



# 羰基铁粉在MIM产品中的应用

江西悦安超细金属有限公司  
熊广友  
2015年6月

# 关于悦安微特 ABOUT UNIFINE



悦安微特  
UNIFINE

悦安微特 = 微致均一 + 特用超细

**UNIFINE = UNIQUE + SUPERFINE**

# 公司在行业中的地位

Position in the same business

- 世界羰基铁粉产销量第二大企业.
- 国内最大的POM基MIM喂料供应商
- 生产设备精良、自动化程度高，质控手段完善，羰基铁生产工艺技术为国内先进水平
- 在国际粉末行业上享有极高的美誉度
- “微米级羰基铁粉” 被评为广东省重点新产品，江西省自主创新产品。

# 专利和标准制订

## Patent and Standard Setting

### (1) 专利 Patent

中国国家知识产权局发明专利三项 Two invention patents

中国国家知识产权局实用新型专利九项 Two utility patents

中国国家知识产权局四项受理发明专利 Pending with three invention patents

### (2) 国家标准 Standard of China

中国国家标准GB/T24532《微米级羰基铁粉》国家标准制定主要起草单位

中国国家标准GB/T26824-2011《纳米氧化铝》国家标准制定主要起草单位

中国国家标准GB/T 30448-2013《纳米铁粉》

中国国家标准GB 29212-2012《食品安全国家标准 食品添加剂 羰基铁粉》

《纳米氧化锡》、ISO/TC229/SC N961 国家标准和国际标准制定起草单位

# 产品销售区域图

## Product sales area map



### Offices

- 中国企业总部与工厂  
Headquarter and Factory  
工厂：江西大余新世纪工业园  
市场部：苏州办事处  
广州办事处
- 德国分公司  
Yuelong GmbH

### ● 销售区域 Sales Area

- 中国 China
- 日本 Japan
- 台湾 Taiwan(China)
- 韩国 Korea
- 印度 India
- 印度尼西亚 Indonesia
- 美国 United States
- 德国 Germany
- 法国 France
- 意大利 Italy
- 土耳其 Turkey
- 巴西 Brazil
- 南非 South Africa

## 一、MIM与羰基铁粉（CIP）

- 金属粉末注射成形（MIM）是当今世界最热门、最新的金属近净成形技术（net shape technique），适合大批量生产小型、复杂、精密的金属零部件。被称为二十一世纪零部件制造技术的新革命。
- 羰基铁粉（CIP）具有粉粒呈球形且细而均匀、流动性好、纯度高、密度大、易成形烧结等优点，是公认为生产铁基及其合金粉末注射成形零部件最合适的材料。广泛应用于军工、汽车、摩托车、通讯器材、磁性器件等方面。

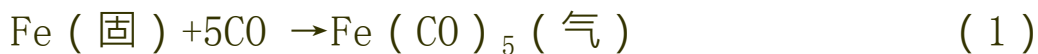


## (1) 羰基铁粉的工艺简介

### ● 羰基铁粉的生产工艺

采用羰基物热分解法：一种由金属羰基化合物加热分解制取金属粉末的方法。

第一步：合成羰基铁

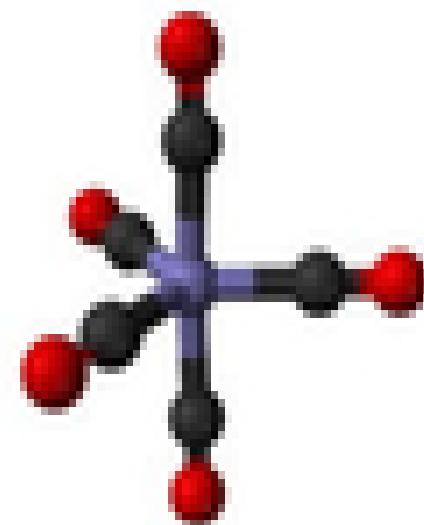


第二步：羰基铁分解



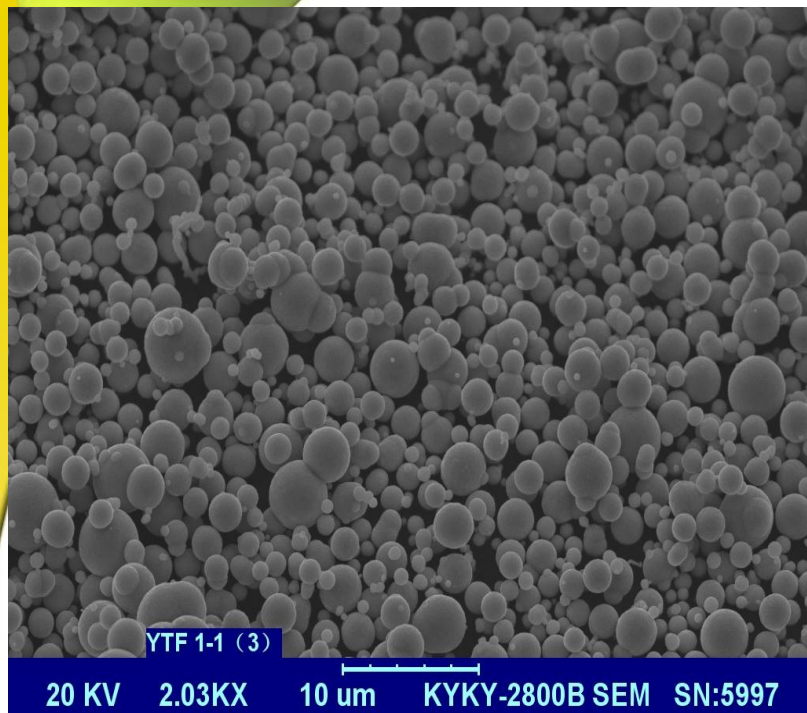
### ■ 影响羰基铁粉粒度与含碳量的要素

羰基铁粉对工艺的要求非常高，五羰基铁分解时温度变化3℃度，气体流量增加5%就能明显改变羰基铁粉粒度及碳含量。

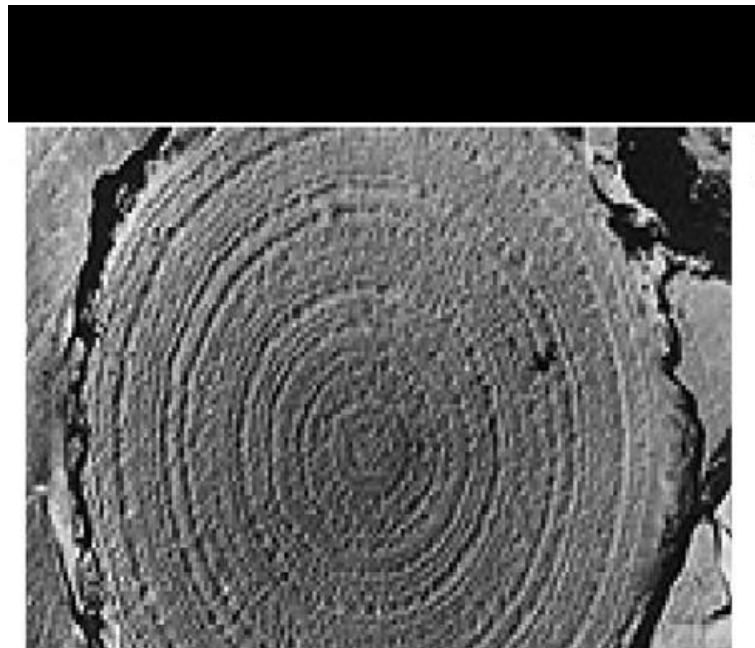


五羰基铁的分子结构图

## (2) 羰基铁粉的形貌与结构特征



电镜下观测到的羰基铁粉

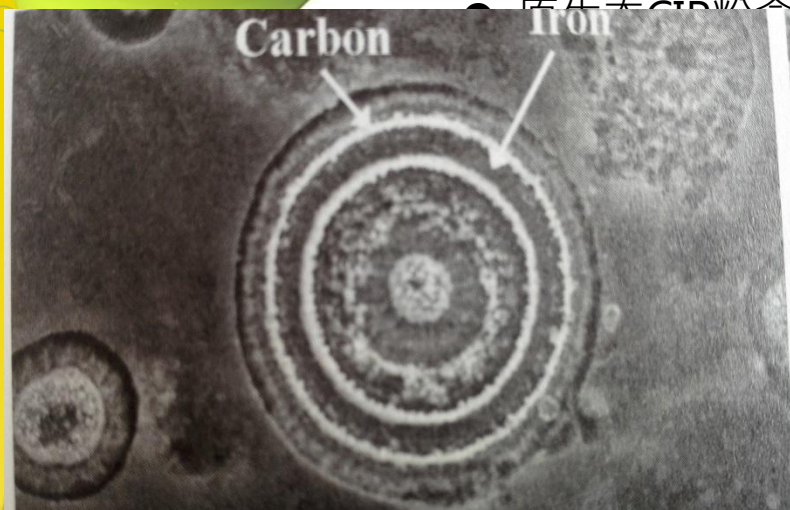


特征:

