

固 体 渗 碳

北京鋼鐵学院第二次科学报告会資料

冶 金 工 业 出 版 社

固 体 渗 碳

(北京钢铁学院第二次科学报告会资料)

北京钢铁学院金相教研组固体渗碳科研小组

冶金工业出版社

內 容 簡 介

本書是北京鋼鐵學院金相及熱處理教研組師生與該校熱處理車間工人共同試驗總結出的先進經驗。採用這種方法滲碳時間短，設備簡單，滲碳劑可以就地取材。

本書適于中小型工廠的技術人員和工人閱讀。

固 體 滲 碳

(北京鋼鐵學院第二次科學報告會資料)

北京鋼鐵學院金相教研組固體滲碳科研小組

1960年5月第一版 1960年5月北京第一次印刷 5,325 冊

開本787×1092·1/32·字數26,000·印張 $1\frac{6}{32}$ ·插頁4·定價0.24元

統一書號15062·2184 冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行

冶金工業出版社出版(地址：北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第093號

目 录

前 言	4
一、渗碳的一般原理	5
1. 渗碳目的及渗碳用鋼	5
2. 渗碳原理、渗碳后鋼的組織	5
3. 渗碳后鋼的热处理	9
4. 技术要求	9
二、渗碳剂	13
1. 对渗碳剂的要求	13
2. 实验室工作总结	13
三、渗碳工艺	19
1. 配料和装箱	19
2. 温度和时间选择	20
3. 生产性試驗	21
4. 渗碳后工件的热处理	34
四、爐型介紹	35
1. 箱式固体渗碳爐	35
2. 坑式固体渗碳爐	36
3. 箱式爐和坑式爐之比較	36

前 言

我国社会主义建設必須貫徹土洋結合，大中小型工业結合的方針，农业必須很快地实行机械化的方針。自从大跃进以来，全国各地新建了許多工厂，大大地加速了我国社会主义的工业建設。

許多机器零件需要进行热处理，而渗碳处理在热处理工艺中占有重要的地位。固体渗碳法不需要用复杂的設備，渗碳剂也可以就地取材，适用于中小型工厂及人民公社。固体渗碳法的主要缺点就是渗碳操作的时间較长。为了縮短渗碳时间必需寻找新的渗碳剂及渗碳工艺。

北京鋼鐵工业学院金相及热处理教研組师生与車間工人結合，在1960年元旦献礼运动中进行了80余次渗碳剂及工艺的研究。发现几种新成份的渗碳剂在縮短渗碳时间方面效果很好，渗碳質量完全合格。而且已經在北京鋼鐵学院热处理車間，北京东城区軸承厂及北京崇文区建筑五金厂进行生产性試驗均获得良好的結果。

对北京鋼鐵学院热处理車間及北京汽車附件厂生产使用的渗碳热处理爐的爐型也作了分析，研究和介紹。

固体渗碳剂及工艺的研究成果是党的教育为无产階級政治服务，教育与生产劳动相結合的伟大方針的胜利。現將試驗結果印成小册子仅供有关单位技術人員及工人同志参考，并請指正。

一、渗碳的一般原理

1. 渗碳目的及渗碳用鋼

使鋼表面含碳量增加而改变鋼表面成分的操作叫渗碳。渗碳的目的是要使鋼件得到硬的，耐磨的，强度較高的表层、同时保持韌性的中心。对于表面要求耐磨而又承受冲击載荷的許多零件常常要进行渗碳。如齒輪、活塞銷、軸、軸承套圈、滾珠、等要經過渗碳后才进行热处理（淬火、回火）。

渗碳的零件多采用低碳鋼（含碳量为0.15%~0.30%）及低碳合金鋼。一般來說，20号鋼及20Cr鋼用得最多。我們应根据不同的要求来选择所用鋼材，以求耐用和節約。

15号鋼渗碳适于負荷不大的工件，如摩擦片、标准件等。

20号鋼渗碳后强度較高些，作套环、标准件、齒輪、活塞銷等。

20Cr鋼渗碳后适于形状复杂負荷較大的工件。如蝸杆、軸套、負荷較大的齒輪等。

低碳合金鋼渗碳后用于要求高强度、高耐磨性的工件。如18CrMnTi鋼渗碳后可作为精密机床主軸。12Cr2Ni4鋼渗碳后用作汽輪机上大型齒輪。

2. 渗碳原理、渗碳后鋼的組織

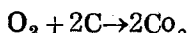
鋼的渗碳在920~950℃进行，这时鋼处于奥氏体状态能够溶解大量的碳。

固体渗碳时常把工件和渗碳剂装在渗碳箱内，用黄泥封好，放在炉中保温几小时就可以了。

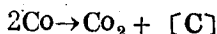
常用的渗碳剂有木炭、木屑(要烘干)及碳酸盐 (BaCO_3 及 Na_2CO_3 等) 在使用前木炭(或木屑)要和碳酸盐混合均匀。

