

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局

中 国 国 家 标 准 化 管 理 委 员 会发布

201×—××—××实施

201×—××—××发布

烧结金属注射成形材料 规范

**Sintered metal injection moulded materials Specifications**

（ISO 22068:2012，IDT）

（送审稿）

**GB/T** XXXX-201X**/ISO** 22068:2012

3

中华人民共和国国家标准

**ICS** 77.160

**H** 72

1. 前  言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用ISO 22068:2012《烧结金属注射成形材料 规范》。

为便于使用，本标准做了下列编辑性修改：

——删除国际标准的前言；

——部分章节增加编号。

与本标准中规范性引用的国际文件一致性对应关系的我国文件如下：

GB/T 228.1-2010 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温试验方法(ISO 6892-1:2009，MOD)；

GB/T 230.1-2018 金属材料洛氏硬度试验 第1部分：试验方法(A、B、C、D、E、F、G、H、K、N、T标尺)(ISO 6508-1:2005，MOD)；

GB/T 3850-2015 致密烧结金属材料与硬质合金 密度测定方法(ISO 3369:2006，IDT))；

GB/T 4340.1-2009 金属材料 维氏硬度试验 第1部分：试验方法(ISO 6507-1:2005，MOD)；

GB/T 7963-2015 烧结金属材料（不包括硬质合金）拉伸试样(ISO 2740:2009，IDT)；

GB/T 9097-2016 烧结金属材料（不包括硬质合金）表观硬度和显微硬度的测定 (ISO 4498-1:2010，IDT)；

GB/T 10125-2012 人造气氛腐蚀试验 盐雾实验(ISO 9227:2006，IDT)；

GB/T 13012-2008 软磁材料直流磁性能的测量方法(IEC 60404-4:2000，IDT)。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本标准起草单位：深圳市注成科技股份有限公司、广东省材料与加工研究所、浙江新华机械制造有限公司

本标准主要起草人：张越、康俊、林炽余、刘方舟

烧结金属注射成形材料 规范

1. 范围

本标准详细说明了烧结金属注射成形材料的化学成分、力学和物理性能的要求。其目的在于给设计与材料工程师提供制定仅用于金属注射成形（MIM）工艺生产的材料成分所必要的资料。

本标准不适用于采用其他粉末冶金工艺生产的结构零件，如压制-烧结、粉末锻造技术。

1. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

ISO 2740 烧结材料（不包括硬质合金）拉伸试样部分

ISO 3369 致密烧结金属材料与硬质合金 密度的测定

ISO 4498 烧结金属材料（不包括硬质合金） 宏观硬度和微观硬度的测定

ISO 6507-1 金属材料 维氏硬度测试 第1部分：测试方法

ISO 6508-1 金属材料 洛氏硬度测试 第1部分：测试方法（表A,B,C,E,F,G,H,K,N,J）

ISO 6892-1 金属材料 拉伸试验 第1部分：室温下测试方法

ISO 9227 人造气氛腐蚀试验 盐雾实验

IEC 60404-4 磁性材料 第四部分：软磁材料的d.c磁性能测试方式

ASTM D2638 用氦气体密度仪测定煅烧石油焦真密度的标准方法

ASTM D4892 固体硬沥青密度的标准试验方法(氦比重瓶比重测定法)

1. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

抗拉强度 tensile strength

Rm

抗拉强度（MPa）是在平行于试样长轴的方向施加拉力时，试验试样抗断裂的能力。

3.2

规定塑性延伸强度 proff strength,plastic extension

Rp0.2

规定塑性延伸强度（MPa）是在拉伸的应力 - 应变曲线上按比例材料达到0.2％残余变形时的载荷除以原始的横截面面积。

3.3

断后伸长率 percentage elongation after fracture

A25

断后伸长率用原始标距长度（25.4mm）的百分率表示。

注：为得出断后伸长率，需从总的断后伸长率中减去0.2%规定塑性延伸强度时的弹性应变。

3.4

密度 density

材料每单位体积的质量，密度用g/cm3来表示。

3.5

硬度 hardness

粉末冶金材料对压痕的抗力，在特定的条件下测量。

1. 标准性能的测试方法

4.1 概述 general

下列测试方法用于测试表1到表6中的标准性能。

4.2 化学成分 chemical composition

化学分析方法应符合相关国家标准的规定。如果没有可用的国家标准，可由供需双方协商确定。

4.3 密度 density

密度的测试应按照ISO 3369的规定进行，或按照ASTM D2638或ASTM D4892的规定，通过气体比重瓶测量法测试。

4.4 抗拉强度 tensile strength

抗拉强度的测试应按照ISO 2740和ISO 6892-1的规定进行。

4.5规定塑性延伸强度 proff strength,plastic extension

规定塑性延伸强度的测试应按照ISO 2740和ISO 6892-1的规定进行。

4.6断后伸长率 elongation

断后伸长率的测试应按照ISO 2740和ISO 6892-1的规定进行。

4.7磁性能 magnetic properties

施加1990A/m（25Oe）磁化场时，最大磁导率和磁感应强度应按照IEC 60404-4来测定。

1. 其他测试方法

5.1 硬度 hardness

硬度的测试应按照ISO 4498、ISO 6507-1和ISO 6508-1的规定进行。

5.2 耐蚀性 corrosion resistance

采用四种腐蚀性介质和测试方法（见5.2.1～5.2.4）评定MIM不锈钢合金的抗腐蚀性能。

5.2.1 硫酸实验 sulfuric acid test

将5mm×10mm×55mm的标准试样，在室温下，于2%（wt%）硫酸溶液中浸泡1000h，重复试验三次。参照MPIF62标准测定每一件试样的失重，然后换算为每天单位表面积（dm2）的失重指标，单位为g/（dm2.day）。

5.2.2 硫酸铜实验 copper sulfate test

在17℃～20℃的温度条件下，将测试试样或零件浸泡在硫酸铜溶液中（将1g结晶硫酸铜溶解在22.5mL蒸馏水和2.5g分析纯硫酸的混合溶液中）6min±30s。将看不出镀铜痕迹的试样或零件视为通过了本实验（参见ASTM F1089）。

5.2.3 沸水实验 boiling water test

沸水试验是将试样或零件浸泡在蒸馏水中，加热至沸腾并保持30min±1min。然后切断加热源并让试样或零件仍浸泡在水中3h±15min。将试样或零件取出，使之干燥2h±10min。试样或零件上看不出腐蚀，就认为通过了本实验（参见ASTM F1089）。

5.2.4 盐雾实验 salt spray test

按照ISO 9227的盐雾试验方法由供需双方协商确定。

1. 信息和注释

6.1 最小值概念 minimum value concept

本标准采用了最小力学性能值和磁性能值的概念。采用MIM制造零件时，这些值可用于确定***特殊用途的适用材料***（针对特定应用最适用的材料）。

6.2 最小力学性能值 minimum mechanical property values

6.2.1 MIM材料的最小力学性能值用抗拉强度、规定塑性延伸强度（0.2%残余变形法）及断后伸长率表示。材料在烧结和热处理条件下的值均应提供（如适用）。

6.2.2 本标准采用的拉伸性能值都是按照标准ISO 2740所制备的拉伸试样测定的。通过测定切削加工过的非标准拉伸试样，或者直接测定非标准拉伸试样，所得的拉伸性能值可能会不同于依据ISO 2740标准制备的试样测定的结果。因此，证明一个产品的力学性能应该基于依据ISO 2740标准制备的拉伸试样所得到的拉伸性能。这些试样应该和这个产品的材料是同一批次，同一密度，随同这些产品一起进行烧结和热处理（若要求）。

