第12章 钢的化学热处理

西汉(公元前206～公元24) 中山靖王墓

宝剑心部含碳量为0.15～0.4%，而表面含碳量却达0.6%以上，说明已应用了渗碳工艺

错金书刀的高碳层中所含钙、铝、磷较高，相邻低碳层中含此三物却较少，有学者认为，这很可能是使用了骨粉作催渗剂所致

一. 概述

将工件置于一定的化学介质中
通过加热、保温和冷却
使介质中的某些元素渗入到工件表层，
改变表层的化学成份和组织
使工件表面具有与心部不同的性能的一种热处理工艺

与表面淬火热处理相比，化学热处理
表面与心部的组织不同
成份也不同

2020-4-9 Fei JWang

作为一种表面改性技术，化学热处理与镀层(如电镀、蒸镀)、涂层(如热喷涂)及化学转化膜(如氧化)不同之处，在于它以合金元素原子向工件渗入作为改性层形成的主要过程；改性层与基体之交界成分变化是连续的，许多情况下均呈复相组织的过渡，因而与基体间呈牢固的冶金结合。

然而，学科和技术门类的相互渗透又使许多新工艺难于划分类别，如气相沉积(CVD、PVD)和热浸镀锌，就具有镀层与化学热处理的双重特征。

展望 化学热处理是最活跃的技术领域。现代进展的一个重要方面，是将其他工业部门的技术成果引入本领域，形成一系列新的优质、高产、高稳定度的化学热处理新技术。如真空化学热处理，是将真空加热效应(净化、活化工件表面)引入，形成真空渗碳等新工艺。其他还有电解化学热处理(电解渗碳、电解渗硼、电解渗硫等)以及等离子态化学热处理(离子渗氮、离子渗金属)等。

2020-4-9版@JWang

1. 目的

改变工件表层化学成分、组织
从而改善工件性能

2. 常用方法

渗碳，渗氮，碳氮共渗

- 渗碳、渗氮、碳氮共渗可提高钢表面的硬度、耐磨性及疲劳强度
- 渗B、渗Cr可提高表面耐磨性和耐蚀性
- 渗Al、渗Si可提高耐热抗氧化性
- 渗S可提高减摩性

2020-9月@JWang

凡针，先锤铁为细条。……先锉其末成颖，用小锤敲扁其本，刚锥穿鼻，复鍉其外。然后入釜，慢火炒熬。炒后以土末入松木、火矢、豆豉三物罨盖，下用火蒸。留针二三口插于其外，以试火候。其外针入手捻成粉碎，则其下针火候皆足。然后开封，入水健之。凡引线成衣与刺绣者，其质皆刚;惟马尾刺工为冠者，则用柳条软针，分别之妙，在于水火健法云。
明·宋应星《天工开物》卷一〇

【评】这条史料记述针在冷加工后，先以“慢火炒熬”。即为现代的退火，以消除由于冷加工造成的内应力，为下一步渗碳作好准备，“松木、火矢、豆豉”是当时采用的固体渗碳剂。

-- 中国历代文献精粹大典·下

2020-4-9@JWang

分类方法	特点或分类	举 例
根据渗入元素	渗入非金属元素	单元渗：C、 N、 S、 B、 O、 Si等
		多元渗：C+N、 O+N、 O+C+N等
	渗入金属元素和多元共渗	Al、 Cr、 Ti、 V、 Nb、 Zn等
		Al+Cr、 Al+V、 Al+Cr+Si等
根据渗入元素对工件表面性能的作用	提高强度及耐磨性	渗C、 N、 B、 Sb、V等
	抗氧化性、 耐高温性	渗Al、 Cr等
	抗咬合、 抗擦伤性	渗C、 S、 N、 P化等
	抗腐蚀性	渗N、 Si、 Zn等
根据介质物理状态	固体法	粉末法;涂渗法 (膏剂法、 铸渗法)
	液体法	熔盐法;热浸法
	气体法	气体或液体分解、 还原、 置换; 辉光放电

