

第三届国际材料热处理大会 论文选集

中国机械工程学会热处理学会 编

机械工业出版社

目 录

编者的话

热处理过程的能量分级利用	1
国际能源及其在热处理中的应用	6
渗碳过程中的工艺能源消耗	14
中国热处理的能源利用	22
中碳马氏体中存在铁素体时的疲劳裂纹扩展	32
碳素钢等温及连续冷却时先共析铁素体析出动力学	42
铬钼中碳钢中碳和磷对贝氏体形成和淬透性的影响	52
贝氏体在高强度钢和工具钢中的作用	60
钢的短时淬火的研究	64
钢马氏体淬火过程中的热力学行为分析及内应力计算	70
低温形变淬火马氏体的屈服强度与形变温度下的奥氏体流变应力间的关系	81
影响高铬钼铸铁冶金和生产的某些因素	88
奥氏体铬—镍—钼钢中 σ 相沉淀的机理	101
物理冶金学对热处理实践的贡献	110
Fe-V 合金在加热过程中的声发射和电阻测定	121
18Cr2Ni4WA 钢的中温转变组织	126
恢复 1N738LC 合金高温蠕变性能的热处理	134
30CrMnSiNi2A 钢的回火马氏体脆性——兼论其回火温度的选择	138
18Cr2Ni4WA 钢不同冷速下的组织和性能——兼论获得良好综合性能的淬火方法	149
关于金属塑性变形时的断裂问题	159
冶金因素对凸轮挺杆擦伤的影响	165
铈在钢中的晶界偏聚行为与高温回火脆性	174
稀土钢中马氏体亚结构的研究	181
钛和钴对热处理的高钛及高钴铝—镍—钴合金磁性的影响	187
稀土元素在热处理钢中的作用	192
工艺过程和化学成分对 Fe-C-Mn 双相钢组织和性能的影响	207
微合金化钢热处理的显微分析	218
淬火时的瞬时应力和残余应力的定量分析	229
热处理对奥氏体钢表层成分、组织和性能的影响	234
1C-1.4Cr 钢切口圆柱试样的淬火开裂	239
液体制备的控制气氛在波兰的工业应用	245
珠光体片间距对疲劳断裂过程的影响	250
使用氨基气氛的流态床热处理	253
可控气氛技术的状况	260
氨基气氛多用热处理炉的发展	268
高真空淬火炉的特性分析	273

IV

真空热处理时的气冷过程和气体纯度	283
氨基可控气氛热循环的改进	290
离子渗氮 AISI316 不锈钢的结构与抗蚀性	297
工具钢真空高压气体淬火	304
可编程序控制系统在热处理工艺中的应用	311
热处理质量控制方法	315
热处理生产线的最新成就	326
冷、热轧机用锻钢轧辊的最佳热处理	339
热处理对 AISI D2 钢森氏轧辊性能的影响	346
感应加热淬火组织的种类及其对疲劳强度的影响	350
抗大气腐蚀的渗氮层	356
工业生产上离子渗氮显微组织的检验	364
可控渗氮的数学模式及其应用	369
铁素体状态的化学热处理	376
等离子渗氮的技术与经济特点	386
渗碳规范对碳化物形成影响的研究	396
在真空中产生渗硼层和渗钛层	403
钢的气体渗碳过程的模型化	410
离子渗碳的工业应用	415
在无限大表面的钢板及圆柱体中获得所希望的碳浓度分布, 在最短时间内使用强渗——扩散	
两段式渗碳工艺的新的最优化模型	424
计算机控制渗碳过程	436
多功率脉冲高频感应表面淬硬	443
高速工具钢的电子束局部熔化处理	452
辉光放电电子束局部化学热处理	460
高能密束(电子束和激光束)用于金属热处理	465
球墨铸铁的激光淬硬	474
钢的表面激光相变硬化处理	479
激光在奥氏体钢表面焊覆司太立合金方面的应用	483
高能密度加热在热处理实践中的应用	488
轧制黑色和有色金属材料用工作辊的感应热处理冶金学	498
化学气相沉积在某些工具钢上的应用	509
用工业规模的化学气相沉积法沉积保护覆层	516
离子渗钛	524
氧对硫催化盐浴渗氮层的作用——渗层的表面特性和处理后零件的摩擦性能的研究	528
1100°C 渗硼的铁合金中合金元素的再分布	537
附录一	543
附录二	543

热处理过程的能量分级利用

〔瑞典〕 M. F. Söderström

摘 要

热处理过程中剩余能量的温度越高、越适宜于利用其余热供给在较低温度下进行的热过程的需要。

为了估价能量分级利用,本文研究了热处理车间中的温度——时间和功率——时间的特征,以弄清能量散失情况和寻求辅助能源。

专业用语

Q_p = 初始能量

Q_s = 剩余能量

Q_w = 损耗(浪费的)能量

表示符号

→ Q_p
→ Q_s
→ Q_w

一 前 言

在大多数工业企业中,存在着许多节能的可能性,所有这些可能性都属于下列三个主要范畴:

1. 通过热交换(HX)将较高温度的能量转换成较低温度的能量。
2. 通过蓄能泵(HP)将较低温度的能量转换成较高温度的能量。
3. 通过利用能储存(S)经过一段时间间歇的能量的传送。