渗碳时的化学反应如下：

渗碳箱中木炭碎块之间有空气存在，在 $920\sim 950^\circ\text{C}$ 时，空气中的氧与碳化合形成 CO 。



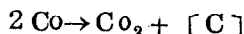
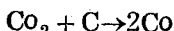
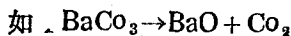
由于高温时 CO 不稳定，分解为 CO_2 及活性碳原子。(以 $[\text{C}]$ 表示)。



$[\text{C}]$ 碰到工件表面后，被工件表面吸收，然后再往钢内扩散。

因此，渗碳过程包括分解〔形成 $[\text{C}]$ 〕、吸收(只有 $[\text{C}]$ 与工件表面接触才可能)和扩散(碳原子往钢内部扩散)等三个过程。

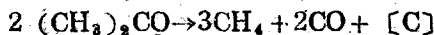
在渗碳剂中加入碳酸盐是为了使它分解形成 CO_2 ， CO_2 可与碳发生作用，而产生 $[\text{C}]$ ：



这样，产生了更多的 $[\text{C}]$ ，使渗碳加快，我们一般把碳酸盐这类东西叫做“催化剂”。

在渗碳剂中加醋能够提高渗碳速度，是由于醋里含有醋酸。在渗碳时醋酸和碳酸盐(如 Na_2CO_3)作用生成醋酸盐，

而醋酸盐可以分解出大量的〔C〕，其反应式如下：



加入少量煤油更能加速渗碳，这是由于煤油在高温下分解出碳氢化合物又分解出〔C〕的缘故。

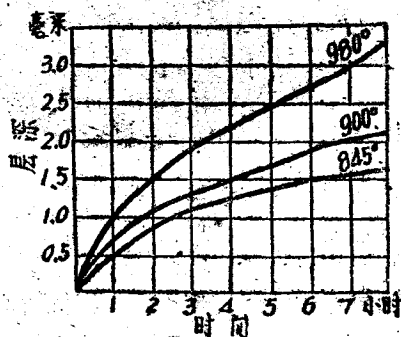
为了提高渗碳速度，除采用良好的渗碳剂外，还可提高渗碳温度。温度越高，速度越大，效率越高，最近不少厂渗碳温度从920℃提高到950℃~970℃，甚至达到1000℃。

另外，渗碳时间（保温时间）越长，则渗碳层越厚。渗碳层厚度与时间成抛物线关系（见下图）。到一定时间后，渗碳层厚度的增加就缓慢了。

一般渗碳时间是4~10小时，长者甚至达到20小时以上。

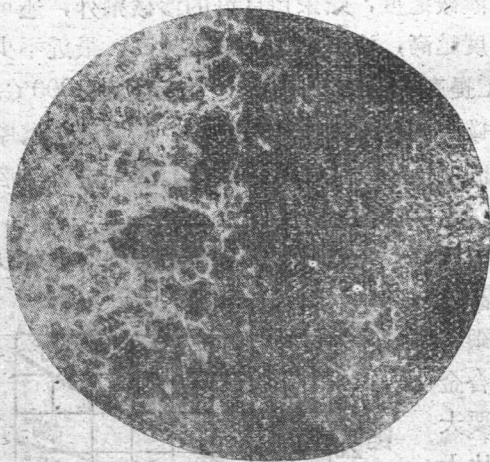
最后，应该提到，低碳钢渗碳一般来说比低碳合金钢渗碳速度要大些；小的工件比大的工件渗碳速度要大些。

渗碳后钢的组织，由渗碳温度缓慢冷却后，渗碳层的显微组织如下



渗碳的时间对层深之影响：各曲线表示不同的渗碳温度

图。从鋼表面到內部含碳量愈來愈少，表面层是网状渗碳体 + 珠光体的組織（有时表面层只是珠光体組織）称为过共析层。往內是珠光体組織，称共析层。再往里是网状鉄素体 + 珠光体組織，称为过渡层。最里面还是原来低碳鋼的組織：鉄素体 + 少量珠光体。渗碳层一般包括过共析层、共析层和过渡层或过渡层的一半。本書內的渗碳层总厚度的計算皆为过共析层厚 + 共析层 + 共析层厚 + 过渡层厚。



