

国外化学热处理近况

武汉材料保护研究所编



湖北省科学技术情报所

一九七三年八月

毛主席语录

洋为中用。

在学习外国的问题上，既要反对保守主义，又要反对教条主义。

学外国的东西，不等于统统进口，硬搬外国的一套，要批判地吸收。

外国一切好的经验，好的科学技术，我们都要吸收过来，为我们所用。拒绝向外国学习是不对的。当然，迷信外国认为外国的东西都是好的，也是不对的。……正确的态度应当是尊重科学，破除迷信。

外国的很多东西，我们都要学，而且还要学好。



SEU 0703451

编 者 的 话

一、序言..... (1)

遵照毛主席“洋为中用”的教导，根据生产和科研工作的需要，我们收集了近几年来国外化学热处理方面的资料 and 专利，编写了这集《国外化学热处理近况》。由于各专题是分别执笔，所以体例上难免互有出入；叙述上亦可能详略不等；加以水平有限，所查资料及取舍又未必恰当，因此，可能有不少缺点和错误。为供从事热处理和化学热处理专业的同志们和有关领导参考，现予刊印。请读者不吝批评、指正。

九、渗铝..... (71)

十、渗铬..... (85)

武汉材料保护研究所

一九七三年八月

附录：渗铬在燃气轮机上应用的资料..... (103)

十一、复合渗层..... (113)

十二、碳化钛层气相沉积..... (118)

目 录

编者的话

第一编 过程控制与检测

HG-4 风洞测控处自动化系统	李静媛 (1)
微机硫酸控制系统	刘友瑜 (8)
微电脑在皮带秤上的应用	张家伟 (11)
MWY 型多功能微机运动系统	朱大新等 (16)
WSJ-200 微机数据检测装置	刘春常 李春贵 (20)
SZY-4 型数字式综合运动装置	蒋宝中 (25)
SXJ-S 型多微机数据采集装置	方培丰 (29)
微机氮势控制柜	吴光英 (33)
闸门监控系统	许世杰 (36)
铁路驼峰信号监测装置	赵俊杰 洪 龙 (41)
WDS-1 型动态数据记录装置	朱大新 叶世勋 (46)
刀具磨损动态实时监测	叶 双 张幼楨 潘良贤 (49)
微处理机在垂熔炉上的应用	李世汉 (55)
微机控制锗单晶炉的生产	贾元琪 孙建隆 (62)
WKY-1 型微机精密温控仪和在硅元件烧结炉上应用	贾元琪 龚一飞 秦兆阳 (66)
微机监控晶体管老化台	吴琪生 甄 越 (69)
用微机控制钠灯测试台	吴志格等 (71)
微机型励磁调节器	李乃禄 (76)
微机型双调水轮机调速器	陈仲华 (81)
应用单板机实现农药生产自动化	蒋泉坤 赵淑芳 (84)
微处理机在测量扩散氢中的应用	王树昌 (88)
大输液灭菌柜电脑控温系统	杨永根 王荣清 徐翠英 (94)
微型计算机——布机监测系统	李伟明 魏曙光 (98)

第二编 智能化仪器与测试系统

NW-6270 实时数字频谱分析仪	束海泉 (105)
NW-6230 振动分析仪	衣承斌 田洪大 (109)
EE4511 型逻辑/特征分析仪	金丰宁 (116)
使用微电脑技术的超声波探伤系统	解 明 (121)

序 言

近几年来,国外化学热处理的进展,主要的表现在五个方面:

一、有些新的化学热处理方法,在生产中发挥了良好的作用;一些老的化学热处理方法,则在向着新的境界继续迈进;正在研究探索着的也不少。出现没有好久的盐浴软氮化和气体软氮化,已在若干成批的大量生产中应用。较新的离子氮化、渗硼以及低温电解渗硫等,亦在生产中分别显示了其特殊的作用。渗铝和渗铬,除开原有的许多用途外,它们在高参数的燃气轮机及抗蚀板材的生产上,是当前许多国家极为重视的一个问题。渗碳历史最老,使用得亦最普遍,但是关于它的新工艺方法,还是常有出现,例如美国最近报导的真空气体渗碳,从其经济性和技术性看,确实是有一些特点,今后在中小批量的机械零件的生产中,势将获得日益增多的应用。又如在低碳低硫钢上渗硅,有些国家用于轻工及化工设备的制造,但近来又出现了利用它来提高硅钢片的品位的趋向。随着机械工业使用材料的品种日多,机械产品的用途日广,各方面对机械产品的性能及质量要求日高,以及节约贵重稀缺材料、延长工具及模具寿命等等,都促使化学热处理必须向更深更广的领域前进,所以相应的开展探索性的新渗层的研究,各方面报导的也是与日俱增。

二、重视装备及检测控制问题。一个新的热处理工艺方法能否迅速获得推广,和有无相应的装备及检验手段是很有关系的。经过化学热处理的工件,质量能否持久稳定,和装备及检验手段是否具备,亦是不可分的。例如离子氮化和碳化钨的覆层,出现不久,它们之所以能很快地用于生产,是与有相应的装备和检验控制手段伴随着出现直接有关;粉末渗锌,效用是很多的,但长期以来由于缺乏较适当的工艺装备,效率和劳动条件都较差,因而障碍了其发展,除英国外,在其他国家未能受到应有的重视。可是近来随着其工艺装备的改进,已可实现高效率的连续生产,而且在一定情况下,还突破了只适用于小件的限制。国外在装备及检测手段的发展上,不断采用新的科学技术成就,除了着眼提高效率外,更多地还是考虑温度和气氛的严格控制和调节,以及处理过程的自动化和程序化,力图避免偶然出现的差误,置化学热处理工艺于更科学的基础上,保证充分发挥所采用工艺的优越性,并使所处理的工件获得始终如一的质量。国外的专业热处理装备生产公司及专业的检控设备公司极多,许多化学热处理的方法及材料,是由这类机构发展出来的,亦可反映出方法和装备及检测手段间的不可分割的联系。