6.2.3 产品在MIM工艺过程中产生的缺陷可能会限制拉伸性能。如果不进行证明实验，为保证符合国家标准的最小性能规范，有必要对零件进行无损检测。

6.3 证明试验 proof testing

证明零件强度的切实可行的方法是，由MIM零件供需双方协商进行静态或动态试验。这个证明试验应该尽可能的与零件的实际功能相关，如断裂载荷、弯曲试验、拉伸试验等。例如，双方商定破坏载荷必须大于某一规定值。倘若在验收试验中，施加的力超过了规定的值，就表明达到了最小强度值。同一批零件也可以在使用中进行测试并证明是否合格。试验分别确定断裂的静态或动态载荷，并对这些数据进行统计分析，以确定未来生产批次的最小断裂载荷。超过该最小断裂载荷即证明已达到规定的强度要求。

6.4 化学成分 chemical composition

对于每一种材料的化学成分都列出了其主要元素的最小和最大含量。“其他元素”用差减法算出的，其中包括所有的其他元素，列出了质量分数的最大值。

6.5 密度和残余孔隙 density and residual porosity

MIM材料通常接近全致密。如果没有特别说明，MIM材料通常含有小于5％的残余孔隙率。孔隙呈细小圆形且主要分布于晶粒间。产品表面没有孔隙，可视作MIM材料对气体或液体是不渗透的。

6.6 热处理 heat treatment

6.6.1 许多MIM材料都可以通过热处理来提高强度、硬度和耐磨性。含碳量大于0.3％的MIM铁基零件可以淬火硬化和回火。淬火后，需进行回火来消除应力和获得最好的强度和韧性。可以采用不同的回火温度来得到较大范围内的不同强度和韧性。应规定调质钢热处理后的硬度等级。当制作的MIM铁基零件含碳量低于0.3％时，可进行表面硬化（渗碳或者碳氮共渗）来提高表面硬度。

6.6.2 在本标准中所列的热处理态的力学性能值，是在不同回火温度达到的实际最低和最高宏观硬度水平下得到的的最小值。

6.6.3 马氏体不锈钢（MIM-420）与沉淀硬化不锈钢（MIM-17-4PH）也可用热处理来提高强度与硬度。

6.6.4 MIM材料能够采用传统的气氛或真空条件下的热处理工艺。

1. 材料的命名

7.1 命名系统 designation system

本标准规定的金属注射成形材料的命名系统符合ISO/IEC导则，第2部分：2014。

7.2 描述段 description block

描述段应包含“MIM”，表示用金属注射成形工艺制造的粉末冶金材料。

7.3 识别段 identity block

识别段应含有GB/T XXXX-20XX的号码，后面跟着是单项产品段。

7.4 单项产品段 individual item block

7.4.1 编码系统利用两种不同的方法：对于不以锻轧材料存在，仅以MIM合金存在的材料，命名以缩写代码表示合金成分；其中，主要成分写在前面，其次是含量较少的合金元素，都在质量百分比数值之前。如果材料是含碳的低合金钢，字母C是列在最后面的元素，且没有数值给定的数值。合金要求的C含量的范围在数据表中已列出来。例如，Fe-2%Ni的名称是Fe2Ni，如果这个合金添加了碳，这个材料的命名是Fe2NiC。对于有公认的锻轧材料代码的合金，这些材料的命名代码适用于识别相同的MIM合金。例如，只要有可能，不锈钢就用相对应级别的锻轧钢，如316不锈钢和420不锈钢。材料命名代码后面是连字符，连字符后面是以MPa为单位的屈服强度数值，如MIM-Fe2NiC-205。

7.4.2 热处理钢和不锈钢在材料命名中，在材料代码后有一个字母“H”，来表示热处理材料。在”H”之前，整个代码有3个或者4个数值，这些数值是标准的拉伸屈服强度值，单位是MPa。例如，MIM-4340-750H表示的是一种热处理的低合金钢，其名义含碳量为0.4%，镍含量为2%，Cr含量为1%，最小拉伸屈服强度为750MPa。

7.4.3 对于软磁合金，材料代码后面的两个或者三个数字是标准最大磁导率值乘以0.01，不是像在结构钢或不锈钢里的最小拉伸强度。例如，MIM-Fe3Si-55代表一种合金钢，不含碳，含3%硅，标准最大磁导率值是5500。