渗碳后鋼的
显微組織

过
渡
层

共
析
层

过
共
析
层

如果在渗碳时溫度太高、時間过长，在显微镜下可以看到晶粒是很大的。有时还会看到在渗碳层的过共析层和亚共析部份出現魏氏組織（表层有針狀的渗碳体，內部有針丛狀的鉄素体）。

3. 渗碳后钢的热处理

渗碳后的零件都要经过热处理，根据对工件性能的不同要求，有三种不同的热处理方法：

1) 由渗碳温度直接淬火 这种方法的优点是快、经济、工件变形小。但缺点是晶粒粗大和硬度较低。一般固体渗碳工件随箱冷却不易直接淬火。

2) 常化—淬火法 当要求工件有比较好的组织和性能时，常采用这一方法。具体来说，就是渗碳后工件随渗碳箱在空气中(或渗碳箱中)冷到室温，然后加热到 $850^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$ 进行淬火。

淬火后要经过 $160^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ 的回火。

3) 两次淬火法 当渗碳零件要求极高时采用。具体来说，第一次淬火是在渗碳后加热到 860°C 到 930°C 然后淬火，以使中心组织变细，并减少渗碳层表面网状渗碳体。第二次淬火在 $780^{\circ}\text{C}\sim 800^{\circ}\text{C}$ 加热、淬火细化表面高碳组织。得到组织为马氏体向内为索氏体、珠光体和心部组织，保证了表面高度的耐磨性硬度和工件较高的机械性能。淬火后也要在 $160\sim 200^{\circ}\text{C}$ 温度内回火，去除内应力、稳定组织，但并不会降低表面硬度。

4. 技术要求

渗碳后要求一定的渗碳层厚度(一般为 $0.6\sim 1.4$ 毫米)。特殊零件也有要求特别薄的(如摩擦片只要求 $0.3\sim 0.5$ 毫米)和特别厚的(如：磨盘要求在 1.4 毫米以上)。为了保证良好的韧性对晶粒度一般要求为 $5\sim 6$ 级，若零件不受大

的冲击载荷，可适当放宽要求。表面含碳量过高会使零件变脆，过低则硬度不够耐磨性降低，表层含碳量一般要求在 $0.85 \sim 1.05\% \text{C}$ ；另外要求零件表面无软点；碳的浓度坡度不宜太陡，否则易使渗碳层剥落，故要求由表面至中心含 $\text{C}\%$ 量逐渐缓慢的降低。

一 渗碳后质量检查：根据技术要求一般要检查渗碳层深度，晶粒度、软点、表面含 $\text{C}\%$ 量和淬火后的硬度。

检查方法：一般是采取抽查。粗略的检查渗碳层深度和晶粒度，可以将渗碳后零件进行淬火而后打开断口，观察，由于含 $\text{C}\%$ 量不同，渗碳层与中心组织截然分开，并且能粗略地看到晶粒粗细。检查软点和淬火后硬度，一般采用锉刀锉检，若合乎要求在 $H_{RC} = 60 \sim 62$ ，则锉上去打滑，如果有软点和硬度不够，则锉刀发涩，这种方法简单易行，而且效果良好，一般生产单位即使大型的設備完善工厂也采用它。如果要求较高时必须进行精确的显微检查，我们可以根据含 $\text{C}\%$ 量不同具有不同的组织，在显微镜下观察，确定表面含 $\text{C}\%$ 量，浓度坡度，检查渗碳层均匀程度，并量得渗碳层深度；同时可以对晶粒度进行部颁标准评级。检查硬度时可以用洛氏硬度计来测定。

进行显微检查，可以随时指导生产，保证产品质量；由于它比较复杂，需要显微镜等设备，因而一般工厂均不采用，即使大厂也只是在一批工件中抽查几个。

渗碳可能产生的缺陷及其预防方法：产生缺陷主要是由于加热温度和保温时间控制不当而致，因而预防它也主要着重这二方面。下面具体的来谈一些常出现的缺陷。

1) 渗碳层深度不够（或过深）这是常出现的缺陷，主

要是由于保温时间不足（或过长）或温度过低（或过高）所致。深度不够使零件很快磨损；太深则变脆，预防它必须严格按工艺规程进行。或在箱子边上钻二个孔插入试棒，在不同的时间抽出来淬火打断检查深度，以保证合乎要求。

