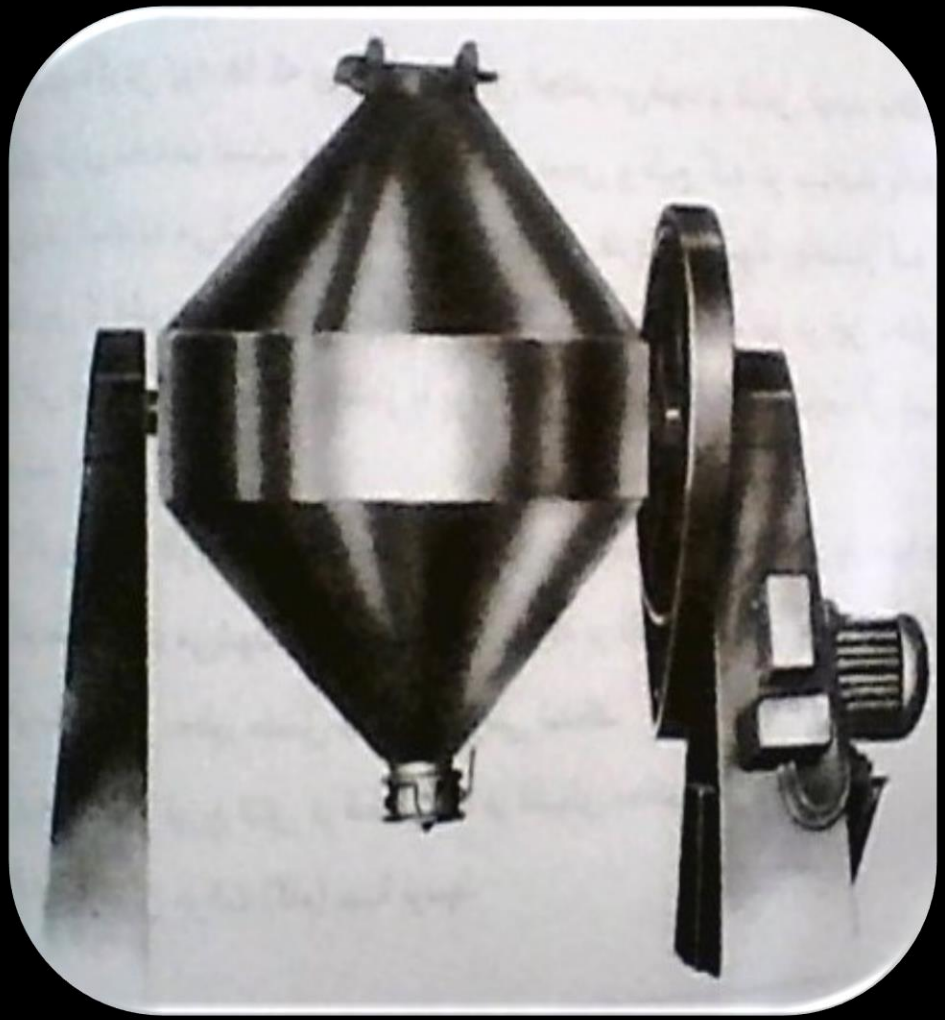
A. نرخ روانی و چگالی ظاهری
B. قابلیت تراکم،نسبت تراکم و استحکام خام پودرها
C. تغییرات ابعادی بر اثر زینتر کردن قطعه فشرده از پودرهای فلزی پایه

فشردن

1) مخلوط کردن پودرها ی فلزی
2) رفتار پودرهای فلزی تحت فشار
3) توزیع چگالی و تنش در قطعاتی که در قالبهای محکم پرس شده اند
4) ظرفیت و میزان حرکت (گام) سنبه ی پرسها.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

مخلوط کردن پودرها ی فلزی



پیش از فشردن پودر باید عمل مخلوط کردن انجام شود مگر اینکه فشردن یک نوع پودر فلزی بدون افزودن مواد روانساز در نظر باشد.

متداول ترین مخلوط کن برای مخلوط کردن پودر های پایه فلزی ، مخلوط کن دو مخروطه است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

رفتار پودرهای فلزی تحت فشار

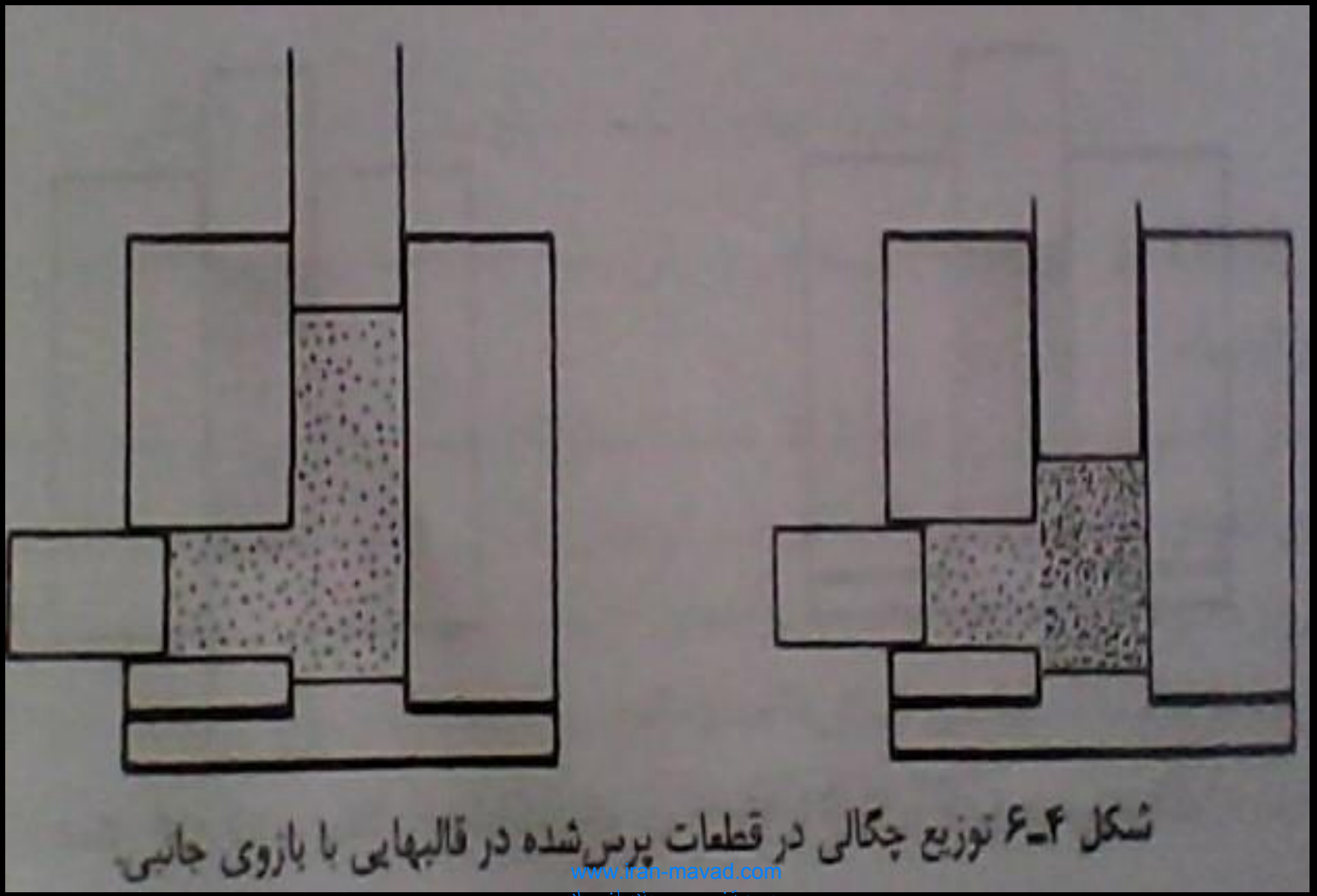
وقتی پودرهای فلزی در یک قالب پرس میشوند،عموما قطعه بدست آمده بقدری قوی است که جابجایی آن بدون شکست امکان پذیر است.طبعا مقدار استحکام خام به حالت پودر فلز به مقدار فشار وارده بستگی دارد.بطوری که قطعاتی که از پودرهای نرم تولید میشوند،استحکام بیشتری دارند.