7.4.4 在本标准中，材料规范的表格中不使用识别段。识别段应该用于销售过程和存在任何歧义的技术文档。因此，例如MIM-GB/T XXXX-20XX-Fe2NiC-205是一个采购订单，由识别段和单项产品段组成。

1. 材料规范

MIM材料规范在表1至表6详细列出。该列表表示标准化的当前状态。拉伸强度（UTS）、屈服强度（YS）和延伸率的标准值是产品在烧结态和热处理态的最小值。其中软磁合金的标准值是在1990A/m（25Oe）时密度、最大磁导率、最大磁感应强度的最小值。表1和表2列出了低合金钢，表3和表4列出了不锈钢，表5列出了软磁合金，表6列出了钛合金。每个表中的材料按合金元素含量增加的顺序排列。

**表1 低合金钢—烧结态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | | 典型值 | | |
| 化学成分 | | | | | | | | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度  ≥  Rp0.2  MPa | 断后断后伸长率  ≥  *A*25  % | 密度  ρ  g/cm3 | 宏观硬度 | |
| Fe  % | C  % | Si  % | Mn  % | Ni  % | Cr  % | Mo  % | 其他 元素  % | 洛氏硬度  HRB | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-Fe2Ni-110 | 余量 | ﹤0.1 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 255 | 110 | 20 | 7.6 | 45 | 87 |
| MIM-Fe2NiC-205 | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 380 | 205 | 11 | 7.6 | 80 | 150 |
| MIM-Fe8Ni-210 | 余量 | ﹤0.1 | ﹤1.0 | — | 6.5-8.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 380 | 210 | 20 | 7.6 | 69 | 123 |
| MIM-Fe8NiC-300 | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 6.5-8.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 550 | 300 | 6 | 7.6 | 90 | 180 |
| MIM-Fe8NiC-500 | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 6.5-8.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 750 | 500 | 5 | 7.6 | 100 | 250 |
| MIM-4140-400 | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.9 | — | 0.9-1.2 | 0.15-0.30 | ﹤1.0 | 700 | 400 | 3 | 7.4 | 95 | 210 |
| MIM-4340-500 | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | 1.4-2.0 | 0.7-1.4 | 0.2-0.3 | ﹤1.0 | 700 | 500 | 4 | 7.4 | 100 | 240 |
| MIM-4605-170 | 余量 | 0.4-0.6 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | 0.2-0.5 | ﹤1.0 | 380 | 170 | 11 | 7.5 | 80 | 150 |
| MIM-52100-450 | 余量 | 0.8-1.05 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | — | 1.35-1.65 | — | ﹤1.0 | 750 | 450 | 3 | 7.4 | 95 | 200 |
| MIM-52100-630 | 余量 | 0.8-1.05 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | — | 1.35-1.65 | — | ﹤1.0 | 950 | 630 | 5 | 7.4 | 100 | 250 |
| 烧结态的力学性能，快速冷却会得到更高的强度。 | | | | | | | | | | | | | | |