这些节能技术并不是彼此无关的。最佳的结果往往是二种(有时三种以上)联系应用才能获得。

在某一特定情况下,哪一种组合最有效还得随温度、能源和热量降低的功率大小以及能量消耗随时间的变化而定。

能量分级利用就是将一定的初始能量多次利用的一种方法,当包含一定温度级差的工艺过程的数量增加时,能量分级利用变得更加有利。

与多数工艺过程相比,热处理工艺是在较高的温度下进行的,而且,所有这些工艺过程在同一工厂中是在广泛的温度范围内进行的。因此,这类工业部门中能量的分级利用的机会(可能性)较大。

在热处理车间中,初始能量 Q_p 是以燃气或电能供给每一生产工艺^[1], 见图 1。

车间(或工厂)使用的总能量,如图 1 所示,等于起始能量之和

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_{p_i} \quad (1)$$

这个能量等于各工艺过程所消耗的能量。

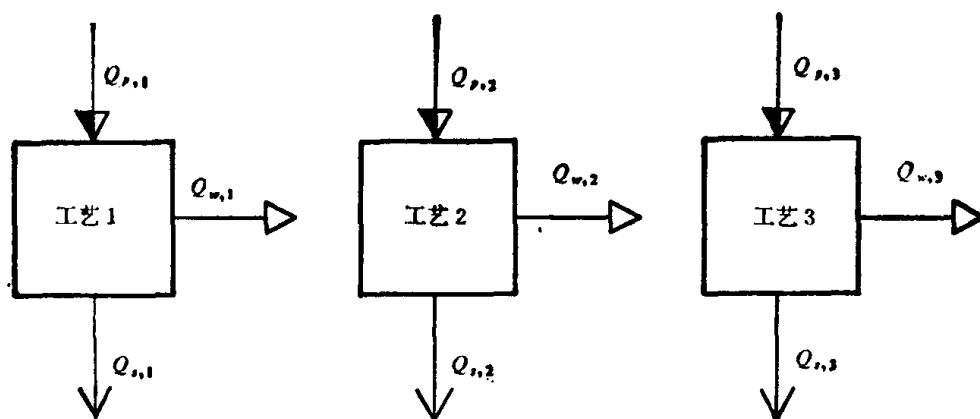


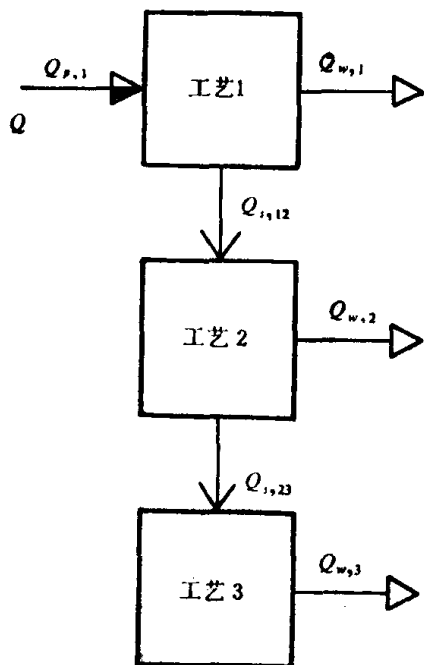
图1 一般工厂的能量系统

$$Q_p = Q_s + Q_w \quad (2)$$

将这些工艺过程若按简单的温度（高低）分级，如图2所示，（1）和（2）之间的关系仍然正确（有效）。

两种能量供给方式之间虽然存在很大的差别。从分级利用的观点，初始能量只是用来补偿每一工艺过程中的损耗能量，或增大转换成过剩能量的部分。

当全部输入的初始能量集中到一点，就是只有第一个工艺过程获得初始能量输入，以及如果没有能量从分级使用中损耗掉，也就是留给分级使用的能量就是浪费的能量，这样，这个热过程已达到了理想状态。既然这样，在分级使用的每一个工艺过程的能量需要都适当地降低了。

图2 最简单形式的理想的
三级工艺过程的联结

利用如图2所示的能量分级，消耗能量的节约量等于供给每一级的初始能量和这一级工艺过程所实际需要能量的差值之总和，即过剩能量的和。

$$Q_{\text{节约}} = Q_{s,12} + Q_{s,23} \quad (3)$$

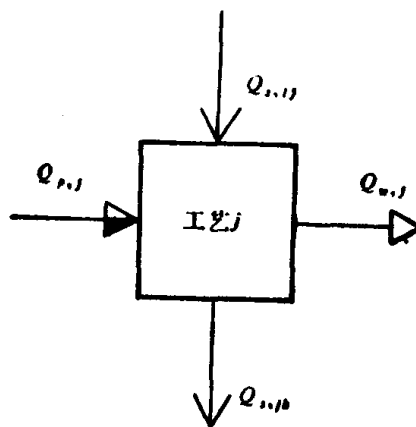


图3 总的工艺单元

能量分级利用可能比图2所示的复杂得多。一般情况，工艺过程单元如图3所示。分级利用中的节能与图1相比将是过剩能量的总和。

$$Q_{\text{节约}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Q_{s,i,j} \quad (4)$$

当没有时间差在能源与再利用之间存在, 对于一个简单的起作用分级利用 (如图 2) 来说, 其要求是能量的数量和性质在逐渐减少, 以及在能源和消耗间没有时间差。如果数量要求不能满足, 就需要更多的初始能量, 倘若质量要求不能满足, 就要介入蓄能泵。如在能源和消耗之内存在时间差时, 则需要能量储存。

