

● 本報記者 王 宇 攝 圖 一 張 江 蘇 省 政 府 一 號 令 已 經 出 台 。

由于与我国其他省市不同, 我国北方地区人口稠密, 冬季取暖能耗巨大, 采暖、制冷、空调、生活热水供应、工业热媒供应等能耗巨大, 因此建筑节能意义重大。我国建筑节能标准《民用建筑节能设计标准(采暖居住建筑部分)》(JGJ 26-95) 规定, 北方地区采暖居住建筑围护结构传热系数限值, 应比南方地区采暖居住建筑围护结构传热系数限值低 20%~30%。我国北方地区采暖居住建筑围护结构传热系数限值, 应比南方地区采暖居住建筑围护结构传热系数限值低 20%~30%。

[illegible]

第一, 由于与我国国情不相适应, 我国目前为发展小城市而提出的“小城市带动战略”, 即“以发展小城市为中心, 带动周围农村发展”的战略, 是不符合我国国情的。

譯者的話

本文摘譯自日本《金屬》雜誌 1959 年第 3~12 期上連載文章《爐氣氛及其應用》。作者柯貝爾氏 (Koebel, N. K.) 為美國林德堡公司的工程師。

本文內容可綜合為保護氣體與吸熱式氣體兩大部分。

保護氣體對熱處理零件質量起着極大的作用，可使零件表面不氧化，不滲碳，不脫碳，且保持光潔，從而確保零件具有所需要的表面層性質，特別是抗疲勞性質；同時可減少零件的加工與清洗費用以及減輕勞動強度。對於重要構件和不銹鋼、有色金屬及高合金等製品採用保護氣體更屬必要。目前國外已在生產上廣泛應用保護氣體，各種氣體發生設備也已都有定型產品。

吸熱式氣體可作為鋼淬火及退火時的保護氣體，亦可作為滲碳及碳氮共滲時的稀釋氣體。此種氣體由於其廣泛的適用性和可以控制，所以在美國已普遍採用，爐氣發生裝置和測量控制儀表等均有定型產品。採用吸熱式氣體除可保持零件表面光潔外，最突出的是借助於露點儀和其他儀表與裝置能準確地控制零件表面含碳份，從而就保證了零件具有所需要的性能要求，保證大量生產產品質量的一致性。

本文共分五章。

第一章爐氣的理論和化學反應：簡述各種氣體組分與金屬之間的相互作用。這是選擇不同金屬所適合的保護氣體方面的基礎知識。

第二章平衡曲綫：介紹不同學者通过計算所求得的理論平衡曲綫。并与在工业炉中直接測定的經驗平衡曲綫相比較，說明理論平衡曲綫不能直接用于生产实际。

第三章滲碳、复碳、碳氮共滲以及炉与炉气的实际使用法：詳細介紹了吸热式气体在恢复碳份、淬火、气体滲碳、穿透滲碳及碳氮共滲等各方面的应用。文章不仅指出吸热式气体的优点，且涉及到在生产实际使用中的一些具体的关键問題。

第四章炉气类型及其制造法：为各种常用保护气体的制备、原理、成本以及应用的一般介紹。可对保护气体的全貌有一初步了解。內容中关于吸热式气体有較为詳細的介紹。

第五章炉气調节：介紹吸热式气体碳势的露点控制。对露点測定裝置的构造、原理及使用中的注意点有較詳細的闡述。

目 录

譯者的話	1
第一章 炉气的理論和化学反应	1
一、鋼鉄的化学反应	1
二、非鉄合金的化学反应	3
第二章 平衡曲綫	6
一、平衡曲綫及其在炉气热处理上的应用	6
二、理論的平衡曲綫	7
三、直接測定的平衡曲綫	14
四、露点平衡曲綫的实际使用法	15
五、露点平衡曲綫的使用法則	17
第三章 渗碳、复碳、碳氮共渗以及炉与炉气的 实际使用法	18
一、气体渗碳	18
二、穿透渗碳	23
三、复碳	24
四、近代气体碳氮共渗法	24
第四章 炉气类型及其制造法	29
一、吸热式气体	29
二、放热式气体	35
三、氮素炉气——化学精制法	38
四、氩-氮素炉气 (分解氮)	40
五、木炭气体炉气	42

