



烧结钢基本知识问答(续)

四、问：烧结钢的金相组织有什么特点？

答：烧结钢金相组织可以看成是双相组织，即由承受载荷的“母材”相和不能承载荷的“气相”两相所组成。

对于母材相，当合金元素分布均匀时，其金相组织与致密钢材完全一样，而当合金元素分布不均匀时，可以出现复杂的金相组织，尤其是含Ni钢。Ni是常用的合金元素，Ni作为合金元素的缺点，一是价格贵；二是在 γ -Fe中扩散速度极慢，当采用 a 种方法合金化时，由于烧结时Ni扩散难以均匀，在Ni核部分可能是奥氏体，Ni核周围含Ni在8—31%的地方为马氏体，在马氏体外圈含Ni在0.8—4%的地方为上贝氏体，0.1—0.8%Ni处为细珠光体，0.1—0.2%Ni处为粗片状珠光体和铁素体。这种组织甚至于出现在用部分预合金铁粉制成的材料中，为了改善这种不均匀的金相组织，通常采用 $3.5\mu m$ 以下的羰基镍粉。高温长时间烧结可以改善复杂的金相组织。

烧结钢中气相的含量（即孔隙率）可以从0到60%内变化。粉末锻造钢的孔隙率几乎为零，而含油轴承的孔隙率通常在15%以上。孔的大小、分布、形状不同均影响烧结钢机械性能。

五、问：烧结钢中孔隙率对烧结钢的机械性能影响如何？

答：因烧结钢内有孔隙，其密度值应为视密度值。对于承受载荷的结构零件多以干密度表示；而对于含油轴承，则以含油密度表示。烧结钢的视密度与相同体积的锻钢密度（即理论密度）之比的百分率称为理论密度百分率。一般认为：低于75%理论密度的为低密度，大于90%的为高密度，75—90%为中密度。机械零

件的密度一般在80—90%之间，含油轴承的密度一般在75%左右。金属过滤器的密度甚至低至50%。粉末热锻零件则在99%以上。

烧结钢零件中的孔隙可以是连通的，也可以是封闭孤立的。当孔隙率低于5%时，多为封闭孔隙，大于15%的则为连通孔隙，含油轴承过滤器等要求连通孔隙。承受载荷的机械零件，则孔隙越少越好。

孔隙率对烧结钢机械性能的影响如下：

1. 对弹性的影响

由于烧结钢中存在着不能承受载荷的“气相”，因此，与锻钢相比，其弹性模量较低。如果母材相的波桑比 μ 值为0.33，则孔隙率对杨氏模量的上限值的影响可由下式求得：

$$\frac{E}{E_0} = \frac{1-P}{1+1.25P}$$

式中， E_0 为母材相的杨氏模量，P为孔隙率。当孔隙率为零时， $E=E_0$ 。

上式对于球形孔隙的烧结钢和粉末冶金材料可以得到较正确的数值。对于不规则形状孔隙和连通孔隙，实际值比计算值为低。孔隙率为5—15%的烧结钢，E值较 E_0 值低10—40%。

由于孔隙的存在，必然在两粉粒接触处出现缩颈。缩颈处易于形成应力集中，结果导致在应力远远低于宏观屈服强度极限时产生局部的塑性变形区或称微区塑性变形，微区塑性变形是多孔烧结材料的一个特点。正由于此，上式仅适用于零件所受应力大大低于宏观屈服极限很多时的弹性变形阶段。

2. 对抗拉强度和屈服强度的影响

烧结钢的抗拉强度(R_m)与孔隙率(P)的关系可以由下式求得：

$$R_m = R_{m0} (1 - \lambda P^{2/3})$$

式中: R_m 为致密母材的抗拉强度, λ 为乘积因子, 它与孔的形状和孔处的应力集中有关。假定孔呈椭圆形, 长轴与短轴长度之比在 1—2 之间, 据实验测定, λ 值在 1.4—2.1 之间。

烧结钢的屈服强度为抗拉强度的 65—85% 和锻钢相比, 烧结钢的屈服强度较接近抗拉强度。有一些粉末冶金材料的屈服强度, 特别是不锈钢的屈服强度比相应的锻造钢为高, 这可能与微区塑性变形所引起的微区加工硬化有关。