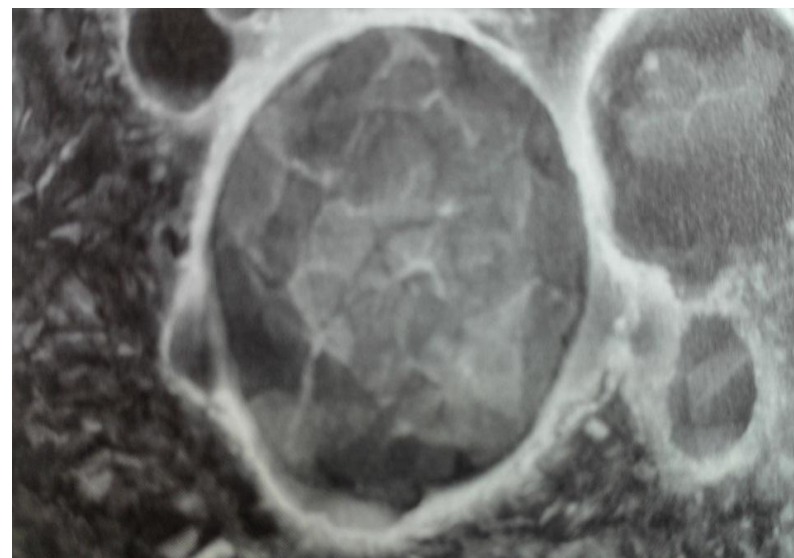
- 球形颗粒，具有洋葱球层状结构、粒度超细、颗粒不粘连及粒度分布均匀、流动性好、密度大、易成形烧结

- 羰基铁粉经分级处理粒度分布集中度可控，分布窄的粒度分布有利于注射成形工艺，微米级羰基铁粉粒度细，表面活性大，可降低烧结温度，节约能源，提高制品密度和材料性能

## ◆ 原生态的CIP粉与还原后的CIP粉结构对照



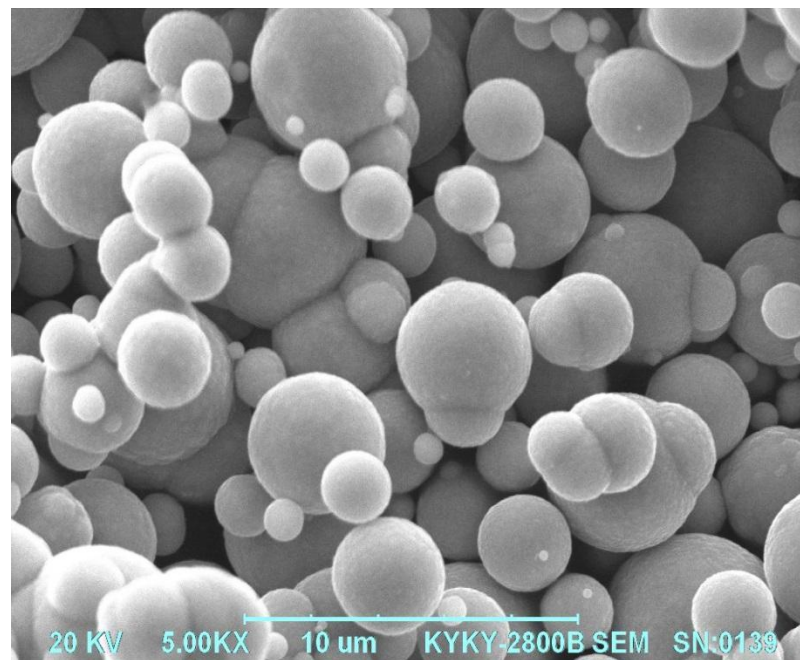
● 原生态CIP粉含纳米层状结构（左图），含适当控制可以提供含碳量在合金钢材质的粉末；



● 还原后的CIP粉末（右图），纳米层状结构消失，且形成部分晶粒，可供作制备可伐合金（含碳量极低）材质的粉末原料。

### (3) 羰基铁粉用于MIM的优越性

- 粉末颗粒超细 (  $D_{50}$  为  $4 \sim 8 \mu\text{m}$  ) 且均匀，表面清洁，烧结活性好，可与多种合金元素粉末混合，烧结合金化过程容易、致密化程度高；
- 颗粒呈球形，用作MIM的喂料，相比其他工艺制备的粉末填充模具的流动性极好；
- 注射料填充模具的性能好、脱脂性好，烧结致密性好；



平均粒径为 $5\mu\text{m}$ 的CIP

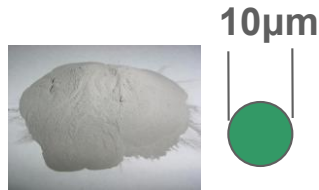
## (4) 羰基铁粉与其它铁粉制作的喂料性能对比



粉末品种	羰基铁粉	氧化还原超细铁粉	水雾化超细铁粉
粉末外观质量	球形度好、表面清洁	形状呈多边形	形状不规则、球形度低
粉末平均粒径D50 $\mu\text{m}$	$\leq 10$ (4~8)	$\leq 15$	$\leq 20$
粉末振实密度TD $\text{g}/\text{cm}^3$	4.0 ~4.1	3.8~4.0	4.0 ~4.5
喂料密度 $\text{g}/\text{cm}^3$	5.10~5.15	5.0~5.1	4.9~5.0
喂料注射流动性与注射质量	注射流动性好、稳定	流动性差，难注射	流动性与稳定性接近CIP
脱脂效果	好	稍差	较好
材料物理性能一致性	一致性好	一致性较差	一致性较好