二 试 验 程 序

研究能量分级在于一个具体热处理厂应用时的受益情况。

对全厂和主要工艺过程的重要能量消耗作了研究 (检查), 以寻找分级利用的可能性。

经过几个月的工作, 收集了数据, 制作了功率—时间和温度—时间的能量消耗特性曲线。

三 工 厂 情 况

所研究的工厂每周生产热处理产品约 50 t, 工人 30 人, 每年能耗总额为 20.2 TJ。其中主要部分, 14.7 TJ 为电能, 其它为丙烷, 燃油极少。

工厂每周七天, 每天 24 h 开工, 只在较长假期, 如暑假和圣诞节才停炉。

生产设备包括七台连续炉和一些周期作业炉 (真空炉和控制气氛炉) 气氛发生器, 清洗槽等。生产面积约 3600 m²。

四 结 果

1. 工厂 (热) 能量平衡

电和丙烷作为能源供给工厂。从工厂能量中, 以热的通风气、热的冷却水和通过车间墙壁传送走热等方式被导走。

若把工厂看作一个模块, 能量平衡环如图 4 所示。

冷却水温度为 20~25℃、流量为 20 m³/h。冷却水中的热能通过一个热泵用来做比邻工厂房间的取暖。

车间对流的热量损失是从工厂导走的最大能量。从炉子向车间散失的热量使车间空气达 40℃的高温, 并从房顶逸出。

如把炉子排风系统放在一起考虑, 空气温度可达 50℃。炉子、发生炉、清洗槽直接向车间外部散热。

由于车间内温度较高, 许多能量通过墙壁向外散热。如上所述, 有大量相当高的温度的热量没有被利用而散失掉了。

2. 工艺过程能量的利用

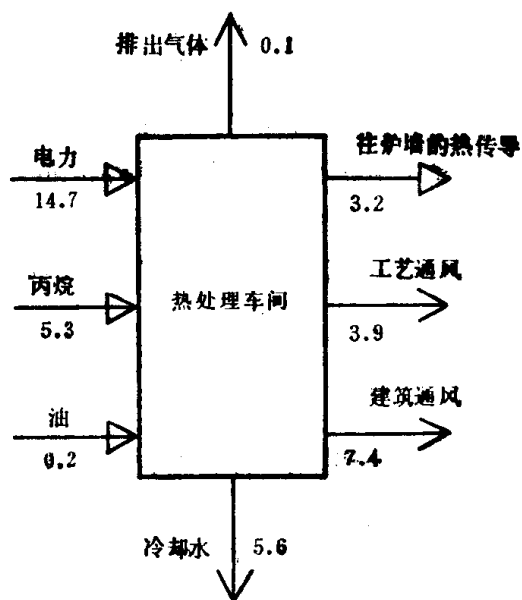


图 4 热处理车间总的能量平衡

加热过程中工件通过炉壁的辐射和对流热交换吸取热能，冷却水被加热而吸收能量和周围空气吸热升温。

在这样的工厂中，是否有能量分级利用的机会（条件），借以减少初始能量输入呢？为了研究这个问题，要求我们仔细分析加热设备。

选择连续式加热炉群进行具体研究，这些炉子是电加热的，最大功率为 165 kW。

在 8 h 内，经 860℃ 渗碳的零件为 880 kg。包括冷却槽在内的炉子热平衡示于图 5。温度是取 8 h 工艺时间中的平均温度。

冷却水所带走的热能，如前所述，用作比邻工厂的取暖热源。其它两项炉子的热能消耗值得注意的是：热的循环空气和炉壁损失。前一项由于其温度高，而后一项则温度既高，热量亦大。

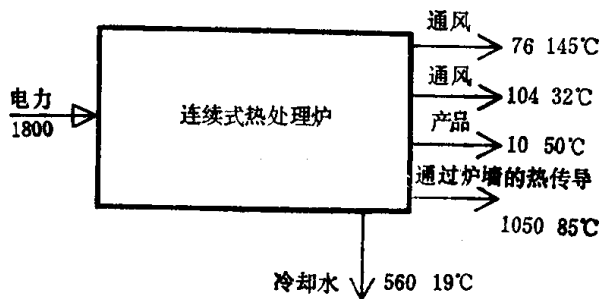


图 5 在 8 h 中一个热处理炉的能量平衡

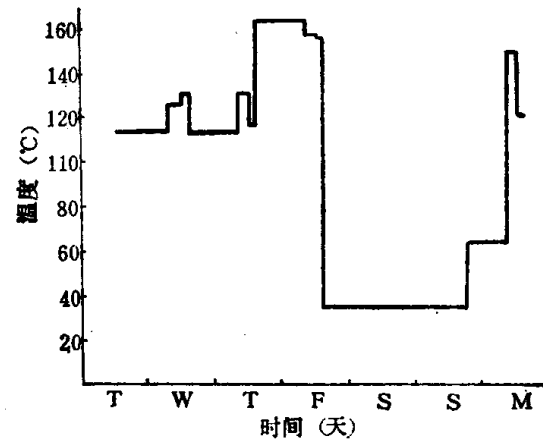


图 6 一周中通风热空气的平均温度

循环空气的温度在一周时间内波动（变化）示于图 6。周一至周五的平均温度为 130℃，而周末的平均温度略低于 40℃。据此可以认为，这一项目从周一至周五平均导走功率约 9 kW。由于周末温度太低，不值得计入。