توزیع چگالی و تنش درقطعاتی که در قالبهای محکم پرس شده اند

انتقال فشار در مایعات با انتقال فشار در ستون محدودی از پودر متفاوت است.زمانی که ذرات پودر در یک قالب پرس میشوند،اساسا در راستای فشار وارده جریان میابند.

طبق شکل زیر وقتی فشار از بالا وارد میشود،پودرهای موجود در بازوهای جانبی قالب اصلا متراکم نخواهند شد و بصورت پودر شل باقی خواهند ماند.

بر این اساس فشار در راستای پرسکاری انتقال میابد.



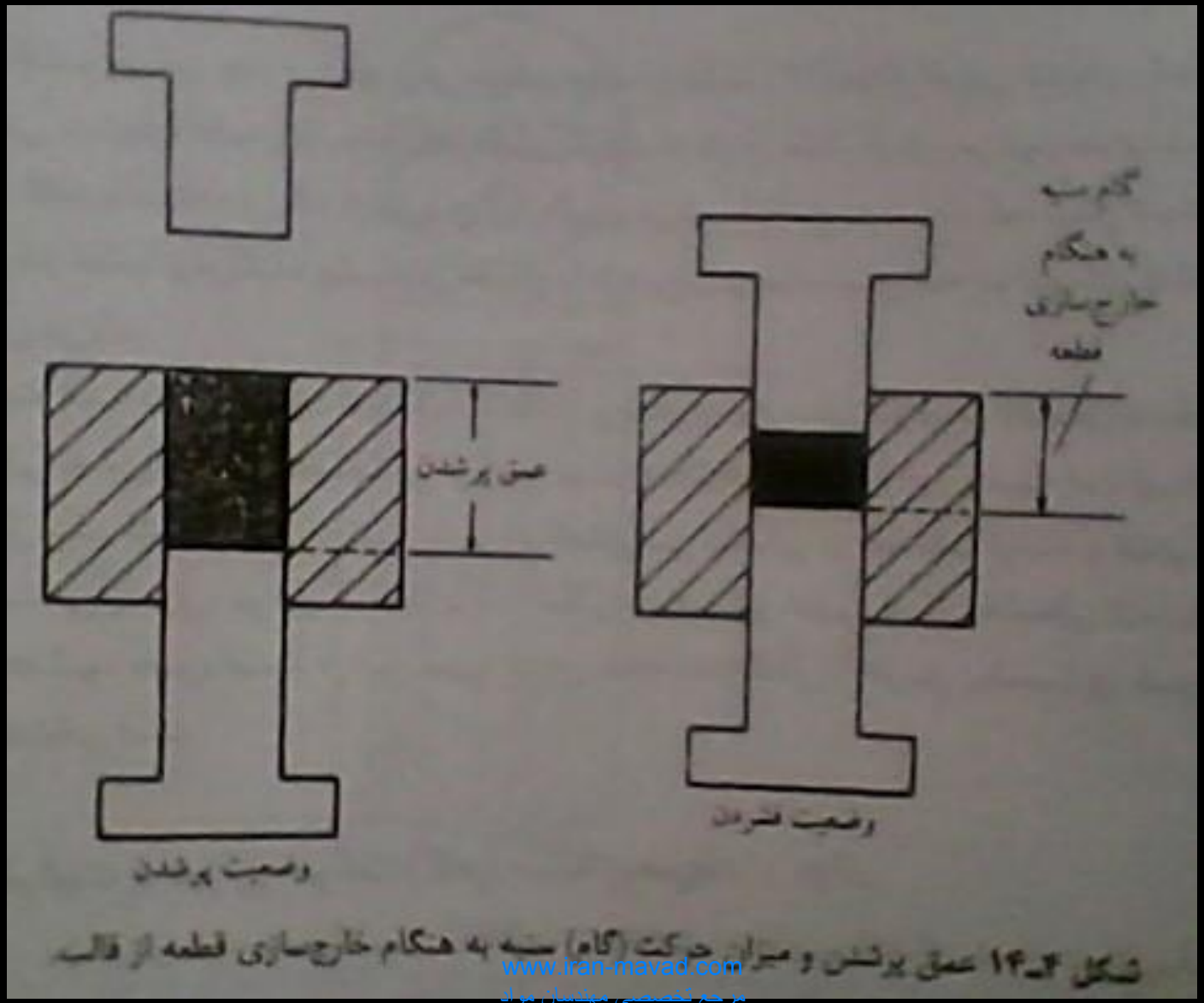
شکل ۴ـ۶ توزیع چگالی در قطعات پرس‌شده در قالبهایی با بازوی جانبی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

ظرفیت و میزان حرکت(گام) سنبه پرسها

ظرفیت یک پرس برحسب مگانیوتن یا تن باید طوری باشد که بتوان در قالبهای محکم تحت فشار معین بر حسب مگاپاسکال و بسته به اندازه ی ناحیه ی پرس شونده ،قطعات فشرده شده تولید کرد.

علاوه بر ظرفیت یک پرس ،میزان حرکت (گام)سنبه ی آن یعنی حداکثر مسیری که کوبه طی میکند مهم است.چون این کمیت طول قطعه پرس شونده را تعیین میکند.



شکل ۴ـ۱۴ عمق پرشدن و میزان حرکت (گام) سه به هنگام خارج‌سازی قطعه از قالب

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فشردن خودکار

1)طراحی قالبهای فشردن:

برای طراحی قالبهای فشردن قطعات را به ترتیب پیچیدگی به چهار نوع تقسیم میکنند:

نوع 1:قطعاتی با ضخامت های یکنواخت که نیروی فشردن تنها از یک جهت به آنها وارد میشود.