## 二、MIM工艺简介

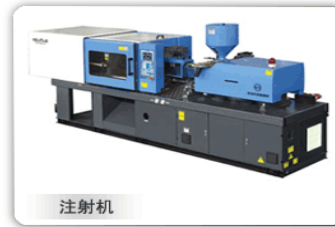
粉末与粘结剂混合制作喂料



混炼与造粒



注射成型



注射成型件含有近乎60%V的金属粉末和40%V的粘结剂

脱脂



脱脂后有部分粘结剂 (主体部分) 被脱除

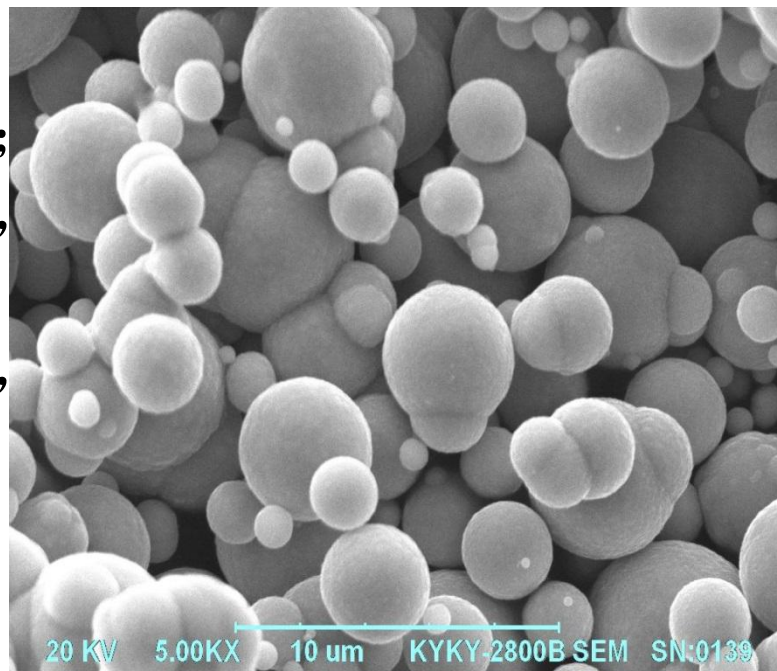
烧结



烧结后的零件相对致密度高达96%以上

## (1) MIM工艺对羰基铁粉末特性要求

- 颗粒尺寸与粒度分布：颗粒尺寸在 $0.2 \sim 10 \mu\text{m}$ 之间， $D_{50}$ 在 $4 \sim 8 \mu\text{m}$ 之间；粒度分布需要非常窄或者非常宽，分布斜率 $S_w$ 的理想值为2或8；
- 振实密度：大于理论密度的50%，无团聚现象（通常达到53%）；
- 颗粒形状与结构：近球形、等轴，典型长宽比为1.2；颗粒致密，内部无孔洞；
- 安息角：大于 $55^\circ$ ；
- 无污染，表面干净。



羰基铁粉形貌

## (2) 羰基铁粉在MIM中的应用—材质与性能

材 质	相对密度 %	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率 %	硬度 HRB/HRC
Fe	96	100	230	40	—
Fe-12Al	96	385	580	2	—
Fe-5Mo	98	210	410	34	66HRB
Fe-2Ni	96	190	345	30	55HRB
Fe-8Ni	95	310	430	21	80HRB
Fe-20Ni	91	—	470	31	53HRB
Fe-50Ni	96	170	420	20	50HRB
1010	97	175	400	19	30HRB
1020	96	185	380	23	67HRB

材 质	相对密度 %	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率 %	硬度 HRB/HRc
1060	97	260	580	25	80HRB
2200	96	125	290	45	45HRB
2700	95	205	415	26	69HRB
4140	97	390	580	15	18HRc
4140(HT)	96	1240	1380	62	40HRc
4340	96	480	620	26	20HRc
4605	96	205	440	15	62HRB
4605(HT)	96	1480	1655	2	48HRc
4640(HT)	97	1400	2000	3	30HRc

材 质	相对密度 %	屈 服 强 度 MPa	抗拉强度 MPa	伸长率 %	硬度 HRB/HRc
因瓦合金	98	240	425	40	65HRB
可伐合金	98	280	480	42	60HRB
Fe-1Cr-0,5C	94	—	600	10	90HRB
Fe-2Cu-0.8C	95	—	700	10	92HRB
Fe-2Ni-0.5C	94	1230(HT)	1230(HT)	1	45HRc
Fe-2Ni-0.5Mo-0.6C	96	1000(HT)	1200(HT)	2	55HRc
W-4Ni-1Fe	99	300 650 (HT)	500 1000 (HT)	15 20(HT)	30HRc 50HRA(HT)
W-5Ni-2Fe	100	660	930	30	25HRc

# 附：相关材料牌号成分表

材料牌号	成分 (质量分数, %)					
	Fe	Ni	Mo	Mn	Cr	C
1010	余量	—	—	—	—	0.1
1060	余量	—	—	—	—	0.6
2200	余量	2	<0.5	—	—	<0.1
2700	余量	7	<0.5	—	—	<0.1
4140	余量	—	—	—	1.0	0.4
4340	余量	1.0	—	1.0	2	0.4
4605	余量	2	0.4	—	—	0.5
4640	余量	2	1.0	—	—	0.4
可伐合金	余量	29	—	—	Co:17	—
因瓦合金	余量	36	—	—	—	—

### 三、羰基铁粉用于MIM产品范畴

零部件	关键性能	材料举例
汽发动机、气囊、传动螺旋齿轮、车身、转向与底盘部件	强度	镍钢、低合金钢、铜钢
锁件	强度、复杂形状	镍钢
光电转化器封装盒	抗电磁干扰、低膨胀	Fe-36Ni或Fe-Ni-Co合金
计算机网络零件	散热、低热疲劳	可伐合金F15
计算机硬盘驱动部件	磁响应	纯铁素体—Fe
微波吸收封装盒	吸收电磁波	Fe-Ni合金
摄像机部件	磁响应	纯铁素体—Fe
工业机器工具	硬度、强度、韧性	可热处理高强度钢
枪械部件	硬度、强度	铁镍合金钢

# (1). MIM铁系制品的最大用户—汽车制造业



● 中国是汽车生产与消费大国，几年来，中国汽车业一直保持高速发展，年产量突破2000万台，年销售量接近1900万台。

● 汽车制造业是MIM制品的最大用户，约占MIM总销售额的60%，最典型用途是高温、高耐磨性发动机零件和变速箱零件，高附加值的粉末冶金零件正逐步向汽车领域转移。

● 国际上每辆汽车的MIM制品使用量在欧洲是14公斤，日本是16公斤，美国是19.5公斤。而国内汽车的MIM产品使用量只有5公斤左右(上海通用一款别克已经达到13.2kg)这也预示今后几年我国汽车MIM零件产品市场潜力巨大。

● 目前汽车零部件MIM：0.4~0.8元/克，按照MIM占PM部件的40%计算，则年产值可达320亿元~640亿元。按照产值/产量比计算，高于PM零件的产值。

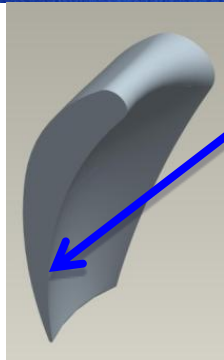
● 轻量化、智能化、节能、安全和环保是当今汽车技术的重要发展方向，MIM技术突破传统PM工艺的瓶颈，可直接制造出接近或具有最终形状和尺寸的零部件，为典型的集材料设计、制备、成形与加工于一体的新技术。