**表2 低合金钢—热处理态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | | 典型值 | | |
| 化学成分 | | | | | | | | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度（0.2%）  ≥  Rp0.2  MPa | 断后伸长率  ≥  *A*25  % | 密度  ρ  g∕cm3 | 宏观硬度 | |
| Fe  % | C  % | Si  % | Mn  % | Ni  % | Cr  % | Mo  % | 其他 元素  % | 洛氏硬度  HRC | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-Fe2NiC-700H | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 800 | 700 | 5 | 7.6 | 30 | 300 |
| MIM-Fe2NiC-1000H | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 1200 | 1000 | 3 | 7.6 | 50 | 510 |
| MIM-Fe8NiC-700H | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 6.5-8.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 800 | 700 | 5 | 7.6 | 35 | 345 |
| MIM-Fe8NiC-1000H | 余量 | 0.4-0.8 | ﹤1.0 | — | 6.5-8.5 | — | ﹤0.5 | ﹤1.0 | 1300 | 1100 | 2 | 7.6 | 50 | 510 |
| MIM-4140-600H | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.9 | — | 0.9-1.2 | 0.15-0.30 | ﹤1.0 | 750 | 600 | 3 | 7.4 | 25 | 265 |
| MIM-4140-1200H | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.9 | — | 0.9-1.2 | 0.15-0.30 | ﹤1.0 | 1300 | 1200 | 2 | 7.4 | 50 | 510 |
| MIM-4340-750H | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | 1.4-2.0 | 0.7-1.4 | 0.2-0.3 | ﹤1.0 | 900 | 750 | 3 | 7.4 | 25 | 265 |
| MIM-4340-1300H | 余量 | 0.35-0.50 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | 1.4-2.0 | 0.7-1.4 | 0.2-0.3 | ﹤1.0 | 1600 | 1300 | 2 | 7.4 | 48 | 485 |
| MIM-4605-1310H | 余量 | 0.4-0.6 | ﹤0.1 | ﹤0.8 | 1.5-2.5 | — | 0.2-0.5 | ﹤1.0 | 1480 | 1310 | ﹤1 | 7.5 | 48 | 485 |
| MIM-52100-1250H | 余量 | 0.8-1.05 | ﹤0.4 | ﹤0.8 | — | 1.35-1.65 | — | ﹤1.0 | 1500 | 1250 | 1 | 7.4 | 25 | 510 |

**表3 不锈钢—烧结态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | | | | 典型值 | | | 典型值 | | |
| 化学成分 | | | | | | | | | | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度  （0.2%）  ≥  Rp0.2  MPa | 断后伸长率  ≥  *A*25  % | 密度  ρ  g∕cm3 | 宏观硬度 | | H2SO4  g/dm2  /day | CuSO4 | Boiling Water |
| Fe  % | C  % | Si  % | Mn  % | Ni  % | Cr  % | Mo  % | Cu  % | Nb+Ta  % | Others  % | 洛氏硬度 | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-316L-140 | 余量 | ﹤0.03 | ﹤1.0 | ﹤2.0 | 10.0-14.0 | 16.0-18.5 | 2.0-3.0 | — | — | ﹤1.0 | 450 | 140 | 40 | 7.7 | 67HRB | 120 | ﹤0.005 | Pass | Pass |
| MIM-430-210 | 余量 | ﹤0.08 | ﹤1.0 | ﹤1.5 | — | 16.0-18.0 | — | — | — | ﹤1.0 | 350 | 210 | 20 | 7.5 | 65HRB | 115 | 0.125 | Pass | Pass |
| MIM-174PH-650 | 余量 | ﹤0.07 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 3.0-5.0 | 15.0-17.5 | — | 3.0-5.0 | 0.15-0.45 | ﹤1.0 | 800 | 650 | 3 | 7.5 | 27HRC | 280 | ﹤0.005 | Pass | Pass |

**表4 不锈钢-热处理态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | | | | 典型值 | | |
| 化学成分 | | | | | | | | | | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度（0.2%）  ≥Rp0.2  MPa | 断后伸长率  ≥  *A*25  % | 密度  ρ  g∕cm3 | 宏观硬度 | |
| Fe  % | C  % | Si  % | Mn  % | Ni  % | Cr  % | Mo  % | Cu  % | Nb+Ta  % | Others  % | 洛氏硬度  HRC | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-420-850H | 余量 | 0.15-0.04 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 3.0-5.0 | 12.0-14.0 | — | — | — | ﹤1.0 | 1000 | 850 | 2 | 7.4 | 44 | 445 |
| MIM-174PH-700H | 余量 | ﹤0.07 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 3.0-5.0 | 15.0-17.5 | — | 3.0-5.0 | 0.15-0.45 | ﹤1.0 | 850 | 700 | 5 | 7.5 | 30 | 300 |
| MIM-174PH-970H | 余量 | ﹤0.07 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 3.0-5.0 | 15.0-17.5 | — | 3.0-5.0 | 0.15-0.45 | ﹤1.0 | 1070 | 970 | 4 | 7.5 | 33 | 325 |
| MIM-174PH-1000H | 余量 | ﹤0.07 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | 3.0-5.0 | 15.0-17.5 | — | 3.0-5.0 | 0.15-0.45 | ﹤1.0 | 1200 | 1000 | 2 | 7.5 | 40 | 390 |