三、基体材料的成分和组织,渗剂和活性、加热、保温、冷却的规范、应力状态等等,都会对渗层的结构与性能带来影响。为实现更有效的化学热处理工艺,国外从多方面开展了研究。一种化学热处理工艺,能够赋予所处理的工件以一定的性能,固然是首先需要解决的,但是如果不能保证这个工件在精度和公差配合上的要求,那也是无法加以推广和应用的。因此,他们也很注意所处理的工件在设计上以及所经历的锻造和冷加工上是否会影响工件的最终要求,并予以适当的协调解决。作为研究发展的手段,国外对新的电化 学 检 测 方

法，应力分析，扫描式电子显微镜和电子探针微量分析器的利用，对于阐明渗层的成分与组织，起了很好的作用。

四、及时采用其它工艺的成就，丰富化学热处理工艺方法的内容，使其适应于各种不同的使用目的，也是一个特点。原来的不少的工艺中，就具有固渗、液渗和气渗等不同方式；近来又发展利用感应加热、辉光放电、熔盐电解、真空、流态化床及化学气相沉积等等办法，此外还使用了复合工艺，例如镀——渗、浸——渗、喷——渗、电泳沉积——渗等等，都使化学热处理方法的园地，益为丰富多采了。

五、国外在发展化学热处理工艺时，对公害问题，也渐加重视。对于不用剧毒的氰化物，发展无爆炸危险的保护气氛，减少噪音和粉尘危害等等，也有不少论及的。

伟大领袖毛主席教导我们：“我们看事情必须要看它的实质，而把它的现象只看作入门的向导，一进了门就要抓住它的实质，这才是可靠的科学的分析方法。”资本主义各国重视技术的发展，和我们是本质上的区别的。他们的立足点，是通过技术的垄断来追逐最高利润，并且是用于互相排斥，损人利己的。我们必须看到，这和我们的利用先进技术，发展科学事业，为社会主义和人类解放事业服务，是毫无共同之处的。

在党的领导和关怀下，在我国的机械制造工业中，化学热处理工艺，对于改善某些产品的质量，节约、代用铜、镍、铬等金属材料，亦已开始发挥了积极的作用；工艺和装备的水平，都在逐渐上升。汽车、拖拉机和自行车等生产批量较大的行业，兴建了多条气体渗碳和气体碳氮共渗的自动生产线；原料无毒的盐浴软氮化以及分级氮化，在一部分柴油机、机床、缝纫机等行业中，获得了成功的应用，它对压铸模具的处理及解决压缩机铸铁缸套的拉缸问题，表现了良好的效果；渗硼，在无缝钢管及化工石油用的某些高中压阀门的生产上，对模具寿命及成品的抗蚀耐磨性，都有所提高，而且节约了原用的硬质合金和高合金钢；渗锌在粉末烧结上的应用，在一些产品中，起了代替黄铜的效果；对保护长期用于野外的电器零件，也很成功；自动化仪表生产中，采用了40号钢真空渗铬，有效地代用了2Cr13，作为流量计的叶轮，机车内燃机的铸铁涡轮增压器，也有采用渗铬来改进性能的。此外如渗铬的压弯模及拉伸模，在部分电器工厂中已经应用；低碳钢渗铝，作为气体渗碳炉的马弗罐和碳氮共渗连续生产炉中的辐射管，铁铝锰钢渗铝作炉用发热元件，钢管渗铝用于某些化工和石油产品的生产，对节约镍铬，都有很大贡献。

我国在化学热处理的装备方面，也有不少的改进，但着重于较通用的加热炉，特别是电炉的发展。近一、二年来，机械工业生产中，有少数地区，从节约电力、节约含镍铬的发热元件出发，倡导采用油炉来代替一部分电炉，并已取得一定的成功，这是很值得注意的一件事情。据德州地区估计，他们有可能省出3000瓩的电力；从全国范围看，加以镍铬的节约，这一潜力，是很可观的。

“质量问题，是一个路线问题。”“中国是一个大国，但是现在还很穷，要使中国富起来，需要几十年时间。几十年以后也需要执行勤俭的原则，但是特别要提倡勤俭，特别要注意节约的，是在目前这几十年内，是在目前这几个五年计划的时期内。”随着我国机械工业的蓬勃发展，使用机械的领域愈来愈广，援外的责任日益巨大，环视国外情况，不难看出，在我国的化学热处理方面是大有作为的。紧记伟大领袖毛主席的谆谆教导，奋勇前进，化学热处理工作的前景，无限光明。

468.94
103

渗 碳

一、概 况

渗碳是机械制造中常用的一种化学热处理方法。其特点是使工件表面层增加碳浓度和碳梯度，从而提高其硬度和耐磨性，但整个工件，仍具有原用钢材（一般为含碳0.25%以下的碳素钢或合金钢）的韧性。小如针类，大如十几吨重的重型轧机齿轮，都是要经过渗碳处理的。