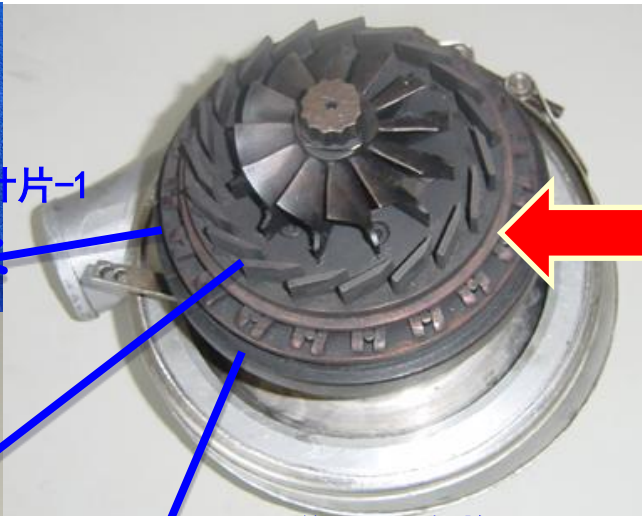
# ◆ 汽车涡轮增压器部件



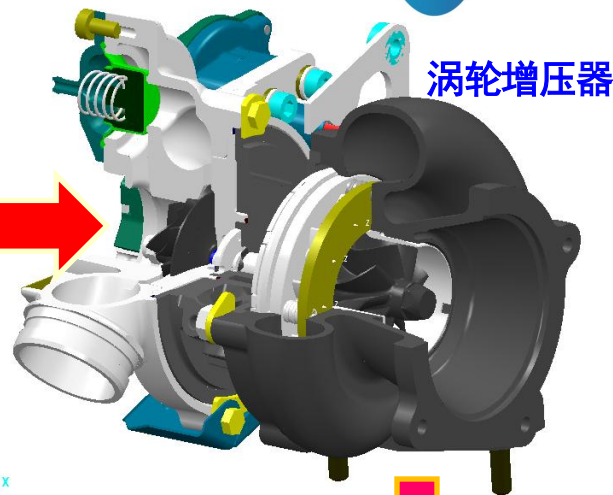
叶片-1



叶片-2



增压器实物



涡轮增压器



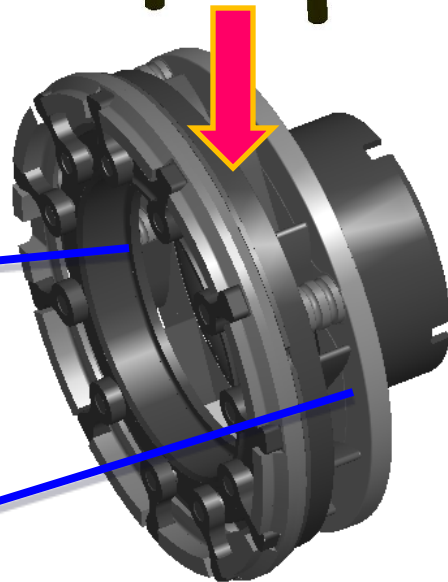
拨叉



拨叉盘



滚轮



## ◆汽车车身与底盘零部件



名称：齿轮组件

材料：铁基粉末（2200）

应用：自动车门与开、关门电动机驱动



名称：凸轮轴链轮

材料：低合金钢

应用：BorgWarner Engine Group

说明：可节约成本10%以上

## ◆ 汽车座椅、车窗升降器与刹车副中的零部件



名称：座椅调节齿轮

材料：Fe-2Ni-0.5C



名称：车窗升降器零件

材料：Fe-2Ni-0.5C



名称：刹车零件

材料：Fe-1Cr-0.5C

## ◆汽车安全带与伸缩驾驶杆中的零部件



名称：安全带锁

材料：铁基粉末 ( Fe-2Cu-0.8C )



名称：可倾斜伸缩驾驶杆部件

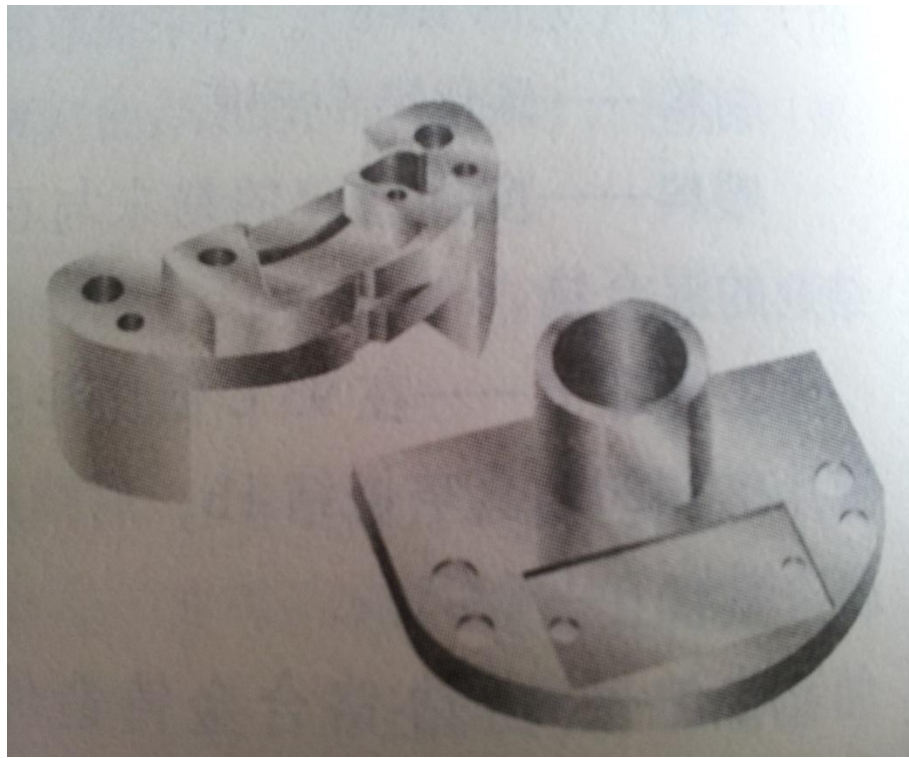
材料：铁基粉末 ( 2200 )