成形压力、烧结温度、烧结时间、烧结气氛均影响孔隙数量。孔的形状及大小, 影响抗拉强度。在相同的视密度和烧结等工艺条件下, 用还原法制得的海绵铁粉, 其所制零件比之用雾化铁粉制成的零件, 抗拉强度稍高。其原因是海绵铁粉比表面积大, 有利于烧结。另一个原因是还原铁粉中有少量未被还原的微细氧化物阻碍烧结时晶粒长大, 有利于提高强度。

3. 对疲劳强度的影响

烧结钢的疲劳强度随着密度的提高而提高, 它与抗拉强度几乎成线性关系。当采用常用的疲劳强度试验方法测定时(旋转折断法, 10^7 转数), 对于抗拉强度小于 500 N/mm^2 的烧结钢, 其疲劳比值(即疲劳强度极限值/抗拉强度)接近于 0.4。当 σ_b 超过 500 N/mm^2 时, 其比值趋向降低, 如图 2 所示。对于锻钢和铸铁, 其疲劳比值分别为 0.5 ($\sigma_b \leq 1100 \text{ N/mm}^2$) 和 0.4 ($\sigma_b \leq 400 \text{ N/mm}^2$)。烧结钢的疲劳比值变化在 0.35—0.45 之间。含磷烧结钢, 疲劳比值 ~ 0.3 ($\sigma_b = 300—400 \text{ N/mm}^2$)。对于 Ni-Mo-Cu 烧结钢, 疲劳比值变化在 0.3 ($\sigma_b = 600—800 \text{ N/mm}^2$) 和 0.25 ($\sigma_b = 800—1000 \text{ N/mm}^2$)。表面硬化或碳氮共渗可以将疲劳比值从 0.36 提高到 0.67。

烧结钢的疲劳强度比锻钢较为稳定一致, 而对超负荷应力却表现出较为敏感。和铸铁相似, 烧结钢对缺口的敏感性较低。但如果零件经过整形, 则缺口敏感性增加。

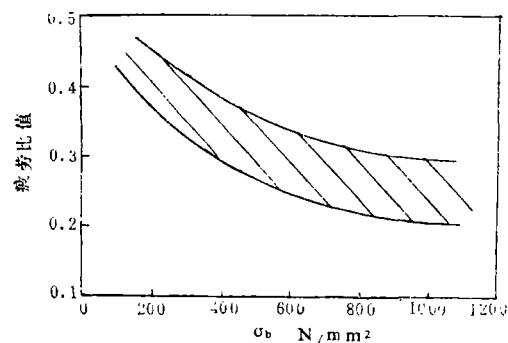


图 2 疲劳比值(疲劳极限/抗拉强度)与 σ_b 的关系

据沈阳粉末冶金厂提供的资料, 粉末锻造齿轮的小能量多次冲击的疲劳强度极限较精锻齿轮为高, 这可能与孔隙的存在具有较小的缺口敏感性有关。

4. 对冲击强度和延伸率的影响

烧结钢的冲击韧性比较低, 它与密度的关系是: 在密度低于 7.0 g/cm^3 时, 其值很低, 而且化学成份的影响不大。当密度超过 7.0 g/cm^3 时, 冲击韧性显著增加, 化学成份的影响也增大。如图 3、4。

孔隙率对烧结钢的延伸度具有强烈的影响, 密度较低的烧结材料多为脆性断裂, 随着密度的升高, 延伸率迅速提高。

烧结铁的延伸率(δ)与孔隙率的关系可用下式求得:

$$\delta = \frac{1 - P^{3/2}}{(1 + K \cdot P^2)^{1/2}}$$

式中, K 为常数, 约等于 2000。上式并未考虑孔的形状。当孔隙率一定时, 断裂前的 δ 值与孔隙的轴平均长度成指数关系。对于纯铁烧结材料, 当密度从 6.3 增到 7.5 g/cm^3 , 抗拉强度从约 100 N/mm^2 提高到 250 N/mm^2 , 延伸率从 5% 提高到 15%, 抗拉强度, 延伸率与密度几乎成线性关系。但是当烧结钢中碳的含量增到 0.7%, 密度为 6.9 g/cm^3 , 在 1120°C 烧结 1 小时后, 虽使抗拉强度提高到 400 N/mm^2 , 但延伸率却降到 2—3%。