渗碳方法，古已有之。例如我国明末宋应星所著《天工开物》中，就记有较详的渗碳方法。但渗碳方法的巨大发展，则是近几十年来的事情。四十年前，装箱渗碳法（固体渗碳法）在机械制造中，用得最多；其后，盐浴渗碳和气体渗碳，相继出现；近十几年来，在批量很大的机械制造中，自控气体连续渗碳方法，则受到最大的重视。由于机械品种极多，有成批生产的，亦有小量或单个生产的；有的工件很大，有的工件极小；有的要求渗层很深（RC50，有效深度为6.8毫米），有的要求很薄（0.025~0.050毫米）；气体渗碳法虽然受到重视，然在生产中，固体法和液体法还是有一定的用途的⁽¹⁾。

目前固体渗碳，多在930~950°C间进行。由于它是把工件埋在固体渗剂中加热，因而渗碳的时间比液体渗碳和气体渗碳都要长些。其渗层深度，即使在同一批产品中，也难控制其变化小于0.25毫米。因此，美国规定了在930°C渗碳时，渗层的允差值为±0.25毫米，对较厚的渗层，则允差值为±0.8毫米。现用渗剂，基本上还是在木炭、焦炭或兽骨中，加入碳酸钡、碳酸钾或其它碱金属及碱土金属的碳酸盐制成的。加热，则多在箱式炉、井式炉或车底式炉中进行⁽²⁾。固体渗碳时，渗层的厚度，在同一渗剂内，与渗碳时间、温度有直接关系（图2—1）⁽³⁾。所以，控制加热炉的温度，使工件能在渗碳箱内均匀受热，是渗碳层的深度相差不致太多的一个前提。除了从渗碳箱的设计，装箱方式采取措施外，国外目前还着重控制加热炉的工作部分的上下温差在15°F的范围内（相当于±9.3°C）⁽²⁾。

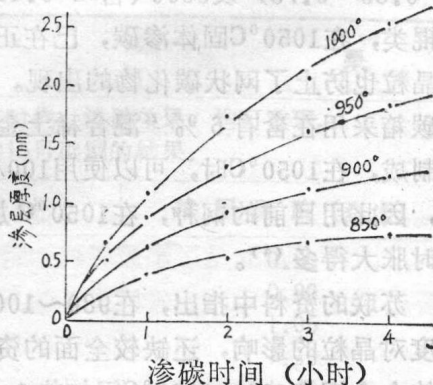


图2—1 在同一渗剂（60%木炭+40%碳酸钡）内，渗层厚度与渗碳时间、温度的关系

从缩短固体渗碳周期考虑，有两种趋势：一为提高渗碳温度；一为发展更强有力的促进剂或新的渗剂⁽⁴⁾⁽⁵⁾。前者在美国已有个别工厂用于生产⁽⁶⁾；后者则尚处于研究阶段。

液体渗碳是指在氰化物（一般在30%以内）的盐浴中渗碳。对于0.075~0.75毫米的渗层，往往在840~900°C间进行。对于1~2毫米的渗层，则多在900~940°C间进行。在盐浴中进行渗碳，工件受热迅速、均匀，而且得到保护，可以直接淬火，质量好，生产效率高，对小型工件较为合适。但是，氰化物易于造成公害。苏联的化学热处理文献中，所介绍的液体渗碳，都是无毒的盐浴⁽⁷⁾。较近时期，民德、法国及日本，也都在进行无氰浴的研究⁽⁸⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾。

近年来的渗碳文献，绝大部分都是涉及气体渗碳，这和气体渗碳的质量较好、产量较大、是有联系的。当前的气体渗碳，有两种主要类型：一种是带有气氛发生装置自控程度较高的单批生产和连续生产的；一种是靠滴入渗碳剂，裂化后构成渗碳气氛的。在炉内放置一定量的固态渗剂，工件不埋在里面，加热使工件和固态渗剂所分解出的气氛反应，也同样属于气体渗碳的范畴。

当前气体渗碳，多在950°C以内进行。使用较高的温度，例如设计构筑新的渗碳炉，使适于1010°C的生产，虽早已有人认为这是发展的必然倾向，但实际生产中超过950°C的，还是很少的。在具有气氛控制条件下的生产，现在还是着重进一步提高控制水平，以红外线分析仪及露点调节仪为最主要的手段。对于一般的罐式气体渗碳炉，发展可以控制碳位的新渗剂的研究，在苏联、东欧以及日本，还是比较多的⁽⁴⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

结合科学技术的新发展，突破传统的渗碳方式，多年来有过不少工作。1965年以前，利用超声、高频、辉光放电、熔盐电解等，强化渗碳过程，取得一定的成绩⁽⁷⁾。近来，有些项目，有了进一步的发展，也有新的项目出现，如非水溶液中的火花放电渗碳等⁽¹⁵⁾。