# ◆汽车转向系统及巡航控制装置的零部件



转向系统U型夹

材料：镍钢（4600）



汽车巡航控制传感器安装座

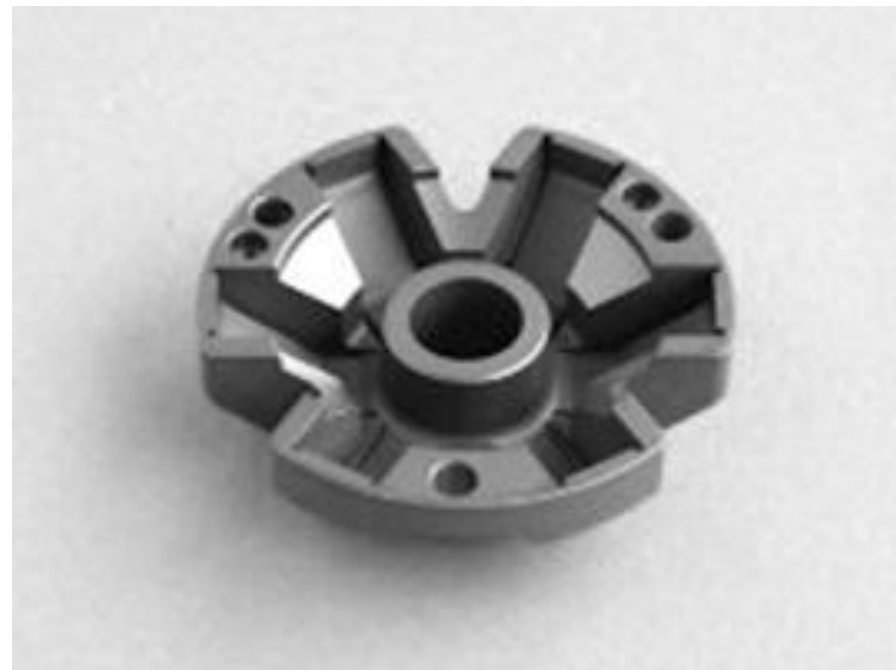
材料：Fe-2Ni

# ◆汽车变速箱与离合器中的铁基零部件



无级变速器部件

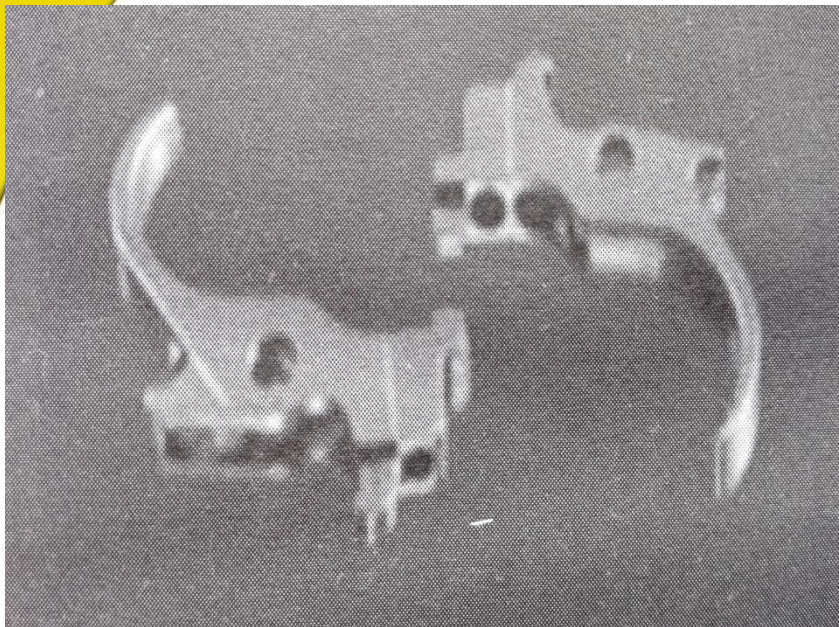
材质：Fe-2Ni



液压式起动机离合器零件

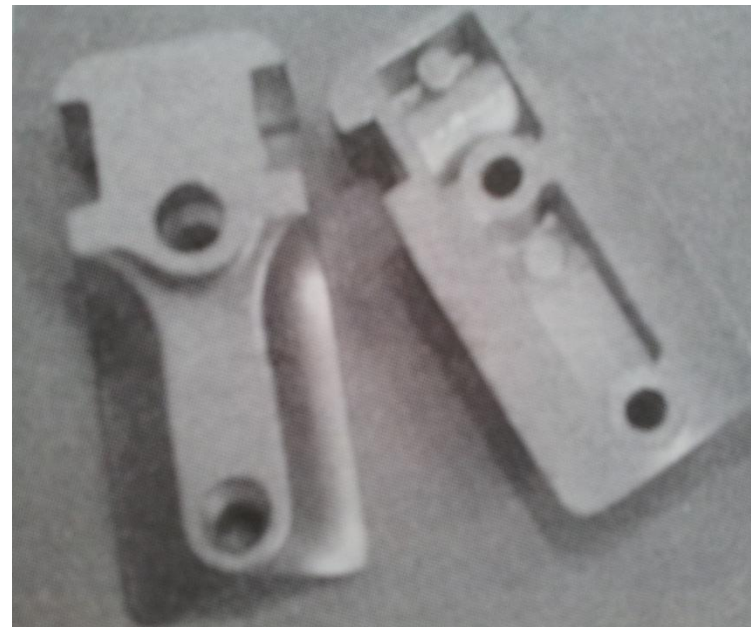
材料：镍钢（2200）

## (2) 羰基铁粉在枪械武器中的MIM部件中的应用



步枪扳机

材料：铁镍合金(Fe-2Ni)