**表5 软磁材料-烧结态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | | | 典型值 | | | | |
| 拉伸性能 | | | | |
| 化学成分 | | | | | | | | | 密度  ρ  g∕cm3 | 最大磁导率 | 磁感应强度 | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度  （0.2%）  ≥  Rp0.2  MPa | 断后伸长率  ≥  *A*25  % | 宏观硬度 | |
| Fe  % | C  % | Si  % | Mn  % | Ni  % | Cr  % | Co  % | V  % | Others  % | 洛氏硬度  HRC | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-Fe2Ni-20 | 余量 | ﹤0.1 | ﹤1.0 | — | 1.5-2.5 | — | — | — | ﹤1.0 | 7.60 | 2000 | 1.40 | 290 | 125 | 40 | 45 | 87 |
| MIM- Fe3Si-55 | 余量 | ﹤0.05 | 2.5-3.5 | — | — | — | — | — | ﹤1.0 | 7.45 | 5500 | 1.40 | 530 | 390 | 24 | 80 | 150 |
| MIM- Fe3Si-80 | 余量 | ﹤0.05 | 2.5-3.5 | — | — | — | — | — | ﹤1.0 | 7.60 | 8000 | 1.40 | 530 | 390 | 24 | 80 | 150 |
| MIM- Fe50Ni-200 | 余量 | ﹤0.05 | ﹤1.0 | — | 49-51 | — | — | — | ﹤1.0 | 7.70 | 20000 | 1.30 | 455 | 160 | 30 | 50 | 93 |
| MIM- Fe50Ni-400 | 余量 | ﹤0.05 | ﹤0.4 | — | 49-51 | — | — | — | ﹤1.0 | 7.70 | 40000 | 1.30 | 455 | 160 | 30 | 50 | 93 |
| MIM-Fe50Co-48 | 余量 | ﹤0.05 | ﹤1.0 | — | — | — | 48-50 | ﹤2.5 | ﹤1.0 | 7.70 | 4800 | 1.90 | 205 | 140 | ﹤1 | 80 | 150 |
| MIM-430-10 | 余量 | ﹤0.05 | ﹤1.0 | ﹤1.0 | — | 16.0-18.0 | — | — | ﹤1.0 | 7.50 | 1000 | 1.10 | 415 | 240 | 25 | 65 | 115 |

**表6 钛-烧结态**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 级别 | 标准值 | | | | | | | | | | 典型值 | | |
| 化学成分 | | | | | | | 抗拉强度  ≥  Rm  MPa | 规定塑性延伸强度  （0.2%）  ≥  Rp0.2  MPa | 断后伸长率  ≥  *A*25  % | 密度  ρ  g∕cm3 | 宏观硬度 | |
| Ti  % | C  % | O  % | N  % | Al  % | V  % | Others  % | 洛氏硬度 | 维氏硬度  HV10 |
| MIM-Ti-400 | 余量 | ﹤0.2 | ﹤0.4 | ﹤0.1 | — | — | ﹤1.0 | 500 | 400 | 5 | 4.2 | 88HRB | 175 |
| MIM-Ti6Al4V-600 | 余量 | ﹤0.2 | ﹤0.4 | ﹤0.1 | 5.7-7.0 | 3.0-5.0 | ﹤1.0 | 800 | 600 | 3 | 4.2 | 30HRC | 300 |

参考文献

[1] ISO 5755, Sintered Metal materials — Specifications

[2] ASTM 1089, Standard.Test Method for Corrosioon of Surgical Instruments

[3] MPIF Standard.Test Method 62，Determination of the Corrosion Resistance of MIM Grades of Stainiess Steel Immersed in 2% Sulfuric Acid Solution