二、分 析

1. 固体渗碳

提高渗碳温度，可以缩短生产周期。美国工具钢齿轮公司对于3100（含Ni 1.10~1.40，Cr 0.55~0.75）及8600（含Ni 0.40~0.70，Cr 0.40~0.60，Mo 0.15~0.25）系钢种制成的辊类，在1050°C固体渗碳，已在正常生产中采用。该公司采用了适当的渗后热处理，细化了晶粒也防止了网状碳化物的出现。其渗层厚度、尺寸稳定性以及机械性能，都是合格的。渗碳箱采用在含有6%“混合稀土金属”（即含有铈50%的混合稀土金属）的铝中渗过的钢板制成，在1050°C时，可以使用100小时⁽⁶⁾。凯茨认为，晶粒的增长，是时间及温度的函数，因此用目前的钢种，在1050°C加热，渗碳时间会减少40~50%，晶粒并不比在930°C渗碳时胀大得多⁽⁴⁾。

苏联的资料中指出，在980~1000°C渗碳，比在910~950°C时要快1.5~2倍⁽⁷⁾。渗碳温度对晶粒的影响，还缺较全面的资料，但美国的一些试验室数据指出，低镍铬及低镍铬钼系的合金钢在980~1030°C间加热1~4小时，晶粒变化是很小的或看不出变化；而碳素钢在同一情况下，其晶粒就显然变得粗大了⁽²⁾。高温固体渗碳，在生产中应用是有现实性的，但要解决的问题还是多的，如加热炉的改进及炉温的控制，如果不能较好的解决，则同一批产品或一个大工件上的渗层的深浅问题，就会更突出了。

固体渗碳剂中的促进剂，也起强化过程的作用。现在用得较多的碳酸钡，还是1916年发现的。除了碱金属和碱土金属的碳酸盐外，苏联资料中指出，重铬酸钾、硫酸钡、硫化钡等，

也可起促进作用⁽⁷⁾。美国的资料中,则指出渗剂中还可加硅化铁、氯化铬、碳化硅+氯化镍等。资本主义各国,固体渗碳剂往往由专门厂商供应,但基本上都属这一类型。最近西德金银精炼厂的一项专利,就是用含碳 $\geq 98\%$,内表面约为 $5000\text{米}^2/\text{公斤}$ 的活性炭,与 $0.3\sim 5\%$ 的碳酸钾和匀压块制成的。在促进剂方面,比较引人注意的,是苏联公布的一个专利⁽¹⁷⁾,以及基洛夫城农业机械制造学院维尼茨基等发表的有关论著⁽⁵⁾。这些资料中指出,以含氢 0.090% 的电解铁粉 $5\sim 25\%$,木炭 $42\sim 62\%$,碳酸钠(或碳酸钡) 30% ,碳酸钙 3% 所制成的渗剂,对电工铁、15号钢、20铬钢,在 950°C 作了5小时的渗碳试验,其渗碳速度要比一般渗碳快 $1.5\sim 2$ 倍。报告中还指出增加含氢的铁粉量到 50% ,对渗层的总深度不发生实际的影响。相反,还会使表面出现碳化物网。可惜的是,还缺乏在生产中试用的资料。

固体渗碳剂的使用寿命,不仅是一个经济问题,也反映了其水平。关于其评价试验,一般是在 930°C 进行9小时的渗碳,不加新料,连续作二十次试验,从所得渗层的显微组织,判断可用次数;在生产中,如非直接淬火而为炉冷的,则往往在每 $8\sim 12$ 份已用过的渗剂中,加1份新料,反之,则用1份新料加入到3份已用料中,以保持其应有的渗碳能力⁽²⁾。

固体渗碳剂对产品的质量以及生产效率,亦是有直接影响的,慎重配制固体渗碳剂以及发展新的、更有效的促进剂,对于改进固体渗碳生产,是有一定意义的。

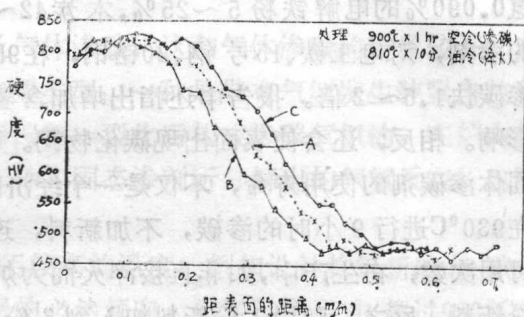
2. 液体渗碳

液体渗碳和氰化,都是在氰化物盐浴中进行的,但二者间有一定的区分。氰化采用中浓度($30\sim 60\%$)的氰化物浴和高浓度($60\sim 98\%$)的氰化物浴,在 $800\sim 900^\circ\text{C}$ 以及 $650\sim 870^\circ\text{C}$ 的温度范围内进行,渗层较薄,很少超过 0.25 毫米,渗层中氮多于碳;液体渗碳,则采用低浓度($6\sim 23\%$)氰化物浴,渗层中碳多于氮。液体渗碳,可以在较高的温度进行,但生产上很少超过 940°C 的。

发展无氰的液体渗碳盐浴,多年来就是引人重视的一个课题。1965年苏联明克维奇的著作中⁽⁷⁾,就提出了下列的盐浴成分: Na_2CO_3 $78\sim 85\%$, NaCl $10\sim 15\%$, SiC $6\sim 8\%$ ⁽⁷⁾。

近年来的研究与发展,基本上还是沿用这一系列方法进行的:

时 期 及 研 究 者	盐 浴 成 分 及 条 件	效 果	
1969 民德的鲍伽 特等 ⁽⁸⁾	以 70% Na ₂ CO ₃ + 30% NaCl 构成 基体盐浴, 于 45 个工作时内加入相 应于基体盐浴的 20% 的 Si + Na ₂ CO ₃ + SiC + C 的混合物。 在 900°~1000°C 间渗碳。 混合物中的碳, 任何形式均可; 可用片状石墨。	1. 500 工作时内, 渗碳效果, 均可重现。 2. 930°C 渗 15 号碳钢的结果:	
		小 时	渗 层 深 度 (毫米)
		1 2 3 4 5 6	0.50 0.80 1.05 1.30 1.45 1.75
		3. 表面碳浓度及渗层中碳梯度, 据称是合乎理想的。	
1970 法国的卡努 特等 ⁽⁹⁾	含有 SiC 的盐浴	1. 渗碳质量很好。 2. 渗碳时部分腐蚀。 3. 盐浴结壳严重, 使用困难, 待进一步完善。	

时 期 及 研 究 者	盐 浴 成 分 及 条 件	效 果
1970 日本的浅井 武二, 竹内 淳等 ⁽¹⁸⁾	A. K_2CO_3 60% $BaCl_2$ 22% KCl 11% $NaCl$ 7% 加入浴重0.2%的石墨。 B. $BaCO_3$ 30% $BaCl_2$ 38% KCl 19% $NaCl$ 13% 加入浴重3%的CaC_2。 碱金属碳酸盐可用Na_2CO_3、K_2CO_3等; 碱土金属碳酸盐可用$CaCO_3$、$SrCO_3$等, 添加物可用BaC、木炭等。盐浴中可吹入空气、CO_2或加2.5%的SiO_2。 900°C渗碳。 C. 含$NaCN$40%的通用盐浴。	与氰化物浴作了对比, 给出了Hv值在渗层中变化的情况。无氰浴所得的, 稍低一点; 但趋势是相同的。  图2—2
1971 日本的竹内 淳, 今井直 明 ⁽¹⁹⁾	碱金属碳酸盐浴中加入 SiC 。	引用了上一项的对比图。

民德的那一专利内容, 还以民德热处理厂的名义, 在法国获得 1,578,315 号专利, 在英国获得 1,223,952 号专利, 这说明那个方法, 是有一定实效的。

无氰盐浴渗碳的效果, 与盐浴成分的控制极有关系。从现在看到的资料中, 还没有谈到如何维持盐浴长期正常工作的。至于工件上是否不致出现腐蚀, 是否易于清洗, 也只有个别的研究者提出了问题。这些, 都是有待于进一步探索和发展的。

3. 气体渗碳

机械产品向高速度重负荷的发展, 要求对渗碳工件不断提高质量。在气体渗碳方面, 研究的问题是多方面的: 例如新钢种的气体渗碳行为, 钢中合金元素对碳的活性的影响; 又如气体渗碳剂的成分对渗碳层形成的速度的影响, $[CO + CO_2] - [H_2 - H_2O - CH_4] - N_2$ 三组浓度和碳的过渡值的关系, 以及如何更准确地检测控调气氛的碳位和露点, 及发生所需的渗碳气氛问题; 还有关于渗碳温度、时间的选择, 淬火介质和时间的研究等等。渗碳时的氧化以及较贵重的材料的复碳问题, 也都受到一定的重视。

反映于生产上的, 则可从一些工业比较发达的国家, 使用带有气体发生炉和采用气氛自动控制进行气体渗碳的情况以及不用气体发生炉进行气体渗碳的情况中看出目前的水平。

带有气体发生炉连续生产的实例

工 厂	气 氛	分 区 及 炉 温	控 制	产 品 及 其 它
克拉克设备公司 ⁽²⁰⁾ (1967)	CO ₂ : 渗碳区 0.09% 扩散区 0.10% 淬前区 0.16%	加热区 913°C 渗碳区 913°C 扩散区 899°C 淬前区 857°C 保温室 843°C 模压淬火(单个)	红外线分析器测定 CO ₂ 并调节; 六点式。一炉上用三点, 另三点 用于其它装备。	生产托举式载重车 齿轮, 每次装料34 盘, 每盘5个齿轮, 重40磅。
福特汽车厂 在英国的一 个热处理车 间 ⁽²¹⁾ (1970)	吸热气: 丙烷。 露点: 30~40°F		红外线控制。 定期检查: 1. 每四小时取样检查渗层深度、 组织、心部硬度及渗层硬度。 2. 每小时检查: 炉子工作情况、 炉温、发生器温、入炉吸热气的 露点、各炉渗碳带的露点、淬火 油温。 3. 每周检查: 淬火油中水量、洗 液能力, 分析吸热气中 CO 量。 4. 每周检修: 烟灰、密封效率、 辐射管、炉压。 5. 每六个月, 停炉检修一次。	24小时生产, 供日 产2500辆汽车所需 齿轮及轴用, 齿轮 为2万个, 轴为5千 支。
通用汽车公 司卡德莱克 车环齿轮副 生产 ⁽²²⁾ (1971)		6区式: 1、2区, 加热 ——900°C 3、4、5区, 渗碳 ——900°C 6区——845°C 模压淬火。	分区控制: 红外线分析器控制碳位 Honeywell Class 15 比例控制器 控温。	五行推进式炉, 每 行装46盘, 每盘装 三环及三个齿轮, 故有1380工件; 经 常进行处理。 工件在炉时间为 10.2小时, 每2分 40秒出一盘。
日本丰田汽 车厂 ⁽²³⁾ (1971)	吸热气: 丁烷。	渗碳区 920°C 淬前区 860~ 880°C	除红外线分析器之外, 还用该厂自 行设计的碳位测定器进行校验。 每四小时测碳位一次; 在渗碳区 测两点, 在冷却部分测一点。	
日本三菱汽 车厂 ⁽²³⁾ (1971)			均采用红外线分析器控制。	生产中型载重车变 速齿轮。