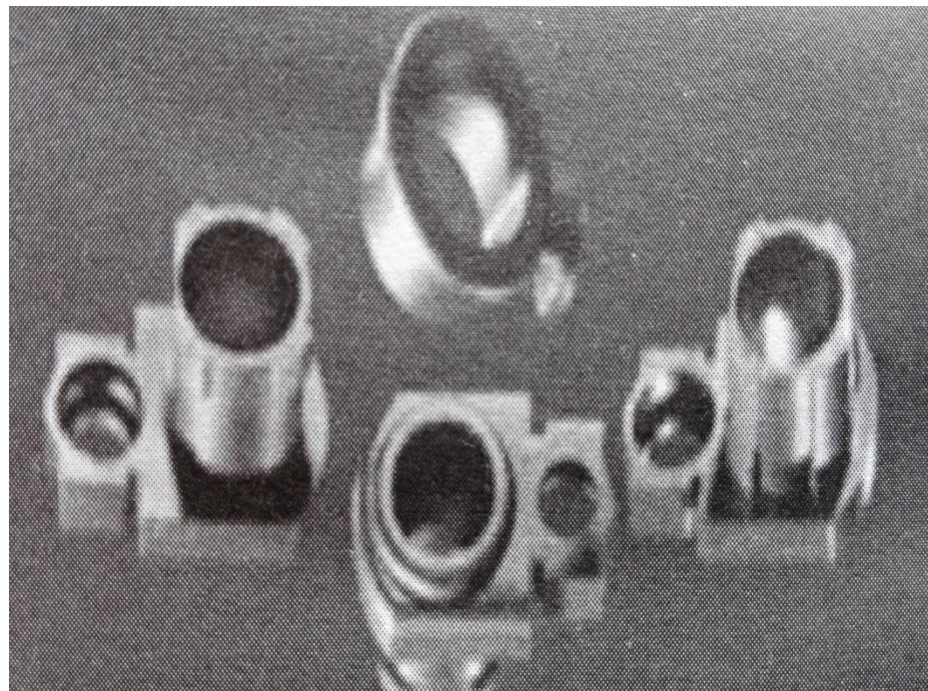
瞄准器安装座

材料：镍钢或铜钢

## ◆手枪与枪管套



左轮手枪零部件  
材料：镍钢

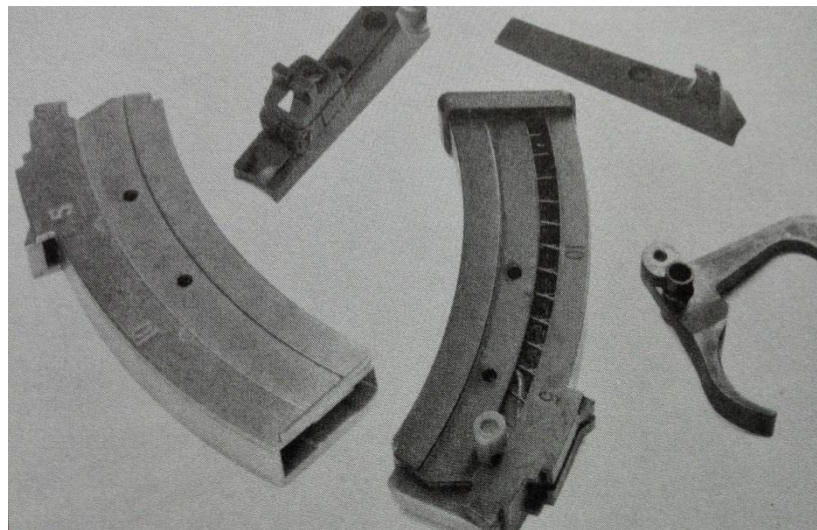


枪管套  
材料：镍钢

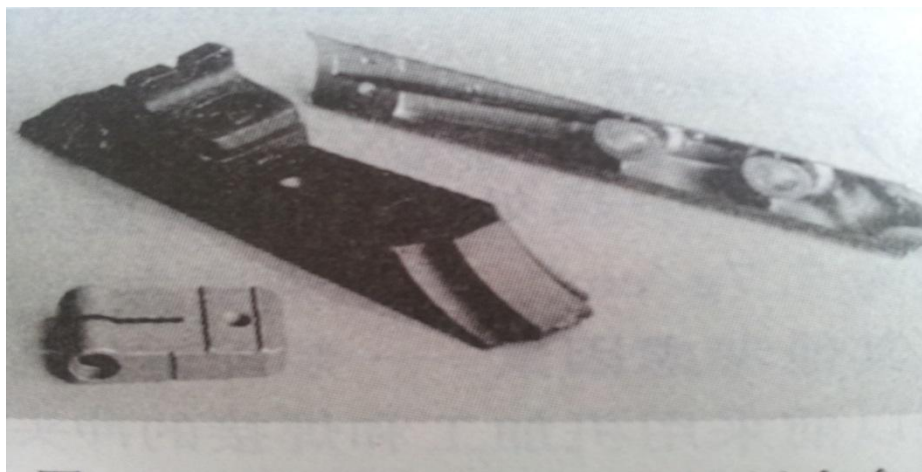
# ◆枪支部件-扳机护罩、弹夹安全件、瞄准器等



步枪扳机护罩  
材料: Fe-2Ni

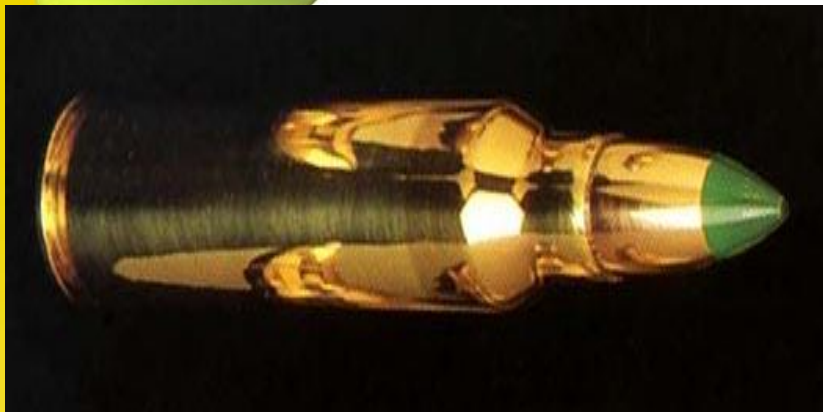


枪械部件-弹夹与相关件

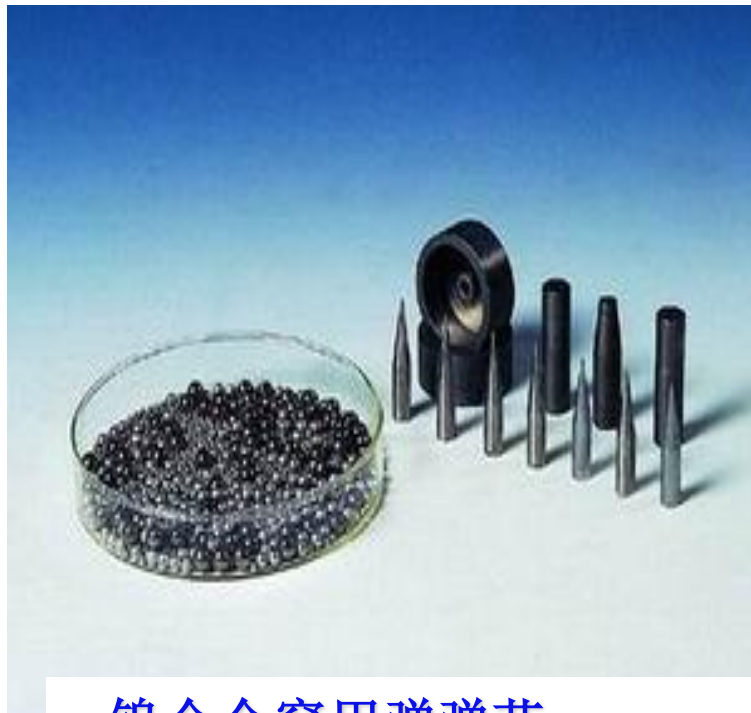


低合金钢后瞄准器安装座与滑块  
材料: Fe-2Ni (基座)、Fe-6C(滑块)