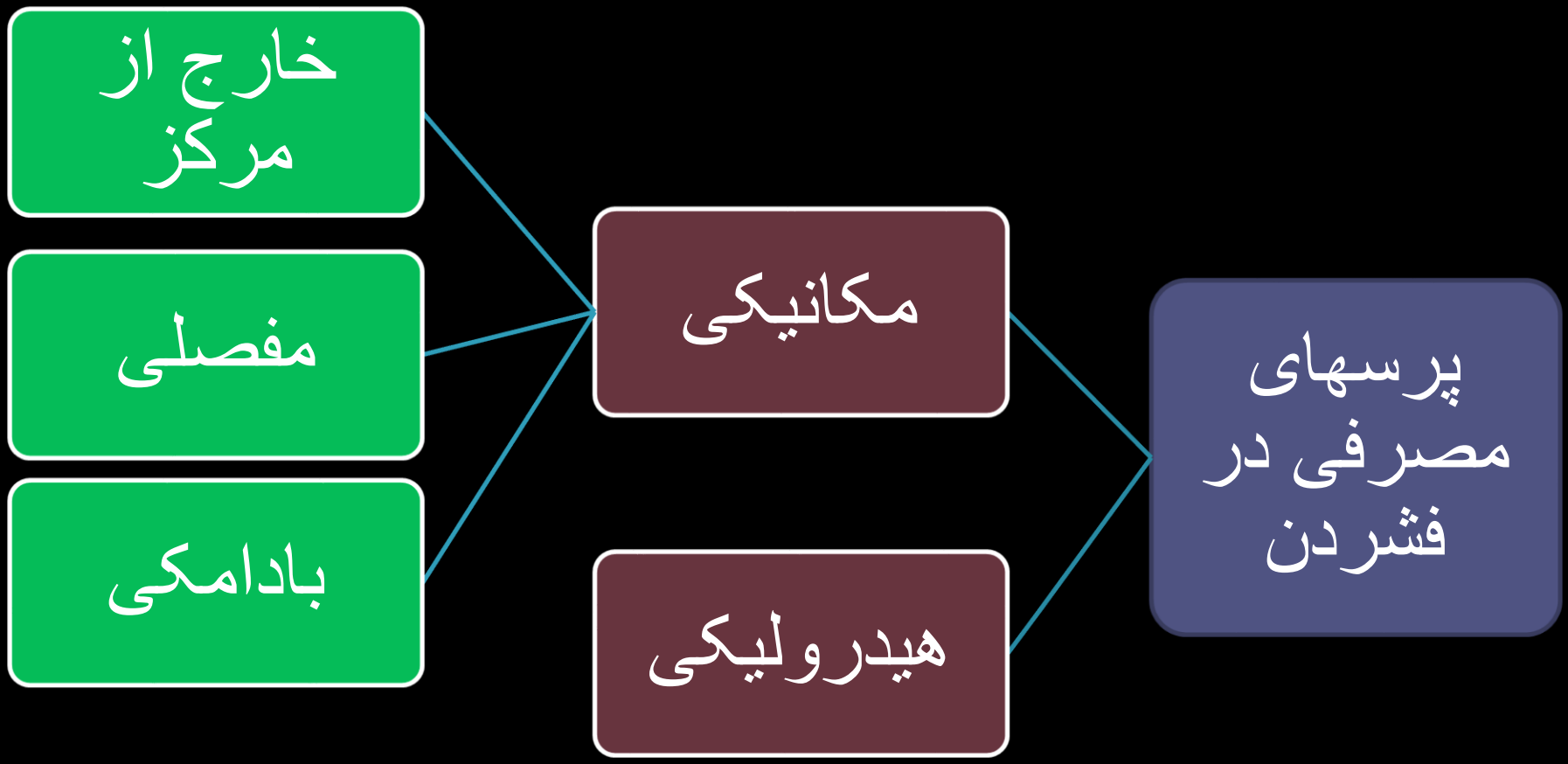
www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

نوع 2:قطعاتی با ضخامت یکنواخت که نیروی فشردن از دو جهت به آنها وارد میشود.

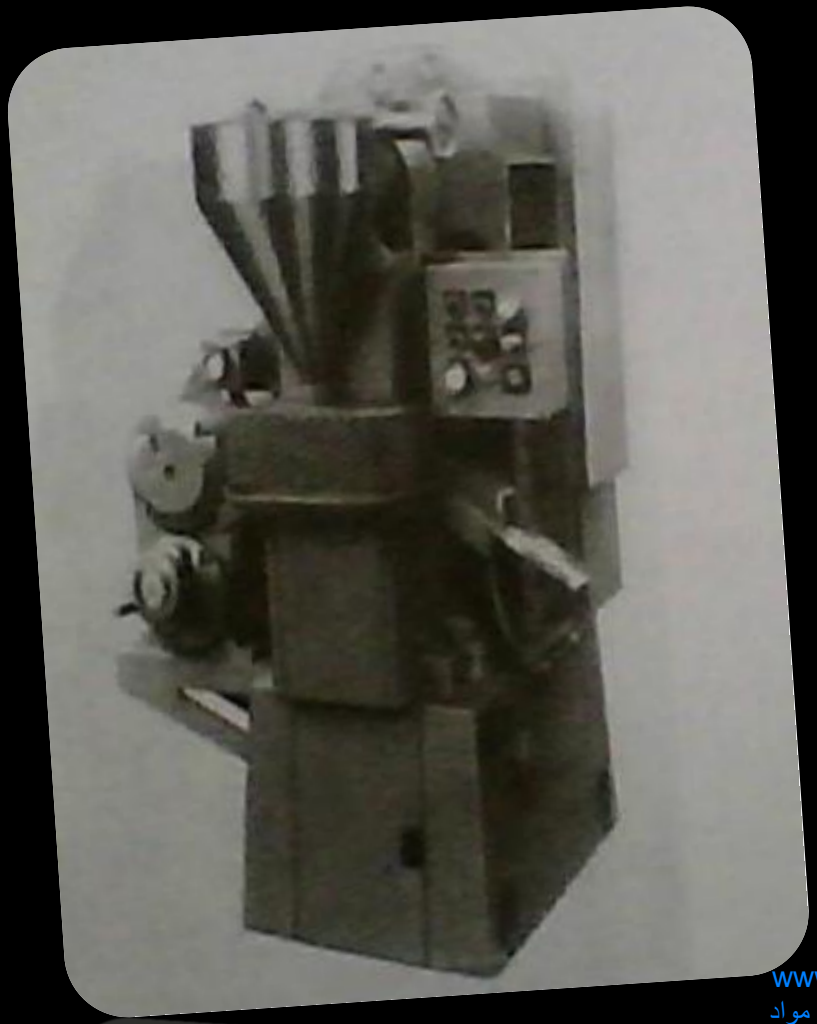
نوع 3: قطعات دو طبقه که نیروی فشردن از دو جهت به آنها وارد میشود.