上表的内容是不完备的, 但仍可看出, 渗碳的温度, 国外多数厂还在 930°C 以内。红外线分析器控制碳位, 是普遍地采用的。关于碳位与炉温的严格控制, 在通用汽车公司那篇资料中, 还曾讲到可使在一般渗碳情况下会出现变形的新钢种不出问题, 并且可使游离碳的生成极微。但在1967年的一篇报告⁽²⁴⁾中说, 对51个采用控制气氛连续渗碳的工厂的调查, 用红外线分析器控制渗碳炉的还只有25个厂, 采取露点控制法的数量是差不多的。近几年来, 由于红外线分析技术的进步, 反应迅速, 在五秒钟内即可完成90%, 准确度可达±0.002%CO₂。由于维修保养花费极少, 便于多点控制, 是得到较迅速发展的重要原因。

用可控气氛在单批炉内进行气体渗碳, 美国的国际收获物公司的实例是值得注意的⁽²⁵⁾。该公司用五个单批渗碳炉、两个单批回火炉、一个清洗器、两个吸热气发生器(每个每小时

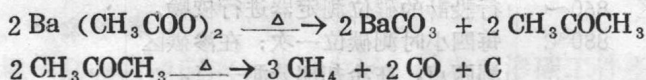
发生3600立方呎)等,构成一组,以红外线分析器及露点仪联合控制。虽然工件有小有大(½磅~70磅),尺寸不一,渗层要求亦不相同,薄的为0.7~1.2毫米,厚的为1.2~1.9毫米,而且是采用两级渗碳法,即先在高的碳位渗一定时间,再降到所需碳位完成,工件渗后还在炉内适当降温,再在废气保护下淬火。由于充分利用了控制调节手段,使每一循环中,可有三种不同碳位的气氛(1.20、0.95、中性),自动改变两种温度(950°C渗碳,885°C保温),在一年的使用过程中,获得很好的效果。这种单批炉,每炉中可装入1800磅,除合金的料盘及装夹具外,工件为1200磅,五炉共为三吨,每天产量是很多的。红外线的多点控制,每分钟可测一炉,轮流测定,及时调节,所以产品质量得到了足够的保证。

使用控制气氛时,选用连续式炉或单批炉,不能单从渗碳件数量考虑(如有人主张每小时产量在400磅以上的,就用连续式炉),必须对工件的品种、批量、大小、形状、渗层深浅、需要夹具多少等等,全盘规划。一个连续炉的造价,往往相当于五个容量相等的单批炉,只有品种比较简单而批量很大时,连续炉才显出更为有利。单批炉如能进行适当的控制,对品种较多而批量不是太多的工件的气体渗碳,更为机动。

国际收获物公司单批控制气氛渗碳的另一经验,是在950°C渗碳,可使生产周期缩短15%而不影响产品质量。把气体渗碳的温度,普遍地提高到1010°C,目前还处于酝酿阶段。1971年,J. A. 林肯的一篇报告中⁽²⁶⁾指出:对于较浅的渗层,渗碳温度的提高,会导致单位时间的产量的减少,对于较深的渗层,渗碳温度的上升,单位时间的产量,起始有所上升,但逐渐就没有增加了。从这一报告中可以看出,高温气体渗碳对渗层的深度是有一定关联的,但温度提高的程度,也是有一定范围的。随着炉用耐热材料的发展以及冶金技术的进展,气体渗碳温度在某一限度内的上升,似是必然的。

不用气体发生炉的气体渗碳,采取一定措施,渗碳的质量,还是可以保证的。这类方法,对品种较多批量不大的工件,仍是很合适的。这种气体的产生,也有两种方式:一、使用固态的渗碳剂;二、滴入含碳的渗剂,裂化为渗碳气氛。

1956年左右,出现了以乙酸钠或乙酸钡为促进剂的渗碳剂⁽⁷⁾。乙酸盐在受热时,由于有以下的反应:



因之可以实现气体渗碳。用90%半焦及10%乙酸钠所得渗碳气氛中,CH₄有11.0%,CO为23.3%,H₂为41.8%,也说明其与某些滴入渗碳剂裂化后所形成的气氛是相似的。

日本文献中,介绍了西德金银精炼公司(德古萨)的气体渗碳炉。它用固态的渗碳剂,不要发生器,安全、简单,而且可以无人操作⁽²⁷⁾。日本的三菱公司生产小型柴油机载重车时,其零件就是采用这一渗碳法的⁽²³⁾。

滴入碳氢化合物或含氧的碳氢化合物产生渗碳气氛的方法,是最早的气体渗碳方法,适用于较小型的炉子,控制滴入量,对碳位亦可实现相当精确的控制。

近几年来,在滴入的渗碳剂方面,在苏联、波兰、日本等国的文献中,均有所报道;兹扼要汇成次表:

研 究 者	主 要 组 分	控 调 方 式	效 果 及 其 它
(苏联) 阿方司 基等 ⁽²⁸⁾ (1968)	合成橡胶的中間产物; 戊烯—1:3 戊二烯馏份, 简称 АПФ, 与水混合裂解。二者的比例为1:0.5~1:1.0。	改变戊烯—1:3 戊二烯馏份与水的比率, 调节碳位。	930~940°C, 鋼在石英馬弗中渗碳, 15~20分/钟, 可得0.8~0.9毫米, 其后, 每小时可增0.6毫米。比普通渗碳快好几倍。渗剂, 原料丰富, 价值便宜。
(日本) 浅井武二, 山住等 ⁽¹⁵⁾ (1970)	$\text{CH}_3 \cdot \text{OH}$ 3 克分子 $\text{C}_3\text{H}_7 \cdot \text{OH}$ 1 克分子 (C/O=1.5) $\text{CH}_3 \cdot \text{OH}$ 1 克分子 $\text{C}_3\text{H}_7 \cdot \text{OH}$ 1 克分子 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ 1 克分子 (C/O=2) $\text{C}_3\text{H}_7 \cdot \text{OH}$ 2 克分子 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ 1 克分子 (C/O=2.5) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 3 克分子 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ 1 克分子 (C/O=3)	以含Ni 5~10%的細鋼絲插入渗碳炉内, 测电阻变化; 通过流量调节, 确定选用何种 C/O 比及滴入量。	对各类型渗碳剂的滴入量与表面碳濃度的关系等附有图表。 C/O 比在 2~4 間的, 每小时滴入量在 0.2 升以内, 表面碳濃度即可达 1.0%。
日本, 昭 46—6326	炉内蒸发分解 CH_3OH 或 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, 得还原性气氛。以后通入裂解酯类(乙酸乙脂等)或酮类所得的渗碳气。		鋼在 900°C 渗 2 小时, 可得 1 毫米深的渗层。
苏专利 ⁽²⁹⁾ (1971)	輪流滴入酯醛馏份(Эфиральдгидную фракцию, ТУ МПНТ 140—55) 及合成汽油与乙酸乙脂的混合物。 二种液体之比为 1:1; 混合物中二组分之比亦为 1:1。	加第一种液体, 可减少水分; 加第二种液体, 可增加水分; 这样可调节露点。	渗碳件表面含碳量的准确度, 可达 ±0.05%。
波兰, 亚历山大 ⁽³⁰⁾	1. 甲醇 80% 甲苯 20% 2. 甲醇 70% 异丙醇 30% 送入必要的空气	以所含 CO_2 量, 进行碳位控制。 鼓入空气, 调节碳位。	碳位可控制在 0.8~1.2%。 波兰现有苏制及波制的 II90, II105 型炉 300 多个, 采用可靠的滴入渗碳剂, 意义很大。

不难看出, 选择高效的渗剂, 较精确地控制碳位, 在一般的气体渗碳炉内, 也是可以实

现的；对于已有大量的、装载容量不大的气体渗碳炉的效率的提高，以及工件渗碳质量的改进，仍是一项极有意义的工作。表中第一项方法，是苏联克拉斯诺那尔司基工业大学的阿方司基等在1967年就提出了的，1971年由马卡拉维奇等执笔，又先后在“金属及合金的化学热处理”以及“金属上的保护覆层”等书刊上作了进一步说明，其强化渗碳过程的效率，看来是相当大的。

极其值得注意的是美国海斯公司所发表的关于正式生产高温真空气体渗碳炉的报告⁽³⁸⁾⁽⁴⁰⁾。该报告宣称：除了高的渗碳温度（1034°C上下）外，它用天然气直接渗，不需气体发生器，炉壁是水冷的，不会散出热量，排出气氛不会污染大气，开炉出炉很快，节省大量电力及气体，工件干净，不氧化，无脱碳，卡具采用低碳钢镀铜，极为经济，渗层均匀，用石墨制成原件及绝缘体，渗时不受影响，程序控时，周期较一般渗碳方法为短。从其所举的一些渗碳实例来看，这一渗碳方法，确是有所不同，需予重视。生产用的真空高温气体渗碳炉，已有商品出售。

4. 其它渗碳方法的探索

近年来的情况，扼要汇列如下：

方 法	研 究 者	主 要 内 容	特 点
放电渗碳	1. 日本，金子秀夫、村上毅 ⁽³¹⁾ (1968)	在乙二醇的 NaCl 饱和液中放电渗碳。 阳极——碳板； 阴极——试样。 150伏	2~3分钟，渗层即达0.2~0.3毫米。 对薄型件，形状复杂件，精度要求高的工件，效果良好。表面硬度为 $H_v > 850$
	2. 井上浩等 ⁽¹⁵⁾ (1969)	25% CH_3COOK ，溶于甘油，迭加 350 千赫高频，放电渗碳。	5~10分钟，得0.2~0.5毫米渗层。在距表面0.06~0.07毫米处的硬度最高，为 $H_v > 900$
	3. 日本钢铁学会会志，1970年5期 ⁽³²⁾	25% CH_3COOK 的甘油液中，试样为0.15%炭钢。 电流密度0~1.3安/厘米 ² 电压 180~250伏 迭加 350千赫高频及磁场	5~10分，渗层为0.3~0.5毫米，表面碳浓度为1.35%。 渗后在-70°C冷处理，可增加耐磨性。
	4. 印度的报导 ⁽³³⁾ (1971)	甘油、乙二醇、二乙二醇、异戊醇等中，加入25~30%的 KA_2 。 电压为150~365伏	工件升温到950°C，迭加高频，可使复杂形状工件不致熔融。
沸腾床渗碳	依斯哈柯夫等 ⁽³⁴⁾ (1969)	(丙烷+丁烷)：空气=1:6 炉热到800°C，通入混合气，保持炉压为140~200毫米水柱。 以320微米粒度的刚玉砂为加热介质。	18 铬锰钛，950°C，2小时，可渗到1.2毫米深。在其它无马弗炉中，需9~10小时。