2020-4-9版@JWang

二. 钢的气体渗碳

渗碳是向低碳钢或低碳合金钢工件表层渗入碳原子的过程。

目的：提高表层碳含量

渗碳可分为固体渗碳、液体渗碳和气体渗碳

1 装置：气体渗碳炉

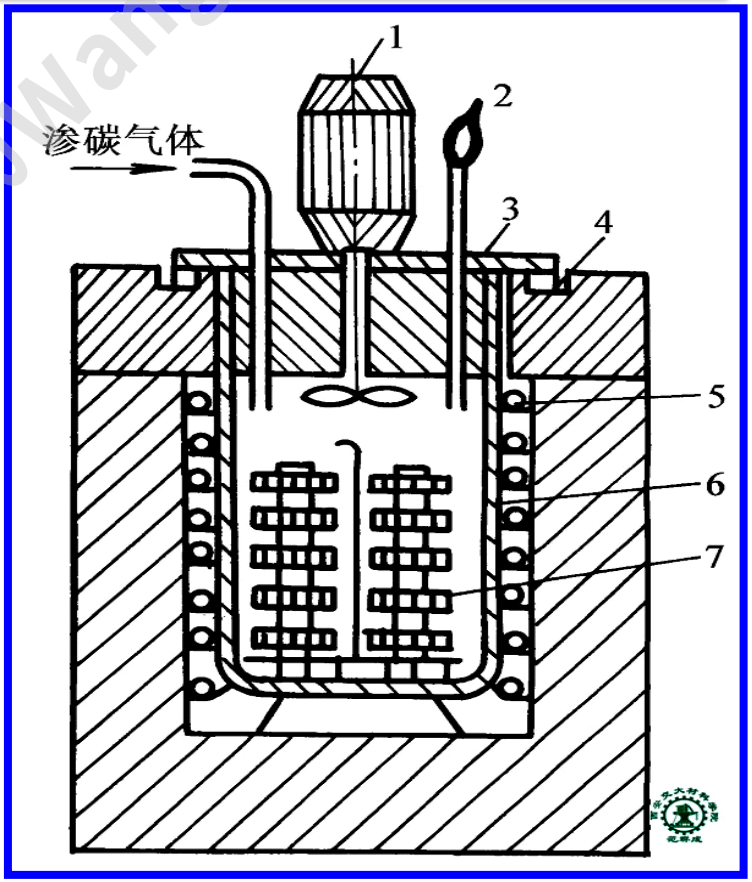
2 渗碳用钢：低碳钢

3 渗碳基本原理：

分解

碳原子在钢件表面

吸附、扩散



气体渗碳法示意图

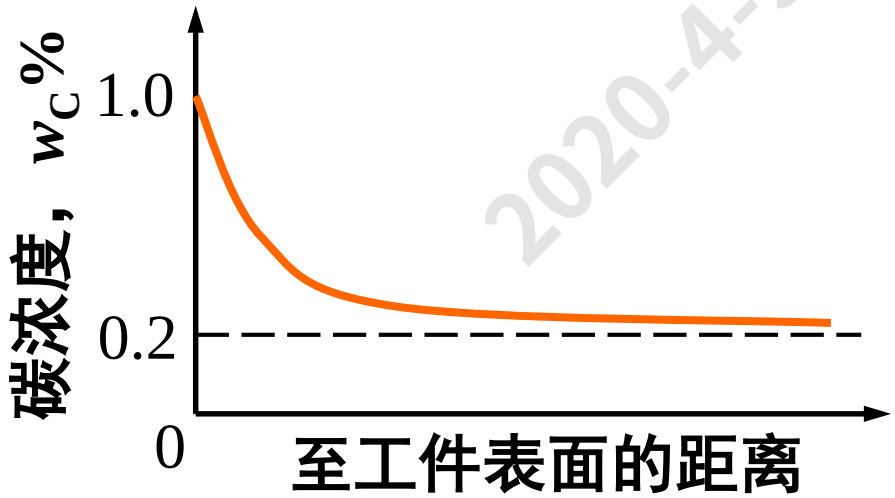