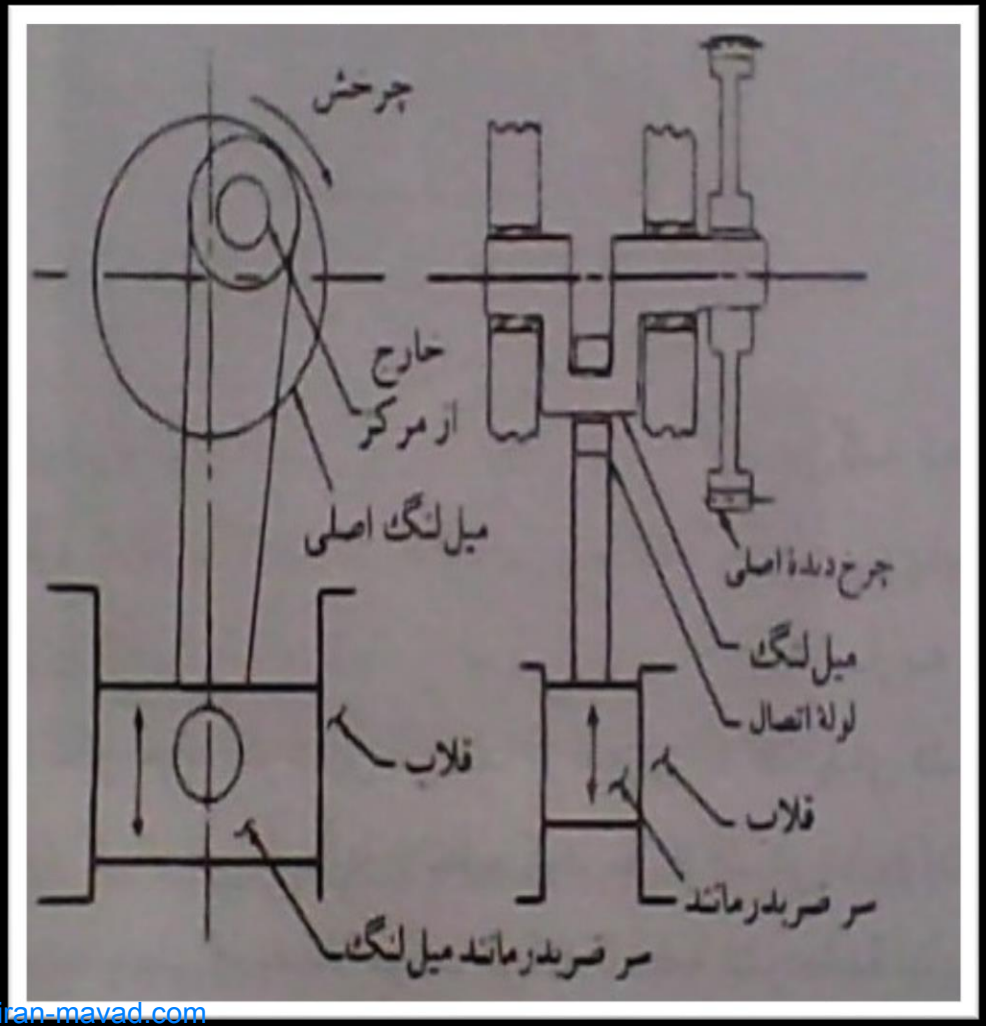
نوع 4 :قطعات چند طبقه که بر اثر نیروهای وارده از دو جهت پرس میشوند.

2) پرسها


پرسهای مصرفی در فشردن
مکانیکی
هیدرولیکی
خارج از مرکز
مفصلی
بادامکی

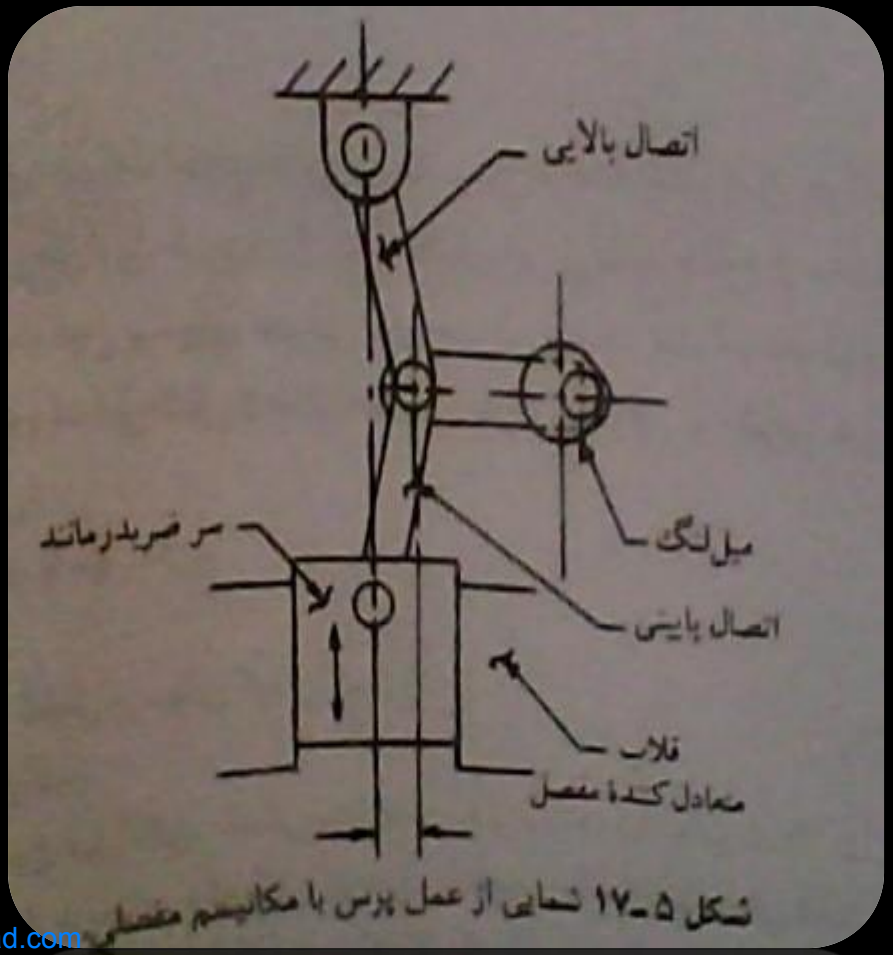
پرس مکانیکی مدل میل لنگی(خارج از مرکز)





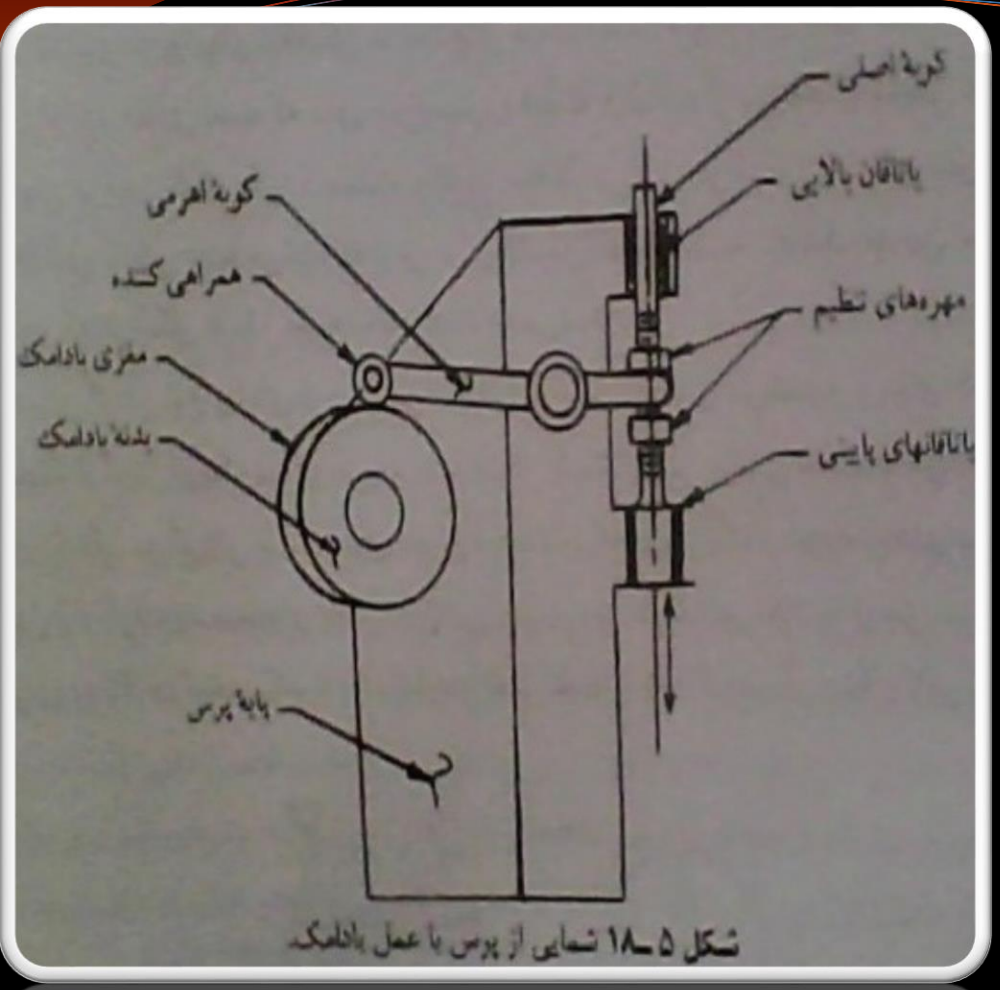
www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