2) 晶粒粗大 提高温度可以加速渗碳，但同时晶粒要长大，使零件变脆，因而必须控制温度不要过高，在 950°C 以上晶粒易长大，但短时间保温即使 1000°C 也无显著长大。

3) 软点：也是常出现的缺陷，它对零件性能影响很坏，以致使零件报废。除了在淬火中可能产生之外，主要是由于零件渗碳前表面不洁（有氧化皮、油污等）局部阻止碳的渗入而致，零件装箱时太挤，相互接触或与箱壁接触也易出现软点，另外渗碳剂搅拌不均匀也可能引起软点，因此在装箱前必须将工件严格擦干净，或用碱水洗涤，保证无氧化皮及油污，装箱时要留空隙，渗碳剂尽量拌匀。

4) 表面含碳量太低 使零件硬度不够，耐磨性降低，它主要是由于温度过低或渗碳剂活性不够所致；如果出现此缺陷，可相应的提高温度或采用活性更高的渗碳剂。

5) 渗碳层不均（渗碳层深度不均和含碳量不均）：使零件局部磨损而报废。这主要是由于温度不均所引起，渗碳剂搅拌不均也可能造成这种缺陷，故必须采用温度较均匀的罐子。另外在装罐时防止箱子直接与火焰接触。

6) 表面脱碳、氧化 使表面硬度很低，耐磨性降低，主要是由于渗碳剂中含有水份，或装箱太松和密封不良而引起，防止它必须事先把渗碳剂晒干（尤其是下面介绍的锯末渗碳剂），装箱时要填紧，最上层渗碳剂要厚些，防止工件露出，同时必须将箱封好。

7) 渗碳层剥落是因为浓度坡度过大之故，它主要是因为渗碳时间太短，渗入的碳来不及向零件内部扩散而引起。出现此现象后，可以在 900°C 左右保温一段时间，使表面的碳向中心扩散而趋于平缓。

二、渗碳剂

一般常用的固体渗碳剂为 85~95 % 的木炭和 5~15 % 的 Na_2CO_3 、 NaHCO_3 或 BaCO_3 ，渗碳温度为 $920\sim 950^\circ\text{C}$ ，保温时间的长短应根据所要求的渗碳层的深度来确定。

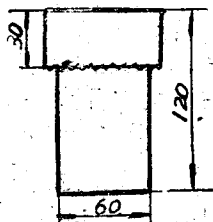
1. 对渗碳剂的要求

- 1) 容易分解出足够量的活性碳，以保证良好的渗碳速度。
- 2) 收缩性小，防止渗碳剂塌陷。
- 3) 灰尘及杂质少。
- 4) 价格便宜、来源容易。

为了缩短渗碳时间，降低成本，我们固体渗碳科研小组进行了寻找新的渗碳剂的工作。总共进行了 80 多次试验，找到了一些值得推广，有很大经济意义的渗碳剂。现在重点的介绍用锯木屑代替木炭，用醋及 Na_2CO_3 同时作为催化剂的渗碳剂。木屑和醋价格便宜，来源容易，并可以大大提高渗碳速度，渗碳结果稳定。在实际生产中得到了验证。

2. 实验室工作总结

1) 试验条件 在北京钢铁学院实验室的箱形电炉 KO 10.5 型中加热。试样 20 号钢，厚 8 毫米，长 15 毫米，宽 10 毫米。将试样放入厚为 2 毫米的小钢罐中（见图），罐中填满已配好的渗碳剂，盖好盖后，用泥封好。



2) 試驗數據

表1

配 料	溫 度	保 溫 時 間	表 面 C %	過 共 析 層	共 析 層	過 渡 層	總 厚	晶 粒 度
85%木炭+Na ₂ CO ₃ 15%	1050°C	1小時	0.7%	/	/		1.28	3#~4#
同上+醋	"	"	1.2%	0.48	0.4		1.6	4#
同上+醋+煤油	"	"	1.2%	0.6	0.4		> 4	4#

从表1可看出,同样在1050°C,保温1小时,只加Na₂CO₃作催化剂的样品渗碳速度最慢,渗碳层厚度为1.28毫米,表面含C 0.7%。同时加醋(少量)和Na₂CO₃,渗碳速度较前者快,渗碳层厚度增加到1.6毫米,表面含碳量为1.2%。再加入少量煤油时,可以大大提高渗碳速度,1小时渗碳层厚大于4毫米。即8毫米厚的试样渗透。