图 7 表示了炉壁平均温度的波动，平均温度约 80℃。这项损失的平均功率约 120 kW。

在这个工厂中，这样的连续炉有 3 台，同样型号而略小的连续炉有 4 台。从这些炉子的操作情况综合考虑：循环空气热损失用上述功率（9 kW）的 4 倍计算，即 36 kW，炉壁热损失总值为 480 kW。

除了从加热炉导走热能外，还有发生炉的废气热损失。废气波动于 130~170℃，平均可取 140℃，气体流量为 420~480 m³/h，平均可取 430 m³/h，则平均功率为 16.5 kW。

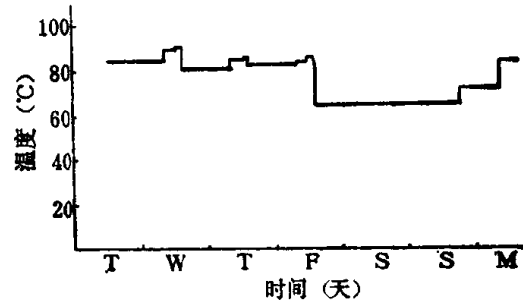


图 7 一周中炉子外表面的平均温度

五 分级利用的能源与用途

可供分级利用的能源有三。首先从炉壁散失的热能，其次为从炉上循环流动的热空气，第三为发生炉废气（排气）。

上述能源的利用途径是：1）预热工件；2）加热清洗机的清洗液；3）加热自来水。

每组清洗机的能耗为 144 MJ，需用功率为 60 kW，热循环空气和废气（排气）可以为清洗机提供 50 kW 的能量。差额或从小的能量储存中提供（当清洗机是间隙生产）或初始能量

中供给。

炉壁热损失的热量可通过空气流予以收集，供加热热水之用。若热交换器的热效率为50%，这项剩余热量每小时加热4 m³的水，温度从15℃升至60℃。这个数字远超过工厂热水的需要量。余热中最大的部分应用来预热工件。如果工件是在200℃退火，并且余热可以将这些工件从25℃加热至70℃，则可节约能量25%左右。

六 结 论

从这个研究中说明，在热处理工厂中，余热利用的机会是存在的。在多数热处理工厂（至少在瑞典是这样），许多高品位的（热）能在白白浪费着^[1]，这是事实。通过能量分级利用，可以发现热处理工业中存在着巨大的节能潜力。

参 考 文 献

[1] Höglund, K., Johansson, J., Solmar, A., Söderström, M.: "Use of energy by small and medium-sized industrial enterprises". STU-information no 161, 1979. National Swedish Board for Technical Development.

〔徐佐仁译 刘迨校〕

国际能源及其在热处理中的应用

〔日〕 金武典夫

摘 要

当前的能源是有限的,而且可以预见到在二十世纪末的能源供应将更加短缺。因此,就迫使人们更有效地利用能量,节能和发展新能源。

热处理是大量消耗能的工业。本文讨论能的有效利用以及节能问题。

一 前 言

能对每个人是一个极端重要的问题,自十八世纪的工业革命以来,对人类和人类的社会活动以及文化的发展都有重大影响。在1973年的第一次石油危机中,我们清楚地认识到,能对世界经济的重大影响,也同时认识到石油的数量是有限的。

1983年的世界经济不活跃,而且增长缓慢。能源特别是石油处于过剩供应状态。因此,使得象发展新能源这样的能源政策在每个国家还是十分活跃。

当然,随着世界人口和经济发展速度的显著增加,除非采取适当步骤,否则在1990年将会出现能源的短缺,其结果会导致世界的普遍混乱。为避免这种情况,我们必须节能,有效地利用能源,利用未开发的能源以及相互合作开发新的能源。

热处理是大量消耗能的工业。对节能和有效利用能的问题进行研究和开发,并将其成果用于生产实际是一个很重要的问题。作者在本文中讨论了世界能源的现状和未来以及能源政策问题。本文也介绍了热处理节能和有效利用能的方法以及可采取的各种节能工艺。

二 能源种类和总体能源

1. 能源种类

通常把一次能源(如煤、石油和水力)转换为二次能源(如液体燃料和电能)以后,能量才能被使用。一次能源也可以不加转换地使用。所谓能源通常是指一次能源。图1所示为能源种类。

矿物能源,如煤、石油和天然气是会用尽的,而自然能源,如非矿物能源和太阳能则是无限和可以循环使用的。在核能中,核裂变能是可以用的,而核聚变能则是用不尽的。生物能也是可循环的,例如醇作为一种燃料可从植物或种植物中获得。

综上所述,能源是由有限能源和无限能源所构成的。

2. 总体能源

表1所列对总体能源的评价^[1~3]。石油和天然气的资源估计为45Q(1Q = 10^{18} Btu = 2.9×10^{14} kWh)。焦油砂和石油砂的储藏量大于石油储量,这些矿砂预期在将来可以利用。煤

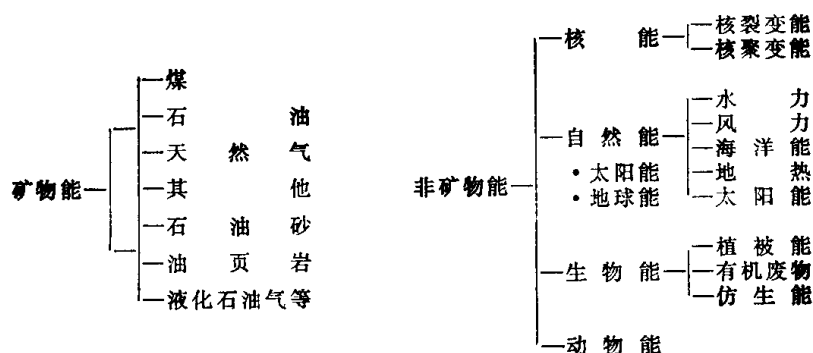


图1 能源种类

表1 总体能源^[1, 2]