方 法	研 究 者	主 要 内 容	特 点
高频加热渗碳	苏联罗斯托夫机械制造工艺研究所 ⁽³⁵⁾ (1969)	工件以高频加热，接近熔点，以石油基介质冷却，介质借泵及水冷却，保持恒温。	渗碳很快，表面硬度达HRC 56~68。 渗层中可观察到莱氏体的渗碳体及细微分散的莱氏体。 苏专利222110(1968)中，亦有类似的内容。
辉光放电渗碳	1. 井上洁 ⁽³⁶⁾ (1970)	以丙烷及丙烯等，先离子化，再在千伏5.5/厘米的电场或10千伏/厘米的电场中，促使其对在真空中的工件冲击，渗入碳素。	工件加热到920℃，加速电压为10千伏/厘米时，处理1小时，可得1.84毫米深的渗层。
	2. 瓦南 ⁽³⁷⁾ (1970)	反应器中压力为8~10毫米汞柱，放电电压为400伏，电流密度为10~30毫安/厘米 ² ，利用丙酮蒸汽渗碳。	精确控制温度及气氛成分，20钢的表面可以增碳而不致影响原来的光洁度。 碳位很高时，在1130℃界限内，会导致试样出现熔融金属膜。

这些方法，表明渗碳的方式确是很多，但如何在生产上实际运用，都还存在着一系列问题有待解决。

三、初 步 看 法

国外对热处理的发展，认为微型化和自动化是长期的趋势。微型化，是为了可和机械加工及磨削生产线合成一个整体；自动化，则是在生产过程中实现无损检测，对气氛、温度、时间等，严格调节控制，避免人为的误差，保证制品的质量。少用或不用有毒的渗剂，提高渗碳温度，也都是需加解决的问题⁽³⁷⁾。

从我国的具体情况看，这些还不一定都是适合的。在提高质量和增加产量的前提下，目前以进一步提高固体、液体、气体渗碳工艺为主，适当地进行其它新的渗碳方法的研究，是较现实的。

在固体渗碳中，对炉温的较精确控制，是非常必要的，固体渗碳，对生产较厚渗层，仍是很有效的方法；此外，建立渗剂的评价方法，选用更为经济有效的渗剂，也需予以注意。国外应用渗铝钢板制造渗箱的经验，值得推广。

在液体渗碳中，对发展无氰盐浴，应当积极进行，同时对国外进行这一工作的经验以及目前取得的成果，值得我们密切注意。

气体渗碳中，有足够的批量时，采用有发生炉的自控的连续式或单批炉，是必然的趋势。但对现有的大量的罐式气体渗碳炉的充分利用，亦不宜忽略；固体状态的渗碳剂较滴入法在操作上似乎还简便些，是值得注意的。当然，从我国生产中大量的经验来进行总结，选

用更好的渗剂,使渗碳过程既能强化,碳位又可控制,也是很重要的。此外,对高温真空气体渗碳应予积极的重视。

炉用耐热材料的代用与发展,红外分析技术的引进、新型渗碳设备的生产,都是今后我们不应予以忽视的。

参 考 资 料

1. Allen G. Gray "Trait. Therm" 1971, #62, 47—55, Рж "Техно.Машиностр" (5) 5Б260, 1972.
2. Metals Handbook 8th Edi., V.2.
3. 小川喜代一 钢的化学热处理 (1963)
4. N. O. Kates Metal Progress 97 (1970) 1 90/92
5. А. Г. Виноцкий, и др Защ. Покр. на Металлах, вып 4, 1971, Рж—И—МиТО 7 и 822 1971.
6. Metal Progress 85 (1964) 5 77/79
7. А. Н. Минкевич Химико—Термическая Обработка Металлов и Сплавов, 1965.
8. DWP 67007
9. Traitment Thermique (1970), #54, 31/35, B. Sign. 32 (1971) 5 32—740—11941
10. 昭 45—9450, 1970.
11. И. К. Макаревич, И. ф. Афонский Защ. Покр. на Металах вып. 4, 93/98, 1971, Рж—И—МиТО 7 и 821 1971.
12. Рж—И—МиТО 3и 1057, 1972.
13. 昭 45—1324
14. 昭 46—6326
15. 井上洁等 日本金属学会志 33 (1969) 7 755/760.
16. DAS 1621236 1971.
17. 苏专利 234820 1969.
18. 昭 45—9450
19. 竹内淳、金井直明 金属 41 (1971) 18 77/82
20. H. A. Maloney, O. C. Cullen Metal Progress 92 (1967) 5 74/75
21. R. W. Hurn Metal Treating 21 (1970) 1 16/29
22. Metal Progress 100 (1971) 1 68/69
23. Allen G. Gray Metal Progress 100 (1971) 4 83/106
24. N. P. Milano Metal Progress 91 (1967) 6 54/56