2020-4-9版@JWang

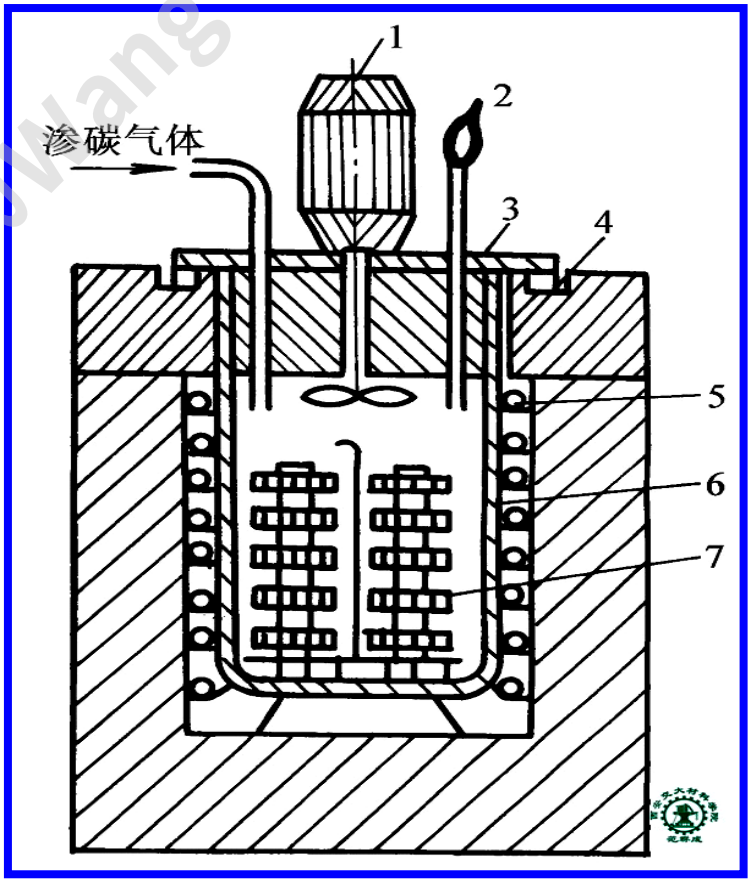
4 渗碳剂：煤油，或甲醇＋丙酮，…

5 渗碳温度：900～950℃

6 渗碳时间：
一般为数小时～十几小时

7 渗碳后的碳浓度分布

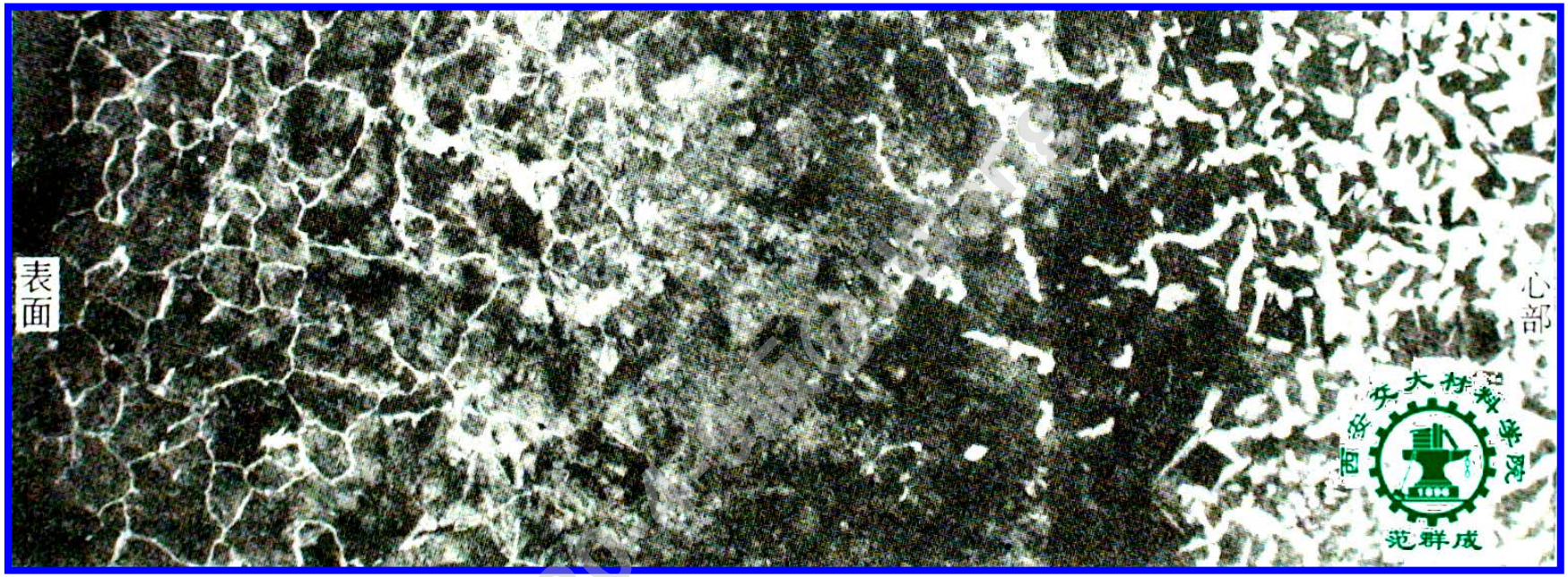




气体渗碳法示意图

2020-4-9版@JWang

表面：过共析　　心部：亚共析



低碳钢渗碳后缓冷的组织

渗碳层深度：0.3~3mm

渗碳后工件中的含碳量从表面向心部逐渐降低，表面可达0.8~1.0%，而心部仍保持原始成份

8 一般工艺路线

如：用低碳钢制造汽车变速齿轮

下料→锻造→正火→机加工→渗碳→淬火→低温回火→精磨→喷丸→成品

低碳钢: 15、20钢

低碳合金钢：20CrMnTi

2020-4-9版@Jwang

9 最终组织

表层：高碳 $M_{回}$+粒状碳化物＋$A_{残}$

心部：$P+F$ (未淬透)， 低碳 $M_{回}+F$ (淬透)