پرس با مکانیسم مفصلی



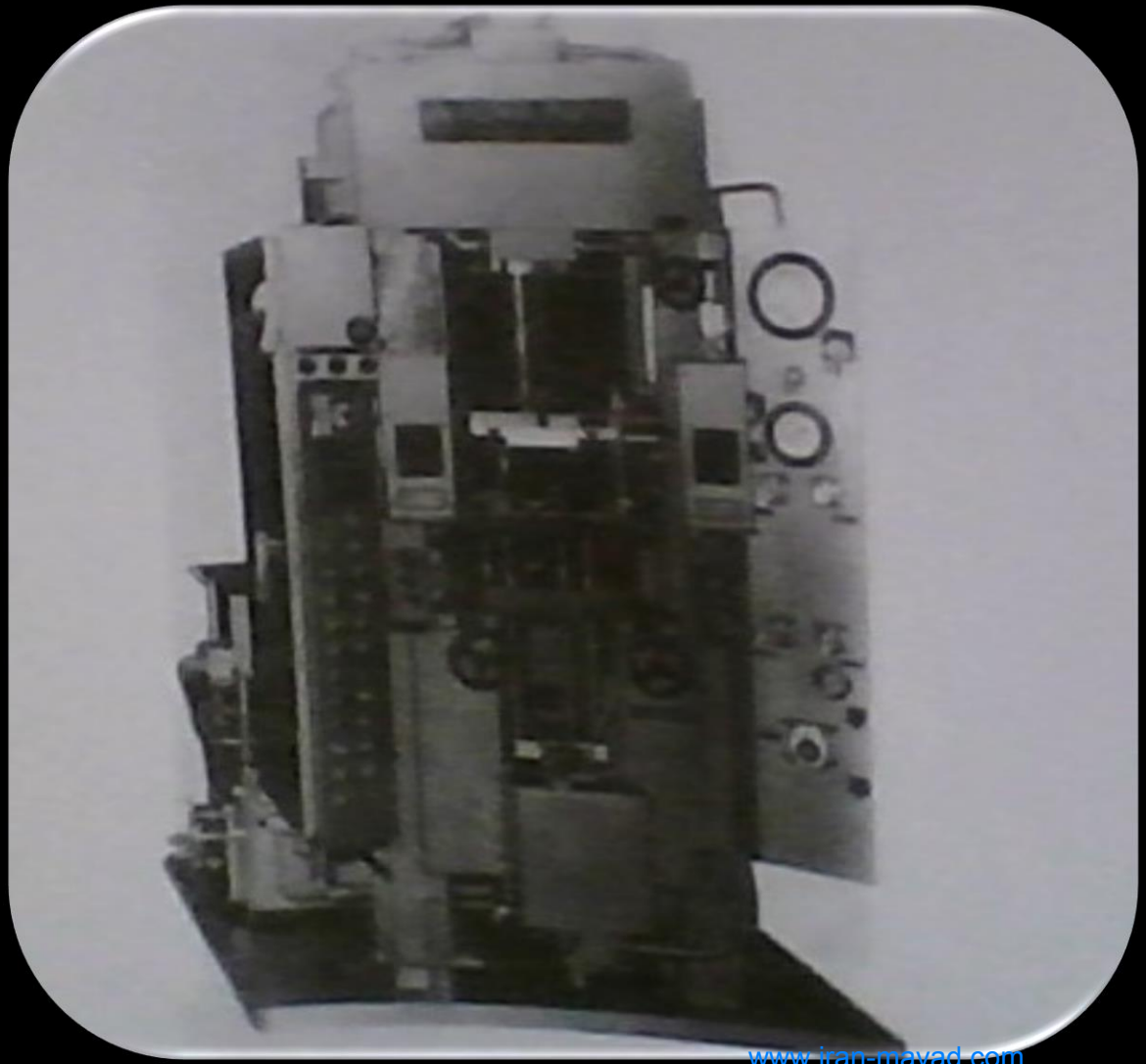
شکل ۵ـ۱۷ نمایی از عمل پرس با مکانیسم مفصلی

پرس با عمل بادامک



شکل ۵ـ۱۸ نمایی از پرس با عمل بادامک

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد



پرس هدرولیکی با ظرفیت (60 تن)

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

3)مواد ساختمانی و فاصله آزاد اجزای ابزار

اجزای محفظه ی قالب ابزار فشردن معمولا متشکل از مغزی با مغزی های مقاوم در برابر سایش است که در یک حلقه ی نگهدارنده ی فولادی با چقرمگی زیاد جاگذاری میشوند.در اغلب موارد مغزی یا مغزی ها در حلقه نگهدارنده جمع میشوند.مزیت این کار در این است که تنشهای فشاری پدید آمده در اثر جمع شدگی در محفظه ی قالب بر خلاف تنشهای شعاعی در طی فشردن عمل میکنند.

برای تولید انبوه ،عموما از مغزیهای کاربید سمنته ای استفاده میشود.

فصل 5

سایر روشهای فشردن

روشهای مختلفی برای متراکم کردن پودرهای فلزی عرضه شده است که عبارت اند از:

- فشردن به روش ایزو استاتیک سرد
- فشردن با انرژی زیاد و فشردن سه بعدی
- نورد کردن پودر یا فشردن غلتکی
- تولید تسمه مداوم به روش املی یا دایبل
- قالب گیری تزریقی پودر های فلزی
- اکستروژن پودر فلزی با ماده پلاستیک ساز

فصل6

زینتر کردن

کوره های زینتر کردن در سه بخش عرضه شده اند:

1)کوره های مداوم برای زینتر کردن قطعات ساختمانی،یاتاقان های خودروغنکار به تعداد انبوه و گاهی کاربیدهای سمنته در اتمسفرهای محافظ

2)کوره های غیر مداوم برای زینتر کردن قطعات فشرده شده از پودرهای فلزات دیر گداز و آلیاژهای آنها،قطعات فشرده شده از کاربیدهای سمنته در اتمسفرهای محافظ و سایر پودر های فلزی که زینتر کردن آنها در کوره های مداوم غیر عملی یا غیر اقتصادی است.

3)کوره های زینتر خلا ،شامل انواع مداوم و غیر مداوم است که برای زینتر کردن قطعات ساختمانی ،کاربیدهای سمنته ، فلزات دیر گداز و مغاطیسهای آلنیکو استفاده میشود.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

1)کوره های مداوم با اتمسفرهای محافظ:

الف)طراحی و روشهای گرمادهی:

در این کوره ها سه ناحیه وجود دارد:

ناحیه ی پیش گرم ، که غتلبا ناحیه ی سوختن نامیده میشود

ناحیه ی خیلی گرم و

ناحیه ی سرد کردن.