能源		资源	使用期限
类型	能	(Q)	(预计)
矿物能	石油、天然气	45	已在应用
	焦油砂、石油砂	30~2000	1985~1990
	煤	260	已在应用
核能	热中子动力反应堆	2.4	已在应用
	快中子动力反应堆	~1000	1995
核聚变能	D-T反应	320	2020
	D-D反应	10 ³	2050
太阳能		30/年	2000
水动力能		0.1/年	已在应用
地热能	蒸气热	1	已应用
	热水	1000	1990
	高温岩石	10 ⁵	1990
	岩浆热	10 ⁹	?
海洋能		1.2/年	1990

炭储量为270Q，作为能源可使用相当长的时间。

用铀燃料产生动力的核裂变能是有限的。而用核聚变能产生动力则是无限的，但后一种能源的实际应用尚需进一步的努力研究和开发。地球可从太阳得到的能量为5000Q/年，但有效地利用此能量的系统尚还没有。在2000年以后，太阳能将在30Q/年的尺度内被利用。地热能也是一种有希望的能源。

3. 能源的现状和未来

表2所列为各种能源的可利用资源。煤的可开采量达 $640 \times 10^9 \text{ t}$ ，是一种最丰富的矿物能源。优质煤大约占70% ($448 \times 10^9 \text{ t}$)，而可用的期限大约是177年。石油可开采量达 671×10^9 桶，其中54%在中东。天然气的可开采量达 $8.2 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其中41%在社会主义国家。石油和天然气的可用时间很短估计分别为33和50年。铀的资源约为 $229 \times 10^4 \text{ t}$ 。北美和社会主义国家很幸运地拥有各种能源。西欧有大量的煤炭资源，但缺乏其他能源。日本的能源接近于零，几乎完全依赖外国进口。

本世纪的上半世纪消耗的能源为50~100mQ/年，但之后的能耗显著将增长到200~300mQ/年。这意味着每25年消耗掉4Q (4Q相当于十九世纪以前的总消耗量)^[3]。

表2 国际能源资源及其未来

项 目	石 油	天 然 气	煤	油 砂、油 页 岩	铀
确定的资源(R)	671×10^9 桶(1982)	$8.2 \times 10^{12} \text{m}^3$ (1982)	$640 \times 10^9 \text{t}$ (优质煤 $448 \times 10^9 \text{t}$)		$229 \times 10^4 \text{t}$ (1981)
北美	5.5%	9.9%	22.4%	74.0%	37.6%
南美	12.7	6.0	0.5	21.1	6.8
西欧	3.7	5.2	14.4		7.9
中东	54.1	26.2			0.2
亚洲、太平洋	2.9	4.4	8.2	4.9	16.0
非洲	8.4	7.3	6.7		31.6
社会主义国家	12.8	41.0	47.8		除外
年产量(P)	20.4×10^9 桶 (1981)	$1.64 \times 10^{12} \text{m}^3$	优质煤(1980) $2.76 \times 10^9 \text{t}$	少量	44000t(社会主义国家除外)
现有资源用期(R/P)	33年	50年	优质煤177年	长期	52年
转换为石油(10^9t)	952	735	优质煤3410		
参考文献	Oil and Gas Journal(1982)	Oil and Gas Journal(1982)	World Energy Congress(1980)	Encyclopedia of energy	OECD/IAEA (1982)

1 桶 = 159 升

各国的能源消耗示于图 2[3、4]。最大耗能的国家是美国，为 74mQ(1979)，相当于世界总耗能量的 28%。苏联的耗能量是 56mQ。中国为 24mQ。日本耗能量为 15mQ，但也可以看到日本依赖油的程度大于其他任何国家。

各国的石油消耗比重占能量总消耗的 40~70%。自 1970 年开始，石油的生产和勘探的平衡受到破坏。第一次石油危机（1973 年）和第二次石油危机（1979 年）以来，油价突飞猛涨，对世界经济造成巨大破坏。当然由于经济增长缓慢，石油消耗减少，而 1983 年 5 月的油价大约是 30 美元/桶，未看出波动倾向（有些人相信，油价还会降低）。

可以预言，在 1985 年以后油价会重新猛涨，而在 1990 年的油开采量将被完全用尽。这是由于石油资源的减少和消耗能量的增加所造成的石油生产缩减所致。1979 年的世界人口为 43 亿，而在 2000 年将预期达到 62 亿（增加到 1.4 倍）。就要象人口增长的结果一样，更多的能量将被用来增加食品生产，如果认为生活水平将会进一步提高的话，能耗的显著增长就是显而易见的了。

三 能 源 对 策

在每一个国家中，许多研究与发展计划都是应付能源短缺的，各国正式进行以下方面对能源研究和开发的项目（虽然拥有能源国家和能源短缺国家具有不同的规划）。

1. 能的开发

- 1) 能源开发 石油勘探，焦油砂和石油砂的利用等。
- 2) 核能利用 最有效的措施。
- 3) 核聚变能的开发 对此能源的实际应用有很大的期待。
- 4) 自然能源，如太阳能，地热能和生物能的利用（见图 1）。