注:总厚度包括过共析层加共析层加过渡层三部分,直到心部組織出現为止。

醋量为拌勻較湿即可;煤油用少量即可。

表2

配 料	溫 度	保 溫 時 間	表 面 C %	過 共 析 層	共 析 層	過 渡 層	總 厚	晶 粒 度
85%(木屑+煤渣,6:4)+Na ₂ CO ₃ 15%	1050°C	1	0.8	/	0.48		1.72	4#
同上+醋	"	1	0.8	-/	0.96		1.92	4
同上+醋+煤油	"	1	1.2	0.64	0.72		> 4	4~5#

表2再一次说明了在相同的温度及保温时间时,加醋可加速渗碳,渗碳层由原来的1.72毫米增加到1.92毫米。同时也突出的说明了煤油在高温下所起的加速渗碳作用,在1050°C,1小时渗碳层总厚>4毫米。

表 1 与表 2 比較, 相同的溫度及保溫時間, 同样以 15% Na_2CO_3 作催化剂时, 木屑比木碳的渗碳速度快, 木屑 1 小时渗入 1.72 毫米, 而木碳只渗入 1.28 毫米。在同时加醋和 Na_2CO_3 的情况, 木屑 1 小时渗 1.92 毫米, 而木碳渗入 1.6 毫米。

表 3

配 料	溫度	保溫時間	表面 C%	过共析层	共析层	过渡层	总厚	晶粒度
85% (木屑+煤渣, 6:4)	1000°C	1 小时	0.75	/	/	1.2	1.2	3 井
+ Na_2CO_3 15% + 醋	"	1 小时	0.8	/	0.16	1.12	1.28	3 井
同上+煤油	"							

表 3 說明了在 1000°C 时, 煤油仍起着加速渗碳的作用。同时說明 1050°C 渗碳表面含碳量和总厚度都比 1000°C 时 为高。

表 4

配 料	溫度	時間	表面 C%	过共析层	共析层	过渡层	总厚	晶粒度
85% (木屑+煤渣, 6:4)	1000°C	2	0.7	/	/	1.2	1.2	3
+ 15% Na_2CO_3	"	2	0.8	/	0.44	1.2	1.72	3
同上+醋	"	2	0.8	/	0.72	> 4	> 4	3
同上+煤油+醋	"	2	0.8	/	0.72	> 4	> 4	3

表 4 說明了 1000°C 时, 醋及煤油都可加速渗碳。表 3 与表 4 相比較, 当渗碳剂及溫度相同时, 渗碳時間愈长, 渗碳层厚度愈深。

表 5 說明 950°C 时, 醋仍可加速渗碳, 950°C 保溫 8 小时, 只加 Na_2CO_3 作催化剂的渗碳层厚度为 1.16 毫米, 但加入少量醋后, 渗碳层为 1.28 毫米。而同时加煤油及醋, 反而降低了

表 5

配 料	溫度	時間	表面C%	共析層	過渡層	總厚	晶粒度
85% (木屑+煤渣) +15%Na ₂ CO ₃	950°C	3小時	0.8	0.12	1.04	1.16	5 #
同上+醋	"	"	0.75	/	1.28	1.28	4 #—3 #
同上+醋+煤油	"	"	0.8	0.44	0.8	1.24	4 #—3 #

滲碳速度，滲碳層厚1.24毫米。因為溫度低，煤油不能充分分解，碳黑附着在金屬表面，阻礙了滲碳的進行。

綜合上述，醋在950°C, 1000°C, 1050°C 皆可加速滲碳，而煤油必須在>1000°C的情況下才可加速，在950°C 時反而對滲碳不利。

下面再介紹幾種較好的滲碳劑配方：

表 6

配 料	溫度	時間	表面C%	過共析層	共析層	過渡層	總厚	晶粒度
(木屑+煤渣) 97%+ 3%黃血鹽	950°C	2小時	1.1	0.24	0.44		1.28	4 #
(木屑+煤渣) +2%黃血鹽+醋	"	"	0.8	/	0.4		> 4	3—4 #
(木屑+煤渣) ±12% 小蘇打	"	"	1.0	0.2	0.4		1.24	3 #
(木屑+煤渣) +12% 小蘇打+醋	"	"	1.15	0.56	0.4		1.56	2 #—3 #

表 6 說明了用黃血鹽或 小蘇打 (NaHCO₃) 作催化劑時，加入少量醋，其加速滲碳效果亦顯著，再一次的說明了醋的作用。