ب)روشهای نقل و انتقال:

یک نکته مهم در کوره های مداوم زینتر کردن،روش نقل و انتقال قطعات فشرده شده در داخل کوره است.چهار روش متداول عبارت اند از:

- فشاری مکانیکی
- نوار توری
- کف غلتکی
- گام بردار

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

ج)کنترل دما

ساده ترین نوع کنترل کننده ی کوره های زینتر ، کنترل کننده روشن – خاموش است.

دومین روش مناسب برای کنترل ، کنترل تناسبی است.

سومین روش برای ثابت نگهداشتن دما، استفاده از راکتور با هسته ی اشباع شونده است.

2)کوره های غیر مداوم با اتمسفرهای محافظ

زمانی از کوره های غیرمداوم با اتمسفر محافظ برای زینتر کردن استفاده میشود که مقدار محصولات کم باشد و کاربرد کوره های مداوم مقرون به صرفه ی اقتصادی نباشد.

3)کوره های زینتر با اتمسفر خلا

کوره های غیر مداوم خلا برای اولین بار برای زینتر کردن قطعات فشرده شده از فلزات دیر گداز و واکنش پذیر مانند تانتالیم،نایابیم،تیتانیم و زیرکونیم و آلیاژهای آنها که با هرچیزی غیر از گازهای نادری مانندآرگون ،هیلوم ترکیب میشوند،توسعه یافته اند.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

اتمسفرهای رایج برای زینتر کردن

a) هیدروژن
b) آمونیاک تجزیه شده
c) گازهای حاصل از سوختن جزئی هیدروکربنهایی مثل متان و پروپان
d) نیتروژن با مقدارکمی هیدروژن یا بدون آن

فصل 7

زینتر کردن پودر فلزی تک جزئی –مشاهدات عملی

- چگالی خام و استحکام خام قطعات فشرده شده
- اثر متغیرها در خواص پودر،شرایط فشردن و زینتر کردن،تغییرات چگالی و تغییرات ابعادی به هنگام زینتر کردن
- اثر زینتر کردن بر ساختار میکروسکوپی
- اثر زینتر کردن بر خواص مکانیکی

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فصل8

زینتر کردن پودر فلزی تک جزئی

مکانیزم زینتر کردن

معادله میکانیسم زینتر کردن در توده های کلوخه مانند و قطعات فشرده شده از پودر فلزی تک جزئی عمدتا با تغییرات شکل هندسی سر و کار دارد و به تغییرات فیزیکی و مکانیکی کمتر توجه میکند.

این تغییرات شکل هندسی را میتوان به سه مرحله زینتر کردن تقسیم کرد:

مرحله اول زینتر کردن

مرحله اول زینتر کردن شامل رویدادهای زیر است:

a. افزایش سطح تماس و گردشدن منفذ
b. جمع شدگی توده های کلوخه مانند از پودر که توام با نزدیک شدن مرکز ذرات به هم است.

در مرحله اول نقاط تماس اولیه ی نسبتا کوچکی در بین ذرات پودر بوجود می آید.شکل منفذها تغییر میکند و گرد میشوند.باوجود رشد گلوگاه و جمع شدگی اولیه ،در توده های کلوخه مانند اولیه ی پودر میتوان ذرات را از هم تشخیص داد.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

مرحله دوم یا میانی :

ذرات دیگر قابل تمایز نیستند و به تدریج کانالهای بین منفذها بهم می پیوندند و بسته میشوند.

مرحله سوم یا پایانی:

دراین مرحله منفذها احاطه میشوند و دیگر بهم راه ندارند.

مکانیسم های انتقال ماده

به هنگام زینتر کردن ،ماده بر اثر نیروهای کشش سطحی یا نیروهای ناشی از خاصیت موبینگی انتقال میابد.

چندین مکانیسم برای انتقال ماده مشخص شده است:

- تبخیر و میعان
- جریان گرانرو
- جریان دیفیوژنی
- جریان پلاستیک

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فصل9

زینتر کردن قطعات فشرده شده حاصل از مخلوط پودرها بدون تشکیل فاز مذاب

زینتر کردن قطعات فشرده شده ی حاصل از مخلوط پودر های فلزی در تکنولوژی متالورژی پودر مورد توجه است چون روش مهمی برای تولید مواد آلیاژی با استفاده از پودر های فلزی است.

به لحاظ نظری عمل زینتر یعنی انتقال ماده در زمان انجام دیفیوژن داخلی بین فلزات متفاوت در حالت جامد،پدیده اصلی قابل توجه است.

1)آلیاژهای متالورژی پودر

قطعات فشرده شده ی آلیاژی را میتوان به روش متالورژی پودر و با استفاده از پودرهای پیش آلیاژی تولید کرد.پودرهای پیش آلیاژی اغلب از اتمیزه مذابهای آن آلیاژها بدست می آید.

پودرهای پیش آلیاژی اتمیزه شده با اهمیت تجاری شامل برنجها ،نقره های جدید(نیکل دار)،فولادهای کم آلیاژی و فولادهای زنگ نزن آستنیتی است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

2)پارامتر های موثر در دیفیوژن داخلی

پارامترهای کنترل کننده در همگن شدن ذرات شامل اندازه ی ذرات، زمان و دمای زینتر کردن است.

اندازه ی ذرات از این نظر مهم است که همگن شدن رابطه مستقیم با توان دوم فاصله ی دیفوژن دارد.اندازه ذرات تعیین کننده ی این فاصله اند و نقش مهمی را ایفا میکنند.

دما نیز بر نرخ همگن شدن موثر است.چون ضریب دیفیوژن بین عناصر تشکیل دهنده ی مخلوط پودر به دما وابسته است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

3)دیفیوژن داخلی توام با رشد گلوگاه

مکانیسم دیفیوژن داخلی بین دو فلز معمولا بر اساس مبادله اتمها با جاهای خالی در شبکه است.در طی دیفیوژن داخلی بین دو عنصر دیفیوژن کننده،نرخ مبادله ی اتم – جای خالی برای هریک دو عنصر یکسان نخواهد بود.این پدیده اثر کیرکندال نامیده میشود.

بر اثر نرخ غیر یکنواخت دیفیوژن،جاهای خالی اضافی در طرفی از دو عنصر دیفیوژن کننده تجمع میکنند که سریعتر دیفیوژن میکنند.

4)زینتر فعال شده

اضافه کردن مقدار جزئی از عناصر آلیاژی {بهینه کننده} به فلزهای خاص ممکن است موجب فزونی نرخ افزایش چگالی شود به طوری که به 100برابر قطعه بهبود نیافته برسد.این پدیده یکی از مواردی است که ((زینتر فعال شده))نامیده میشود.

این پدیده در فلزات دیر گداز تنگستن ، مولیبدن ،هافنیم ، تانتالیم ، نایابیم ، و رنیم مشاهده شده است.

فصل 10

زینتر کردن به همراه فاز مذاب

به هنگام زینتر کردن قطعه ی فشرده شده ای از پودر فلزی تک جزئی میتوان مکانیسمهای ممکن برای انتقال ماده را برشمرد و مشارکت آنها در زینتر کردن را ارزیابی کرد.این عمل برای زینتر به همراه فاز مذاب امکان پذیر نیست.چون در این مورد دو فرایند مختلف وجود دارد که وجه اشتراک آنها در این است که طی فرایند زینتر ، در یک مرحله فاز مذاب پدیدار میشود.