2. 能的有效利用

- 1) 节能 减少能的消耗和能的循环利用。
- 2) 能的特点利用 使能的特点得到充分的发挥。
- 3) 能的系统化 作为把上列 1、2 条结合的总体系来考虑更有效地利用能。

四 能源在热处理中的应用

1. 能在热处理中的应用

热处理的效果 H_E 可用下式表示:

$$H_E = f(c_M, c_A, w, T, t, p) \quad (1)$$

式中 c_M ——被处理材料的化学成分;

c_A ——炉气成分;

w ——材料重量;

T ——温度;

t ——时间;

p ——压力或应力。

或者 H_E 可表达为下式:

$$H_E = f(c, Q, p) \quad (2)$$

式中 c ——成分;

Q ——热量;

p ——压力。

在加热过程中的热量可表示为:

$$Q_h = w \times c_p \times (\Delta T) \quad (3)$$

式中 Q_h ——材料加热必需的热量;

c_p ——比热;

ΔT ——加热温度与室温的温差。

把用做材料加热的总热量表示为 Q_t , 则热效率 η 可表达为

$$\eta = Q_h / Q_t \quad (4)$$

表 3 所列为各种热处理炉的热效率。按照炉子结构、加热方式、炉气种类、热处理条件等因素的变化, 热效率有很大的差别。

表 3 热处理炉的热效率(举例)

炉 型	工 艺	热 效 率(%)	炉 型	工 艺	热 效 率(%)
箱形油炉	正火	15	井式电炉	淬火	30
箱形电炉	正火	25	周期式电炉	渗碳	40
罩式电炉	退火	30	感应加热装置(可控硅	表面淬火	80
连续式煤气炉	淬火	35	固体电路)		

热处理用能的成本占整个热处理成本的 20~40%。由此可见热处理用能量之可观。

2. 热处理用能方针

鉴于热处理的大量能耗, 必须采取合理利用的强烈措施。其中包括节能措施, 热处理过

程的重新审定, 使用新材料和采用新工艺。

五 热处理的节能

1. 能的转换

能源被用来进行加热、制备炉气、运送工件和进行控制。用于加热的能源有油、煤气和电能。如果能加以严格控制和管理, 用电加热可以比用油节约更多的能量。在美国, 廉价的天然气用做渗碳的气体原料, 而在日本则用液化丙烷或丁烷, 因为它们比甲烷更容易获得。

目前在美国、欧洲和其他国家, 为了节能已经推行氮基气氛的热处理。在日本很少采用这种方式, 因为氮过于昂贵。由于氮基气氛有好的使用效果, 高纯度的液氮制备气体将作为象高质量的光亮加热和渗铬这样一些特殊热处理方法的气体介质而加以应用。

图2所示能源消耗组成图因国家而异。能必须在合理的条件下应用。

2. 炉子的改进

为了节能, 热处理炉应加以改进。改进的措施如下:

- 1) 防止能的散失;
- 2) 用陶瓷纤维材料或板取代耐火砖作筑炉材料, 如此可以节能20~40% (依炉子结构不同而异);
- 3) 改变炉子外形来减少辐射散失的热量;
- 4) 其他。

3. 改善加热系统

- 1) 加热方式的合理化
 - (1) 用油或煤气加热时, 应确定空气—燃料的比的控制标准;
 - (2) 改善加热用的燃烧器;
 - (3) 提高电热器的效率和寿命;
 - (4) 其他。
- 2) 加热过程的控制
 - (1) 工艺过程的重新探讨及改进;
 - (2) 改为直接加热;