三. 钢的气体渗氮

渗氮是向钢件表层渗入氮原子的过程。

渗氮增强原理

渗氮用钢通常含有铝、铬、钼、钒、钛等

与氮形成颗粒细小、分布均匀、硬度很高且非常稳定的各种氮化物

提高工件表面硬度、耐磨性、疲劳强度和耐蚀性及热硬性（在600~650°C温度下仍保持较高硬度）

渗氮方法：气体渗氮、液体渗氮、离子渗氮、低温氮碳共渗

2020-4-9@JWang

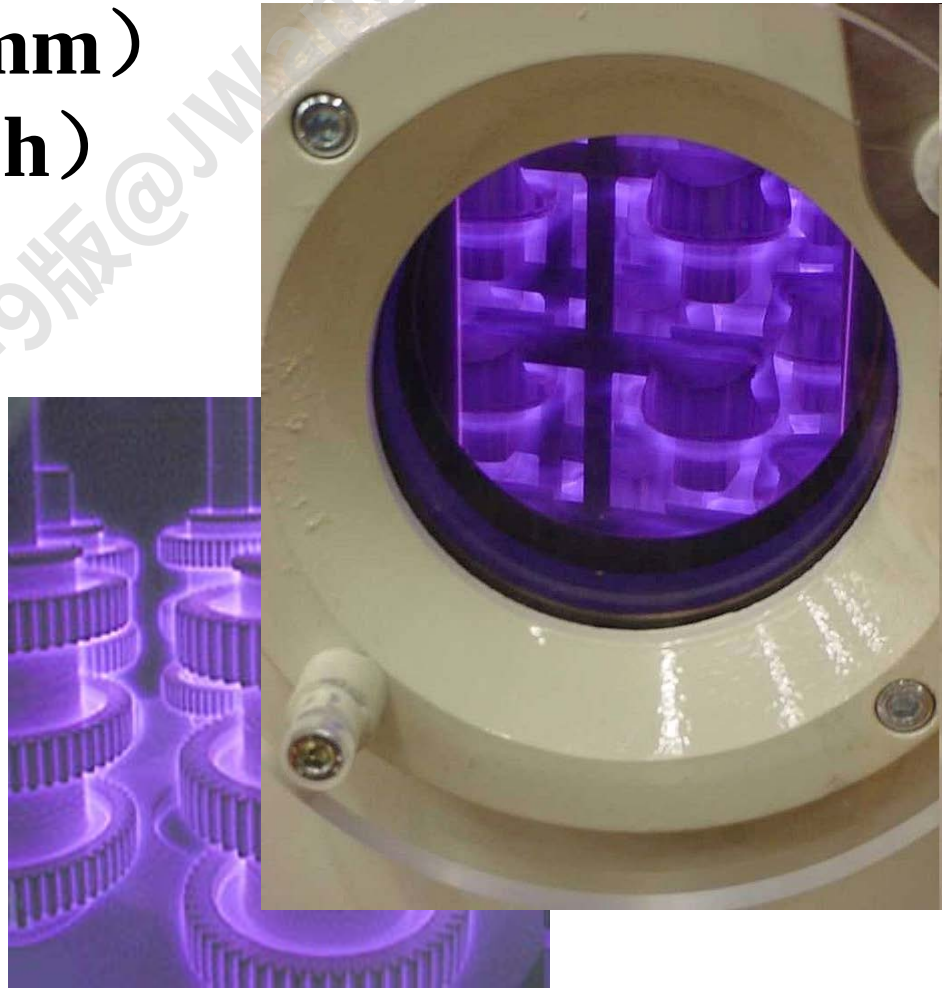
渗氮处理的特点

- 渗氮工艺温度（500～650℃）比渗碳低，工件变形小
- 渗层薄（0.15~0.75mm）
- 生产周期长（30~50h）
- 渗氮层脆性大
- 要使用专用合金钢

38CrMoAlA

35CrMo

18CrNiW



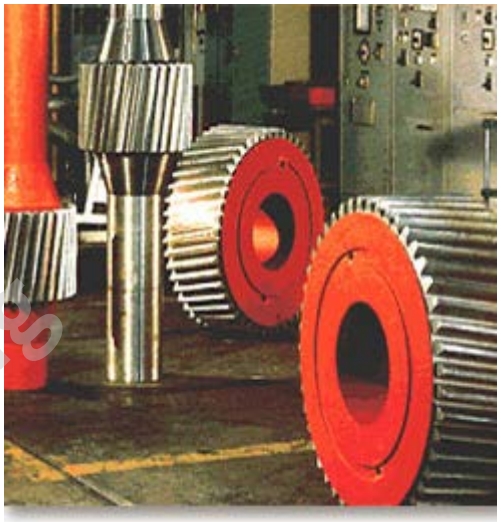
2020-4-9版@JWang

四. 碳氮共渗

同时向钢的表层渗入碳和氮原子的过程

将工件放入充有渗碳介质和氨气的炉中，加热到840~860°C后保温，共渗介质分解出C、N原子被工件表面奥氏体吸收并向内部扩散，形成一定深度的CN共渗层

2020-4-9版@Wang



CN共渗后 零部件具有较高的耐磨性和疲劳强度、抗压强度，并兼有一定的耐蚀性