## ◆钨合金穿甲弹弹芯



钨合金穿甲弹



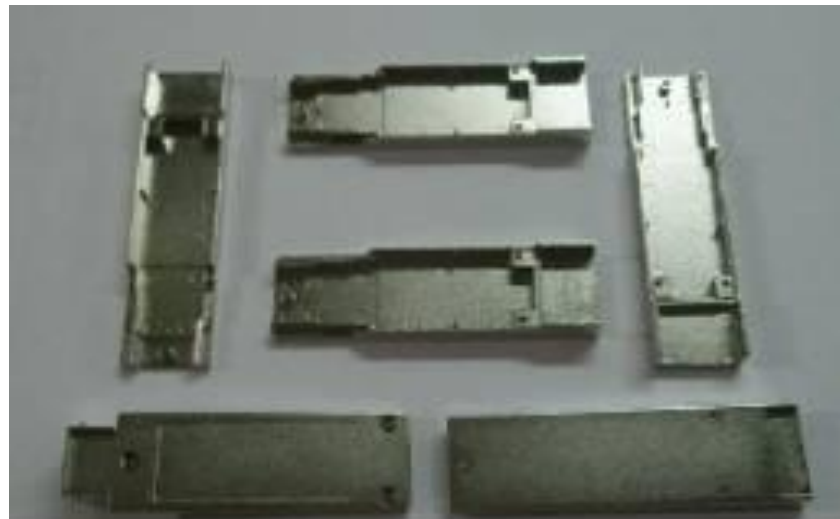
钨合金穿甲弹弹芯  
材料：W-Ni-Fe合金

### (3) 微电子和光电应用中的铁系MIM产品



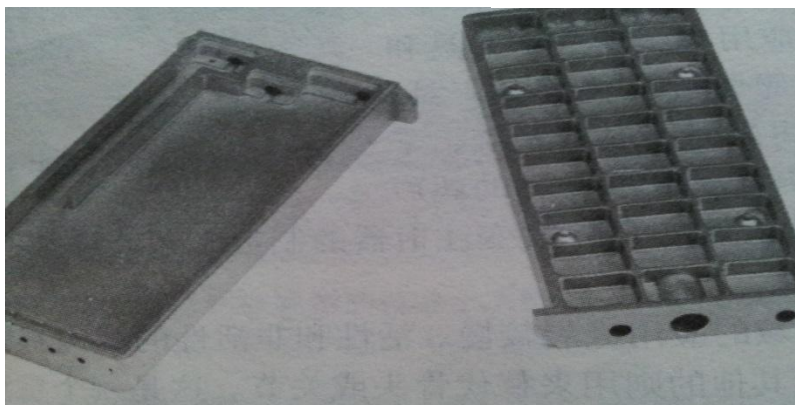
光电转化器模块密封盒

材料：因瓦合金



光电转化模块金属件

材料：因瓦合金

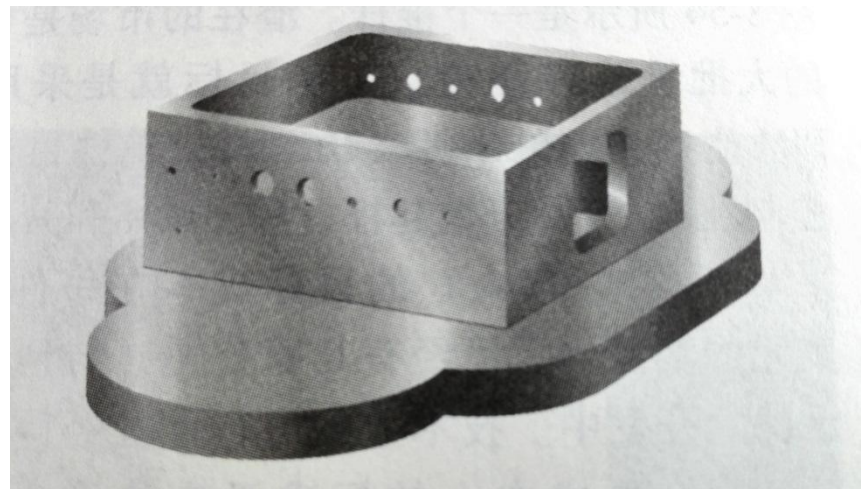


微波模块

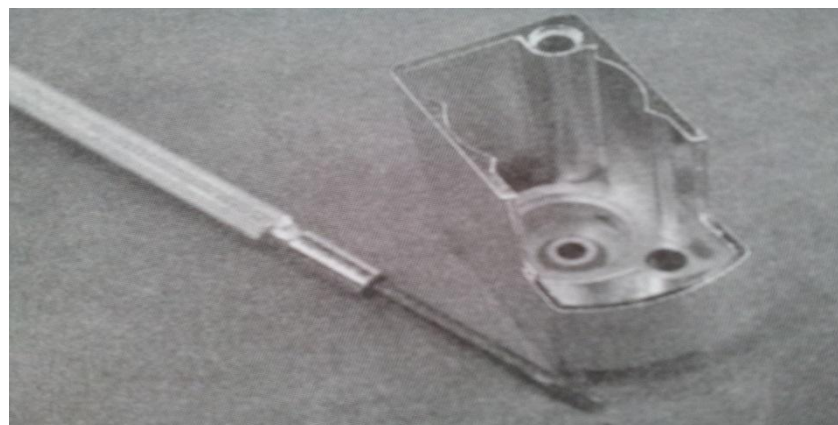
材料：因瓦合金



半导体和玻璃封装盒  
材料：可伐合金

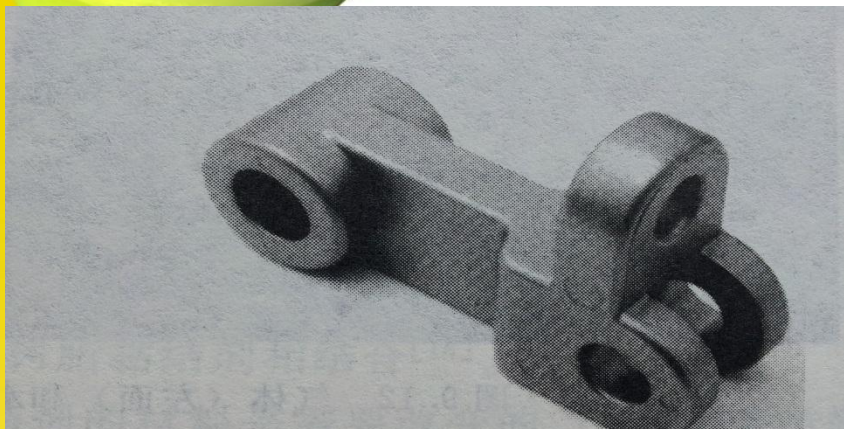


可伐合金与W-Cu合金组成的电子  
封装组合（底部为散热的W-Cu合金）

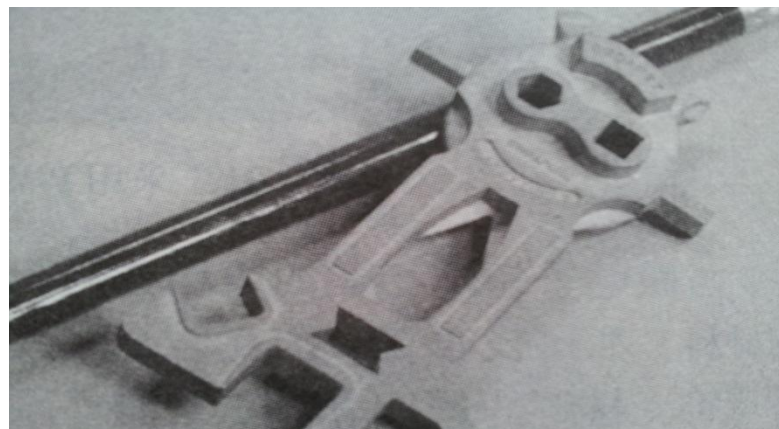


高镍铁合金微波系统部件-螺线管阀套  
材料：镍-铁

## (4) 五金工具应用中的MIM铁系合金产品



低合金钢连接工具  
材料：2200



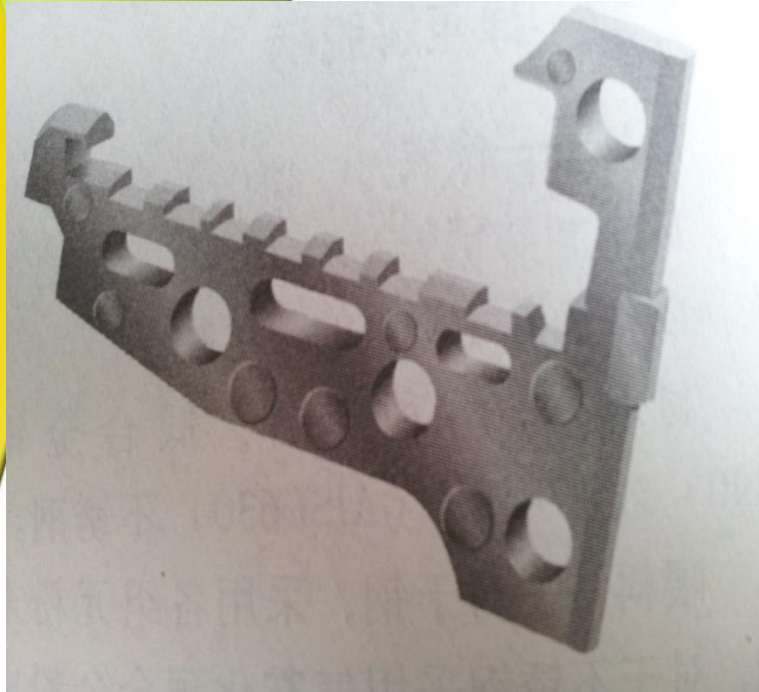
高硬度合金钢手动维修工具-扳手  
材料：4605



电动工具传动件  
材料：镍钢



手动维修工具—六角刀架  
材料：4605



低合金钢射钉挡板（装修工具用）  
材料：**4605 (Fe-2N-0.4Mo-0.5C)**



连接光纤网络的弯曲工具  
材料：**4140 (Fe-1Cr-0.4C)**

## (5) 机械结构部件中的铁系MIM产品



低合金钢结构部件  
材质：铁镍合金 (Fe-2Ni)

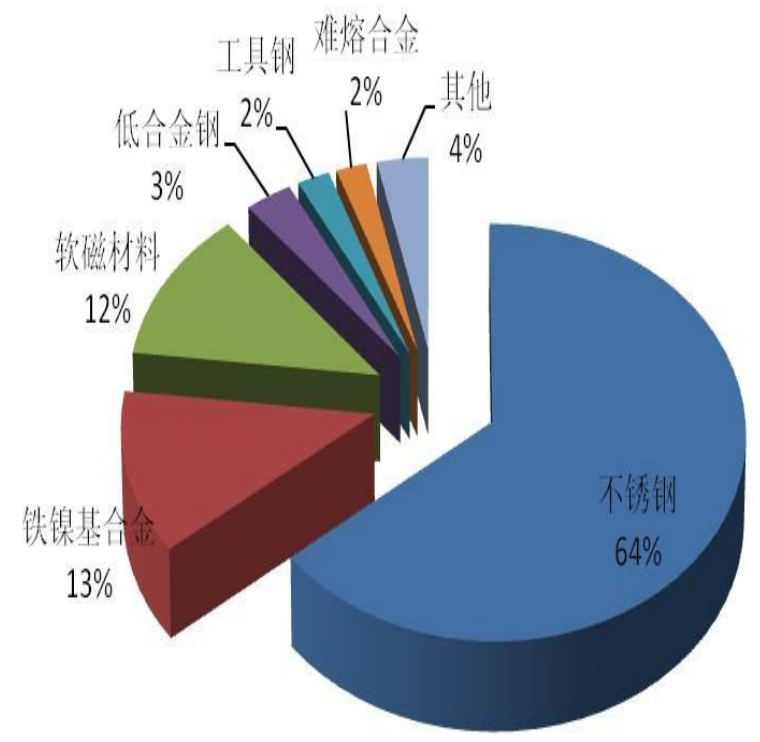
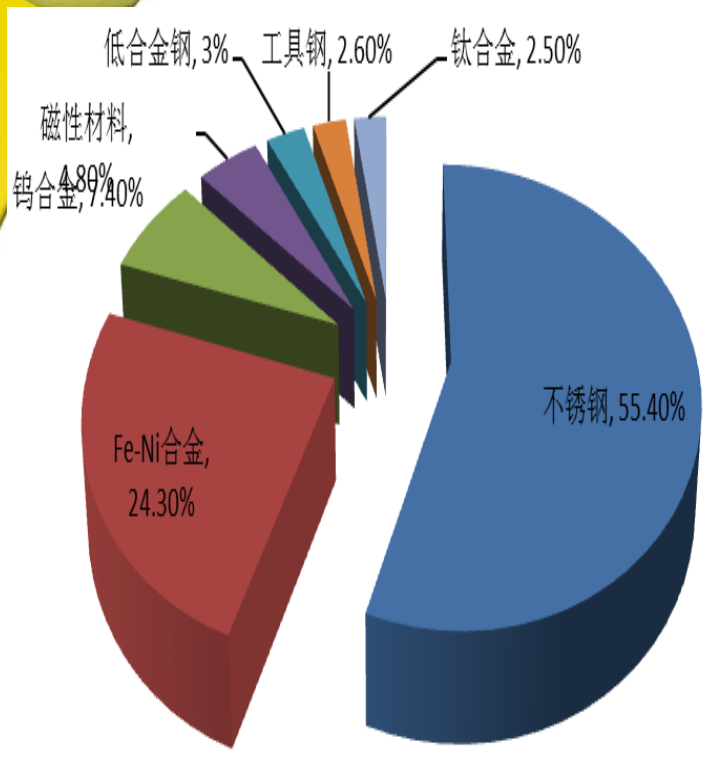