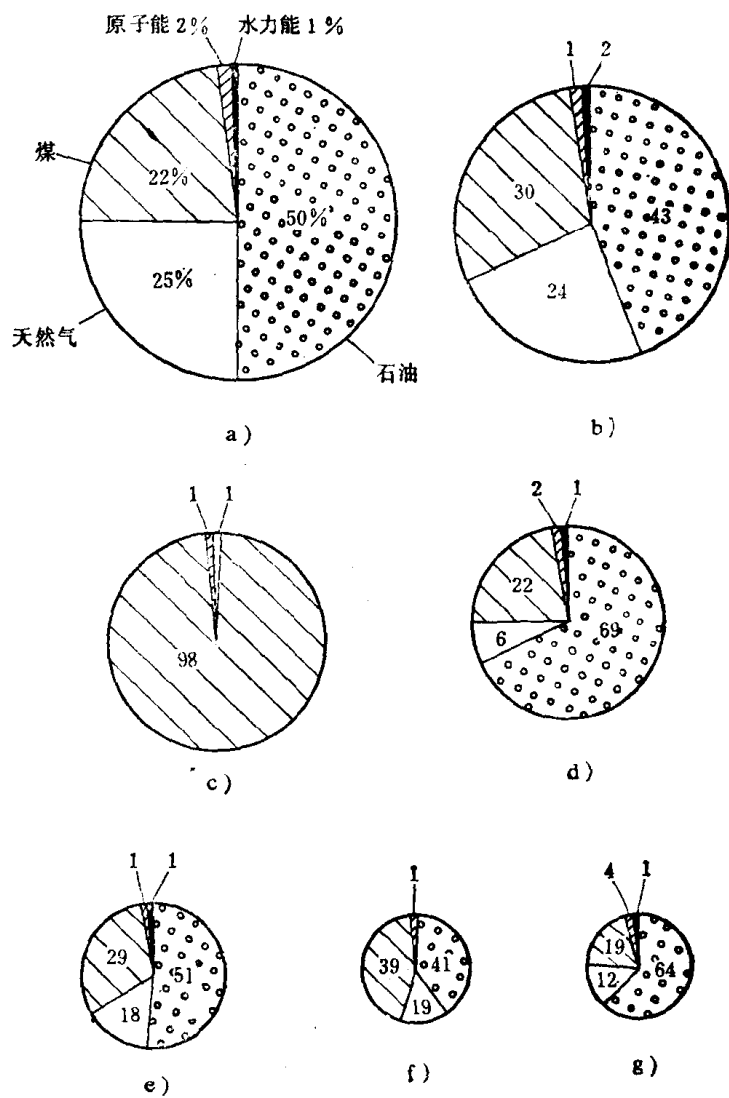


图2 各国的能消耗(1979)

a) 美国(74mQ) b) 苏联(56mQ) c) 中国(24mQ) d) 日本(15mQ) e) 西德(12mQ) f) 英国(9mQ) g) 法国(8mQ)

- (3) 装炉量的控制;
- (4) 温度——时间, 加热和冷却速度的精确控制 (数控或计算机控制);
- (5) 利用氧探头进行燃烧过程的控制。

4. 废热和废气的利用

1) 废热

废热可用于以下方面:

- (1) 燃烧用空气的预热;
- (2) 被处理材料和夹具的干燥和预热;
- (3) 用于低温加热的炉子;
- (4) 清洗或脱脂;
- (5) 用以保持淬火油温;
- (6) 用以加热水和锅炉;
- (7) 其他。

2) 废气

利用废气的气氛炉可用废气生产氨基气氛, 而无需发生炉^[5], 大约可减少总能耗 33%。

六 热处理工艺的节能

1. 热处理工艺过程的改变

作为热处理新工艺的研究和开发成果, 改变热处理过程即可以减小能耗, 又可以改善材料性能。下面略举数例。

1) 表面淬火工艺

- (1) 感应加热淬火;
- (2) 火焰淬火。

这两种方法的能耗比常规淬火 (渗碳) 少, 因为只有材料的表面被加热。

2) 新的渗氮工艺

气体渗氮需要很长的加热时间。采用以下的渗氮工艺可使加热时间显著缩短。

- (1) 气体碳氮共渗^[6];
- (2) 氧氮化;
- (3) 离子渗氮;
- (4) 其他。

3) 真空热处理

真空淬火或真空渗碳也可达到少用能的效果。特别是高温真空渗碳的能耗极低。这是由于加热时间短和气体消耗少之故。例如, 在 $1040^{\circ}\text{C} \times 1.5 \text{ h}$ 的真空渗碳相当于 $930^{\circ}\text{C} \times 4.5 \text{ h}$ 的常规气体渗碳。采取这种真空渗碳法可以节约总能耗的 30%。

2. 工艺过程的控制

在热处理工艺过程中, 象温度、时间、气体量、压力和碳势以及工件的移动, 都可作为一个体系用计算机进行控制, 以平稳地移动零件, 对工件进行连续热处理, 和在最佳条件下进行热处理。

气氛炉、真空炉、离子渗氮炉、感应加热装置这些热处理设备都可用计算机进行控制。

3. 取消某些热处理过程

曲轴、拨叉、凸缘等汽车零件以及工程机械零件通常在锻造成形后施行淬火回火处理。如图3所示,现在只需在锻后直接淬火回火,而含钒钢只需施行锻后的控制冷却,无需淬火回火[7~9]。

此外,可用精确控制轧制条件来代替正火。

靠取消热处理过程可获得最大的节能效果。

4. 复合热处理

复合热处理是指一种热处理和另外一种处理(加工)的组合。采用复合热处理可以节能。

1) 扩散渗层淬火 例如渗铬淬火(见图4)。

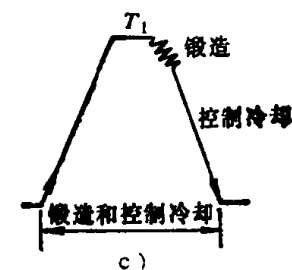
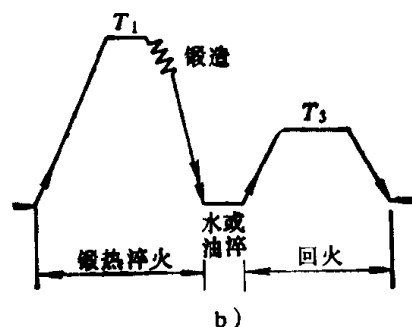
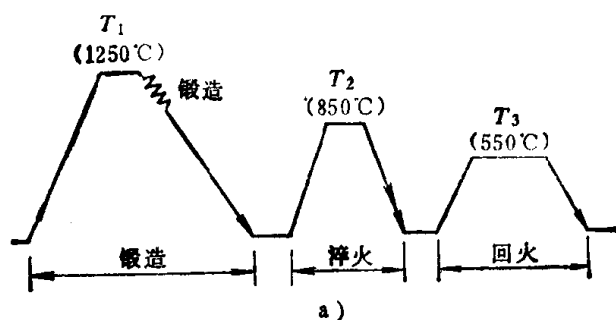