در یکی از این فرایندها در تمام مدتی که قطعات فشرده شده در دمای زینتر واقع اند فاز مذاب پایدار است.

قطعات در فاصله ی انجماد سیستم آلیاژی زینتر میشوند و در طی تمامی مرحله زینتر ناهمگن هستند.این فرایند در زینتر موادی موسوم به آلیاژ سنگین و نیز کاربیدهای سمنته مشهود است.

آلیاژ سنگین عمدتا شامل تنگستن و 10% یا کمتر از عناصر نیکل و مس یا نیکل و آهن است.

چنین مکانیسمی به ((مکانیسم آلیاژ سنگین))موسوم است.

زینتر کردن بهمراه فاز مذاب:

i. مکانیسم آلیاژ سنگین
ii. زینتر کردن قطعات فشرده شده از مخلوط پودرهای آهن و مس
iii. زینتر کردن قطعات فشرده شده از مخلوط پودرهای مس و قلع

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

فصل 11

زینتر کردن پودر شل ، ریخته گری تعلیقی و نفوذ دادن

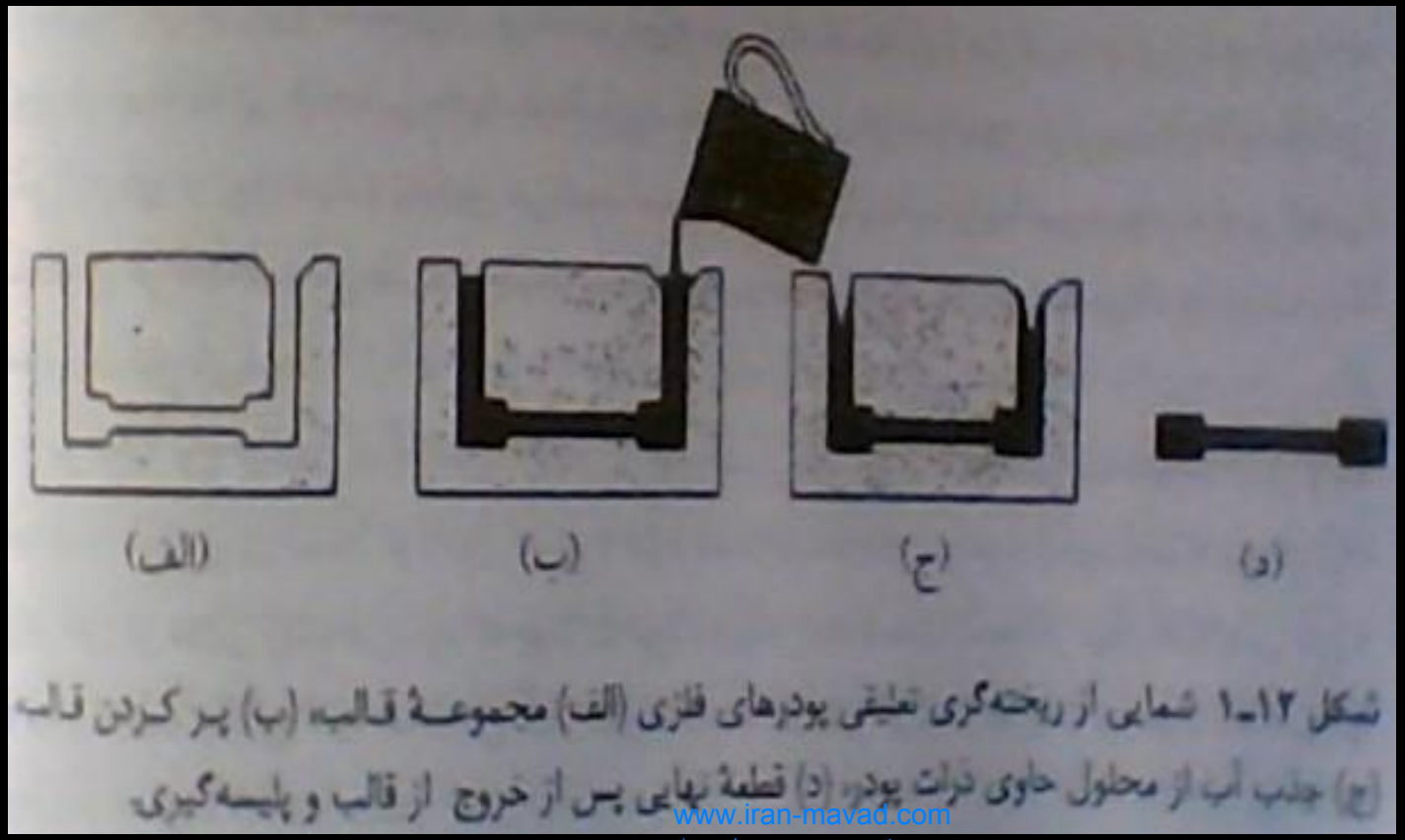
1)زینتر کردن پودر شل:

در این روش برخلاف روش فشردن نیازی به اعمال فشار نیست.

کاربرد روش زینتر کردن پودر شل در تولید محصولی با چگالی نزدیک به چگالی نظری مربوط به زینتر پودر شل بریلیم بدون اعمال فشار است.

زینتر پودر شل در تولید محصولات متالورژی پودر در ساخت یاتاقان دقیق خودرو با پشت بند فولادی و یاتاقان شاتون بکار میرود.

2)ریخته گری تعلیقی:پودرهای فلزی را میتوان شبیه سرامیکها با ریخته گری تعلیقی به شکل مطلوب درآورد.



شکل ۱۲ـ۱ شمایی از ریخته‌گری تعلیقی پودرهای فلزی (الف) مجموعهٔ قالب (ب) پر کردن قالب (ج) جذب آب از محلول حاوی ذرات پودر (د) قطعهٔ نهایی پس از خروج از قالب و پلیسه‌گیری

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

3)نفوذ دادن: درفرایند نفوذ دادن منفذهای یک قطعه جامد زینتر شده با فلز یا آلیاژ مذاب پر میشود.نقطه ذوب قطعه باید خیلی بیشتر از فلز یا آلیاژی باشد که نفوذ میابد.

فصل12

منسجم سازی گرم پودرهای فلزی

روشهای زیر جزو منسجم سازی گرم اند:

- پرس گرم ، که شامل ((زینتر جرقه ای)) نیز است.
- اکستروژن گرم
- پرس ایزواستاتیک گرم
- آهنگری گرم پودر های فلزی

فصل 13

متالورژی پودر دیر گدازها و فلزات واکنش پذیر

فلزاتی با نقطه ذوب بیشتر از 2000 درجه سانتی گراد فلزات دیرگداز نامیده میشوند.این فلزات شامل عناصر زیر است:

W ; Ta ; Re ; Mo ; Nb ; Hf ; Os ; Ru ; Ir

1)محصولات تنگستن به صورت سیم:فلزی است با نقطه ذوب بسیار زیاد که برای تولید رشته های لامپ از آن استفاده میشود.

2)سایر محصولات تنگستن و آلیاژ های آن

3)مولیبدن

4)تانتالیم:مهمترین کاربرد تانتالیم در خازنهای الکترولیتی است.به سبب مقاومت خوردگی ، تانتالیم در صنایع شیمیایی بصورت تسمه ، لوله ، سیم ، قطعات ساخته شده بکار میرود.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

5)متالورژی پودر تیتانیم ، زیرکونیم و آلیاژهای آنها:

به سبب گرانی ، از تیتانیم و زیرکونیم و آلیاژهای آنها محدود به کاربردهایی است که نیاز به خواص برجسته ی فلزات و آلیاژها این کاربرد را توجیه میکند.