传动齿轮  
材质:2200 低合金钢

# 四、全球MIM材料中铁系合金中CIP的消费态势

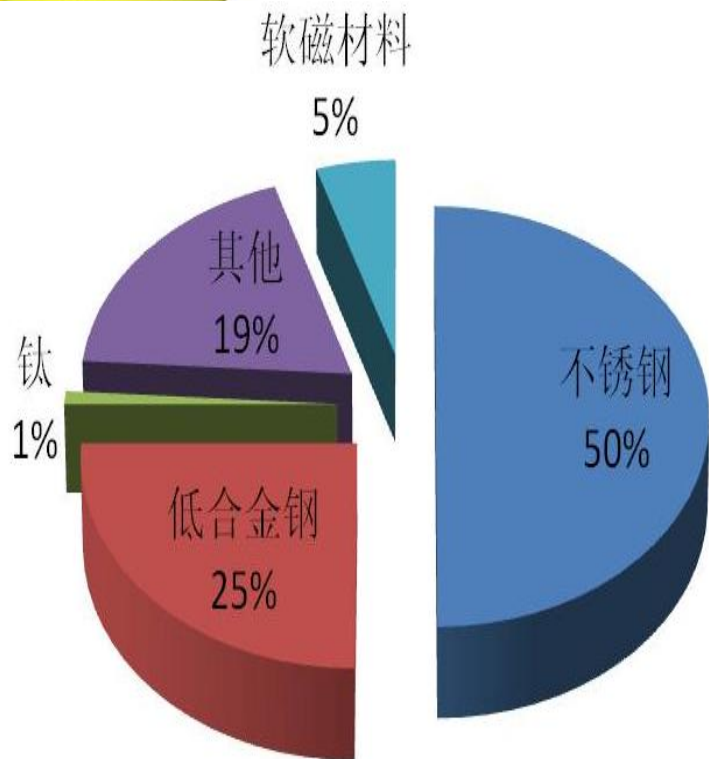
## ◆中国大陆

## ◆日本

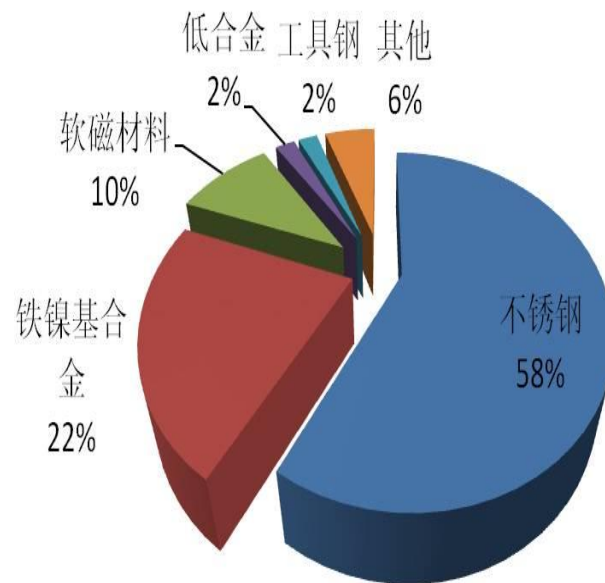


- 中国大陆：Fe-Ni合金、低合金钢、磁材、钨合金占了MIM材料份额的39.6%
- 日本：Fe-Ni合金、低合金钢、磁材、钨合金占MIM材料份额的30%

◆ 欧洲地区



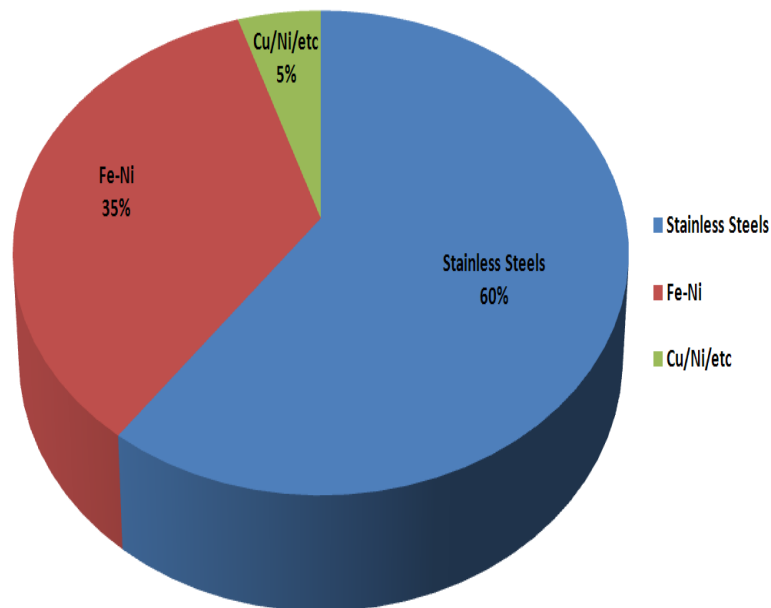
◆ 北美地区



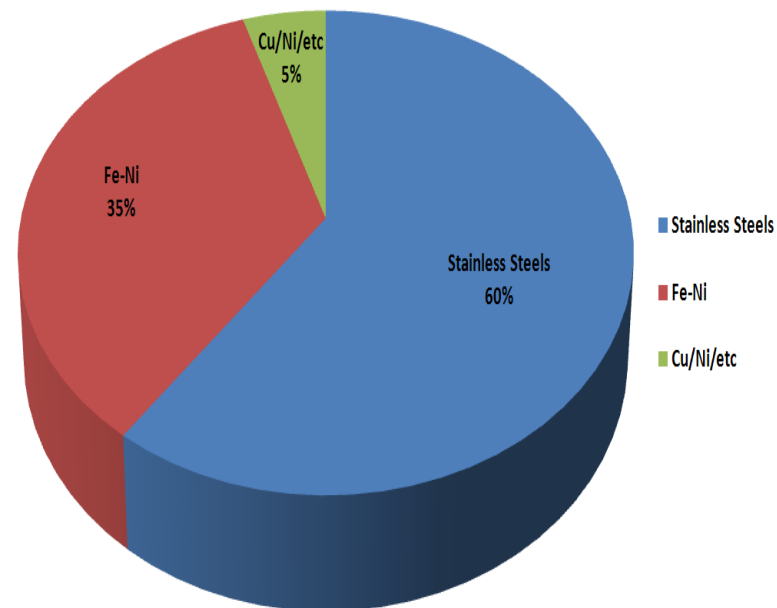
● 欧洲地区：低合金钢、磁材占MIM材料份额的30%

● 北美地区：Fe-Ni合金、低合金钢、磁材占MIM材料份额的34%

◆ 韩国



◆ 台湾地区



- 韩国：Fe-Ni合金占了MIM材料份额的35%
- 台湾地区：Fe-Ni合金占MIM材料份额的35%

## 五、结束语

- 目前MIM技术创新，可生产高密度、高强度、高性能的零件，有助于降低制造成本，生产高性价比零部件；为智能制造，MIM技术可持续发展创造成条件。
- 羰基铁粉在MIM技术中，作为制备高性能、高性价比合金材料的注射成形用喂料，是现代汽车制造业、军工方面的轻型武器制造与机械结构零部件的以及软磁材料方面重要原料，扮演着非常重要的角色。

Thank You!