Ni 对延伸率有着有利的影响。含碳 0.2%, Ni 5% 的烧结钢, 其抗拉强度为 $400—450 \text{ N/mm}^2$

mm^2 , 延伸率仍可保持5—10%。和Cu相比, Ni的强化效果比Cu小。对于Cu, 每加入1%可以提高抗拉强度 350N/mm^2 , 而Ni仅 200N/mm^2 。但是以Cu作为合金元素, 随着 σ_b 的升高, δ 下降。烧结铜钢, 当其抗拉强度 $\sigma_b=350\text{N/mm}^2$ 时, $\delta=2.5\%$ 。而对于Ni钢, 当 $\sigma_b=350\text{N/mm}^2$ 时, $\delta=11.8\%$, 比烧结铜钢要好得多, 这对于韧性很差的烧结钢来说是极为可贵的。因此承受较大冲击负荷的零件以应用Ni为合金元素为好。

图5为密度、烧结温度对Fe—Cu、Fe—Cu—Ni烧结钢断裂韧性的影响。

值得特别提出的是, 在传统冶金生产中都把磷作为有害元素, 因为磷能导致脆性。但是在

烧结钢生产中, 磷却是一个非常便宜而有益的合金元素。磷的固溶强化比Si、Mn、Ni、Mo、V、Cr、W等元素为高, 如图6。磷能大大提高烧结钢的强度, 但却仍能保持良好的延伸性, 对于延伸率很低的烧结钢, 这是极为可贵的。磷的另一个优点是它能缩小 γ -Fe区, 扩大 α -Fe区, 可以实现在 α -Fe区内烧结, 而在 α -Fe区内, 铁的自扩散速度较之在 γ -Fe区大100倍之多, 这一特点使得有可能实现低温烧结, 烧结时间亦可大大缩短, 具有明显的经济效益。