آلیاژ تیتانیم در هوا-فضا و «زیرکالوی » از آلیاژهای زیرکونیم در صنایع هسته ای کاربرد دارند.

فلزات متخلخل

متالورژی پودر متداولترین روش تولید محصولات فلزی متخلخل است که در آن مقدار تخلخل و اندازه و چگونگی توزیع منفذها کنترل میشود.

سه گروه از فلزات متخلخل که در حد تجاری تولید میشوند در درجه اول در مقدار تخلخل باهم تفاوت دارند. این سه گروه عبارت اند از:

1) مواد فلزی که در آنها ساختار متخلخل بعنوان مخزنی برای ماده ی روانساز عمل میکند،مانند یاتاقانهای خودروغنکار
2) مواد فلزی که نرخ نفوذ سیالات در آنها از طریق ساختار متخلخل در حد کنترل شده است و به این سبب بعنوان صافی بکار میروند.
3) مواد فلزی که سطح داخلی آنها زیاد است و بعنوان الکترودهای متخلخل در باتریها و پیلهای سوختی بکار میروند.

1)یاتاقانهای خودروغنکار:مراحل تولید یاتاقانهای متخلخل عبارت اند از:

- انتخاب پودر
- مخلوط کردن
- فشردن
- زینتر کردن
- تصحیح ابعاد قطعه
- پر کردن قطعه متخلخل با ماده روانساز

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

2)مواد متخلخل فلزی برای صافیها و موارد کاربرد مشابه:

مصرف اصلی این مواد در زدودن ذرات جامد از مایعاتی نظیر روغن ، بنزین ، مایعات سرد کننده ، پلیمر مذاب ،سوسپانسیو های آبکی و یا جداکردن آنها از هوا و گازهای دیگر است.

3)الکترودهای متخلخل

4)یونیز کننده های تنگستنی مورد استفاده در موتورهای یون سزیمی

5)قطعات متخلخل کشت بافت مورد استفاده در جراحی

کاربیدهای سمنته

کاربیدهای سمنته دسته ای از مواد بسیار سخت و مقاوم در برابر سایش اند که به روش متالورژی پودر تولید میشوند.در اروپا به این مواد ((فلزات سخت)) گفته میشود.

دسته بندی کاربیدهای سمنته:

I. کاربید تنگستن کبالت

II. کاربیدهای سمنته ای که در آنها کبالت بعنوان چسب و کاربید تنگستن جزء اصلی فاز کاربیدی است و کاربیدتیتانیم،کاربید تانتالیم بهمراه آنهاست یا مجموعه ای از این کاربیدها بهمراه کاربید تنگستن در آنها وجود دارد.

III. کاربیدهای سمنته بر پایه ی کاربید تیتانیم

IV. کاربیدهای سمنته کرومی

آهنگری گرم و شکل دادن سرد پیش ساخته ها

1)طراحی پیش ساخته : مسئله اصلی در این نوع آهنگری پودر به طراحی پیش ساخته مربوط میشود.تغییر شکل آن به هنگام آهنگری باید سبب افزایش سریع چگالی شود و در عین حال از تنشهایی که باعث شکست قطعه میشوداجتناب شود.

آهنگری گرم پیش ساخته ها نه تنها به همراه پرچ کاری بلکه با اکستروژن گرم نیز توام است.

2)انتخاب پودر :برای تولید قطعات ساختمانی با خواص مکانیکی برتر نسبت به خواص حاصل از سایر روشهای متداول متالورژی پودر ؛ روش آهنگری پودر بکار میرود.به همین دلیل مخلوطی از پودرهای فولاد آلیاژی حاصل از روش اتمیزه و گرافیت بعنوان ماده اولیه برای پیش ساخته ها انتخاب میشوند

3)فشردن و زینتر کردن:روشهای متداول برای فشردن و زینتر کردن قطعات ساختمانی متالورژی پودر را میتوان برای ساخت قطعات آهنگری پودری نیز بکار برد.

4)آهنگری :ماشینهای آهنگری پودر باید دارای مشخصات معینی باشند : وضعیت نیرو – جابجایی پیش ساخته ها بایدبا وضعیت تغییر شکل آنها مطابقت داشته باشد.

زمان تماس قطعه کار – ابزار باید تا حد امکان کوتاه باشد.

دستگاهها باید تا حد امکان محکم و پایدار باشد و کوبه به خوبی هدایت شود تا دقت ابعادی قطعات آهنگری شده از پودر خوب باشد.

مکانیسمی برای خارج سازی قطعات لازم است.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

5):شکل دادن سرد پیش ساخته های متالورژی پودر:

در صنعت خودروسازی از فرایندی استفاده میشود که در آن قطعه هایی از میلگرد بریده و بوسیله پرچکاری و اکستروژن مستقیم و معکوس به صورت سرد شکل داده میشود.این سریعترین فرایند تولید قطعات قوی تر و با دقت ابعادی مطلوب و بدون ضایعات و یا ضایعات کمتر بصورت قراضه است.

کاربرد های قطعات ساختمانی تولیدی به روش متالورژی پودر و قطعات تولیدی با آهنگری پودر

1)کاربردها و جنبه های اقتصادی قطعات ساختمانی متالورژی پودر:

نخستین کاربرد قطعات ساختمانی متالورژی پودر در خودروها بود.اما مصرف آنها بسرعت در زمینه وسایل خانگی و تجهیزات باغ و مزرعه ،ماشینهای اداری ،ابزار الکتریکی و بسیاری از کاربردهای متنوع دیگر گسترش یافته است.

قطعات ساختمانی تولیدی به روش متالورژی پودر اساسا جایگزین قطعات ریختگی چدنی و قطعات ماشین کاری شده

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

از فولادهای آهنگری شده یا شمش های فولادی مربع مستطیل شکل ، قطعات پتک کاری شده از شمشهایی به شکل ورق ،شده است.

کاربرهای کنونی و آینده ی قطعات پودری آهنگری شده:

چرخ دنده ها مانند اتصالات رسپا ،چر دنده های مایل در مصارف کشاورزی ،چرخک متحرک ،اجزای کشویی کلاچ ،چرخ دنده های رابط.

اجزای هیدرولیکی مانند پیستونهای هیدرولیک،اجزای پمپ ژنراتور،اتصالات هیدرولیکی، بدنه بالابر سوپاپ،

قطعات مغناطیسی مانند قطبهای روتور دستگاه های متاوب کننده برق

قطعات یاتاقان مانند یاتاقانهای غلتک دار با غلطک مخروطی شکل.

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد

سرمتها

اصطلاح ((سرمت)) برای ساختارهای ناهمگنی بکار میرود که از مخلوط منسجم *سرامیک* و اجزای فلزی تشکیل شده اند.

سه گروه از سرمت های گوناگون عبارت اند از:

I. مواد اصطکاکی فلزی (کاربرد مواد اصطکاکی فلزی شامل آستر ترمز و صفحه کلاچ است.)
II. المانهای سوختی از نوع رسوبی و میله های کنترل کننده برای راکتورهای هسته ای
III. مواد ابزار الماسه که با فلز پیوند یافته اند.

Powder metallurgy

by : Fritz V . Lenel

Production by : RooZBEH Moradian

autumn 2013

www.iran-mavad.com
مرجع تخصصی مهندسان مواد