图3 热处理工艺过程的简化(0.45% C 钢)

a) 一般工艺 b) 锻热淬火和回火
c) 无淬火和回火工艺

2) 烧结淬火 烧结后施行淬火。

3) 钎焊淬火 钎焊后立即淬火。

4) 其他。

5. 热处理新工艺的应用

热处理新工艺包括: 电子束[6]、等离子体、激光[6]和太阳能[11]热处理。这些工艺利用局部高能量的加热达到热处理等目的, 例如淬火或硬化、焊接和钎焊。此类新工艺和常规热处理比较有许多优点(如提高磨损抗力和强度)。虽然其热效率不高, 但由于是局部加热, 总能量消耗是低的(和常规工艺比较可节约许多能量)。

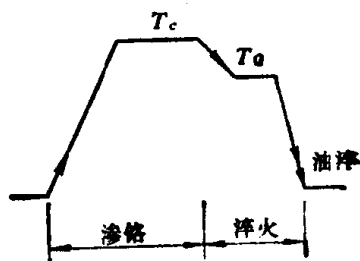


图4 渗铬淬火

T_c —渗铬温度 T_o —淬火温度

这些新工艺将被用在能完全发挥其特点的地方。

七 结 论

目前的能源是有限的, 如果不采取措施, 在二十世纪末将出现明显的短缺。因此, 我们必须有效地利用(节约)能源和开发新的能源。

热处理是大量耗能的工业, 热处理的节能是一个重要的课题。

热处理的节能和有效地利用能已有许多专题文献报告。

由于取消部分热处理或采用复合热处理可以大量节能,在这方面需进一步地研究和规划。

节能要作为一个总的体系:包括从原材料、设备、能量转换和工艺过程等因素出发来综合实现。

参 考 文 献

- [1] Mastering the Probable and Managing the Unpredictable, OECD (1979).
- [2] Science, Nikkei Science (1981).
- [3] K. YAMAMOTO, T. FUGIMURA, Sekai no enerugi to Genshiryoku Kaihatsu (World's energy resources and development of nuclear power), MARUZEN (1983).
- [4] OECD: Energy Statistics (1980).
- [5] S. TAKAHASHI, J. of Japan Soc. for Heat Treatment, 21 (1981) 145.
- [6] Metals Handbook, Vol 4. ASM (1981).
- [7] D. Whittaker, Metallurgia. 46 (1979), 275.
- [8] e.g. K. HASHIMOTO et al, SAE Technical Paper 820125 (1982).
- [9] N. KANETAKE, not yet published.
- [10] N. KANETAKE, J. of Japan Soc. for Heat Treatment 18 (1978), 116.
- [11] ZHONG-KUI, YU et al, 2nd International Congress on Heat Treatment of Materials of IFHT, Florence (1982), 1069.

[樊东黎译 刘迪校]

渗碳过程中的工艺能源消耗

[波兰] T. Burakowski A. Sala
J. Sekowski G. Morawski A. Woźniak

摘 要

本文确定了在渗碳过程中简化工艺能耗和普通工艺能耗的定义。确定了用吸热式气氛、氮基气氛、盐浴及真空等工艺介质进行处理的能耗。

我们进行了一系列计算，对 15HN 低合金钢齿轮用卧式炉（井式炉、箱式炉）和连续式炉（推送式炉）进行处理时的一次处理的能耗进行了计算；对缩短了的分级淬火和珠光体淬火的能耗进行了计算，还对年产量 10~10000 t，每天分为两班和三班，每周工作五天的工厂能耗进行了计算。

一 引 言

对各种工艺的能耗数据进行分析，发现其结果是十分不同的。即使对特定的工艺所计算的能耗值，也由于计算者不同，其结果的差别也很大，甚至可达百分之几百^[1、5]。比如渗碳，在每年处理 5000 t，渗碳层为 1 mm，并使用井式炉的情况下，能耗（按国外文献）是 3800~4400 MJ/t，在使用连续式作业炉情况下能耗则为 8000 MJ/t。如此大的差别不仅仅是由不同的计算中的假设所引起的，而且也是由不同的简单计算所造成的。这一差别说明，缺少一个对工艺能耗的精确定义和缺少对这一能耗进行计算的模式^[3、4]。

二 工艺能耗的定义和计算方式

一个生产周期中所消耗的能量同产品的工艺数量之间比值就是工艺能耗 E' ，生产周期由工艺流程来确定，产品的工艺数量由表示已处理好的半成品量的数来确定。热处理的工艺能耗往往以 MJ/kg 来表示。所耗能量是指实现所选择的工艺而消耗的一定量的能源材料的能量和人们生产的能（如电能）量。计算人们生产的能量时，应该联系对这一生产所必不可少的原材料的平均量来计算。所耗的能量可用不同的能量单位来表示，最常用的是 t_{pn}（煤的当量）或者 MJ。这是实现给定工艺过程中所消耗的各种能源材料的总和：直接形式的（能源材料）或间接形式的（人们生产的能）。有两种能耗：简单能耗和累积能耗。简单能耗就是在给定的生产过程中所消耗掉的能源材料中所储藏的能量，这个能量由这些材料的燃烧热量来确定。累积能耗是指储藏在能源材料中而消耗掉的能量和获得选定的工艺流程中消耗的所有物质材料所需的能量（包括运输的费用和能耗）的消耗。这些物质材料包括能源材料和非能源材料。

应用简单能耗的概念，我们可以确定一些热处理厂的某给定工艺的能耗。在生产过程中，