含磷烧结钢内孔隙的形状球化, 尖隙消除, 这是含磷烧结钢能提高钢的强度又能维持其良好韧性的主要原因。

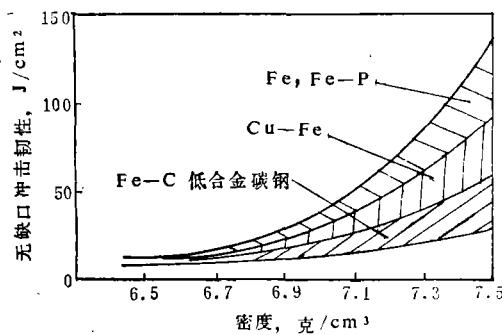


图3 密度与冲击强度的关系

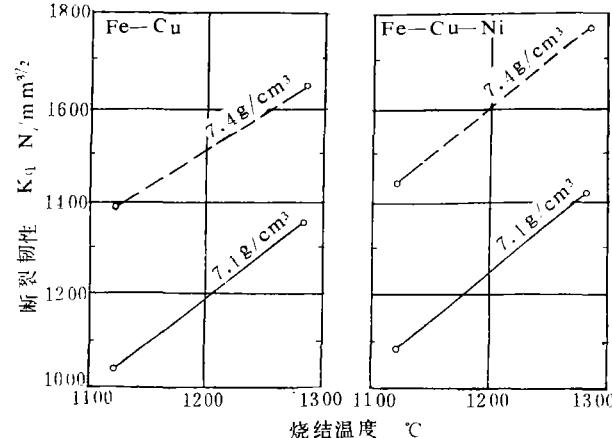


图5 烧结温度和密度对两种烧结钢断裂韧性的影响

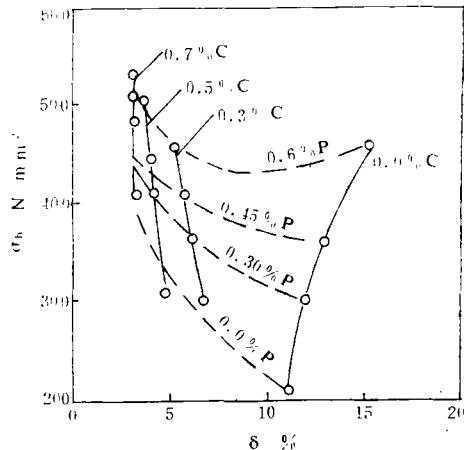


图4 磷、碳含量对烧结钢 σ_b 和 δ 的影响
密度 6.9g/cm^3 , 1120°C 烧结

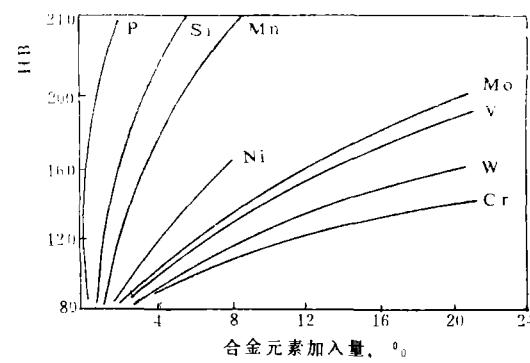


图6 合金元素对 α -Fe的固溶强化作用

5. 对硬度的影响

由于烧结材料中多含有孔隙，因此用布氏、洛氏、维氏等压力法测定的硬度值，实际上是基体硬度和孔隙的总和，并不是基体的真实硬度，这种硬度值应为视硬度，它与致密材料不能进行比较。只有显微硬度才是基体的真实硬度。烧结钢零件设计时硬度的确定决不能搬用锻钢的硬度值。否则一是难以达到，二是若达到锻

钢硬度，则基体的硬度必定超过相应的锻钢硬度，结果会造成偶件的严重磨损。这点务必充分注意。

要说明的另一点是粉末冶金零件中由于压制成形的粉末流动性和各部位受力不匀而导致密度差。其视硬度值亦有一定差别。实际生产中需要规定硬度的测定点，以免在执行合同时引起争端。〔待续〕 〔金家敏解答〕

专利基本知识问答

我国第一部专利法于84年3月12日由六届人大常委会第四次会议通过并于85年4月1日开始执行。其实施细则也于85年1月19日由国务院批准同时执行。自此，我国开始实行专利制度。从85年4月1日至10月31日，中国专利局已受理各种专利申请11,791件。其中，国内申请7,792件；国外申请3,999件。中国专利局还于85年9月10日公开和审定公告了第一批专利申请共100件。经三个月异议期后，到85年12月中旬，对于无异议的专利申请正式授与专利权。

在已受理的申请和已授与的第一批专利中，也有粉末冶金技术领域的项目。

为了使本刊读者了解我国实行的专利制度，增加这方面的知识，以便申请专利或处理有关事务，尤其是充分利用专利文献，推进我国粉末冶金技术的发展，特在此请中国专利局的熊志诚工程师以问答形式对专利基本知识作些介绍。欢迎热心于此的读者提出意见或问题。

1. 什么是专利？什么是专利权？

“专利”这个词是个简略说法，在不同场合具有不同含义。一般有三种含义：一是指专利权；二是指取得专利权的发明创造；三是指专利文献。

“专利权”是由国家专利主管机关依据专利法授与申请人在一定时期内对一项发明创造享有的专有权。

专利权具有以下几个特点：

①专利权不是在完成发明创造时自动产生的，需要申请人按照法律规定向专利局提出申请。专利局在进行审查后，对符合专利法规定的申请，才授与专利权。

②专利权属于工业产权，是无形财产权的一种，具有排他性质，受国家法律的保护。即任何人不经专利权人的许可不得实施（制造，使用和销售）其专利（产品或方法）。

③专利权是一种特殊的财产权，具有时间和地域性。

A. 时间性：专利权具有一定的有效期，过期则无效。有效期过后，该项专利保护的发明创造便成为全社会的共同财富，任何人都可以自由使用。我国专利法规定发明专利的有效期自申请日起算，为15年。

B. 地域性：专利法是国内法，据专利法授与的专利权仅在授与国本国有效，对其他国家没有约束力。同时，每个国家所授与的专利权，其效力是互相独立的。也就是说，中国只保护那些在中国提出申请并授与专利权的那些发明创造，而一项在某国提出申请并授与专利权的发明创造同时在中国提出申请，是否授与专利权要由中国专利局依法决定，与原申请国的决定无关。

2. 专利有哪几种？各有什么特点？