六、不使用发生炉的其它炉气.....	44
七、装入高压容器的氩气.....	44
八、装入高压容器的氩气及氮气.....	45
第五章 炉气调节	46
一、炉气调节的装置及其原理.....	46
二、林德堡公司的“Carbotrol”	48

第一章 炉气的理论和化学反应

一、钢铁的化学反应

- (1) $\text{Fe} + \text{N}_2 \longrightarrow \text{无反应}$
- (2) $\text{Fe} + \text{N} \rightleftharpoons \text{FeN}$
- (3) $2\text{Fe} + \text{O}_2 \longrightarrow 2\text{FeO}$
- (4) $\text{Fe} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{CO}$
- (5) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{H}_2$
- (6) $\text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 3\text{Fe} + 2\text{CO}$
- (7) $3\text{Fe} + \text{CH}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{Fe}_3\text{C}$
- (8) $\text{Fe}_3\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2 + 3\text{Fe}$
- (9) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- (10) $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$
- (11) $\text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{C} + 2\text{H}_2$

式中 $\rightleftharpoons$ 表示该反应可按任一方向进行，且在任意温度下可达平衡。

先论述一下一般的气体成分与钢或铁间的反应。分子氮对钢铁的反应及对其它气体成分的反应可看作是不活性的。原子氮虽有反应，但在高温炉内却是不存在的。不过氨分解是例外，在分解过程中当二个原子氮结合成一个分子前的短暂期间就有原子氮存在，它会吸附于铁的表面，一部分与铁起反应而形成 FeN （按上述反应(2)），大部分原子氮则直接相互反应而形成分子氮，后者对铁及炉内其它气体组分来讲是不活性的。

氧 (O_2) 如(3)式所示对钢铁起氧化作用。氧对钢又起脱碳作用。因此为保证钢在加热中不氧化，又不脱碳，就必须避免氧。

CO_2 是燃料在空气中燃烧的反应生成物之一。它在高温时对钢铁起

氧化作用,如(4)式所示。該反应在任意温度下均可建立平衡条件。为避免 CO_2 的氧化作用,应多加 CO 以促使逆向反应。除氧化作用外, CO_2 还对鋼起脫碳作用,如(6)式所示。为防止脫碳,故 CO_2 需限制在1%以下,其实际含量还得視 CO 含量,温度以及鋼的含碳量而定。又因 CO_2 还与炉气中 H_2 起反应生成 H_2O 和 CO ,而 H_2O 正如后所述具有很强的脫碳性,因此对 CO_2 的含量就更非严格控制不可。

水蒸汽(H_2O)亦能使鋼氧化与脫碳,如(5)与(8)式所示。在任意温度下均可建立平衡条件,故为防止鉄氧化和保持淨洁,在各种温度下必須有超过 H_2O 一定倍数的 H_2 存在。又为防止 H_2O 的脫碳作用,就必须有一定的 CO 和 H_2 存在。 H_2O 的含量也与 CO_2 一样必須严格控制。对含 H_2 約40%的炉气来讲, H_2O 的含量应在1%以下。其正确含量还得視温度、炉气中的 CO 、 H_2 含量以及鋼的含碳量而定。 H_2O 和 CO_2 又按(9)式进行反应,因之它們对炉气碳势控制而言,是两两相伴而作用的。

CO 对 FeO 具有还原性能,如(4)式所示。在各种温度下应有一定的平衡条件。不过,为了避免脫碳(如(6)式示), CO 的含量常常应极其充分,而 CO_2 含量应该非常低。(10)式所示的 CO_2 与 C 作用生成 CO 的可逆反应,在炉气中是很重要的。在 732°C (1350°F) 冷却到 482°C (900°F) 的温度范围内,尤应特別注意。鋼退火时,在这一温度范围内緩冷,若此时 CO_2 与 CO 的比例不适当,則就会产生碳黑沉积。又氧化鉄对此反应起触媒作用,故炉壁含有氧化鉄时就将吸收碳素而崩坏。 CO 虽能抑制 CO_2 的脫碳性而保持高碳势,但 CO 本身并非很强的渗碳气体。在淬火和渗碳高温下, CO 是非常稳定的,故不能提供渗碳所必須的活性碳素。

甲烷(CH_4)以及其它碳氢化合物气体具有很强的渗碳性,如(7)式所示。在高温炉內 CH_4 分解为 C 和 H_2 ,对一定的碳势言,在各温度下 CH_4 和 H_2 之間存在着平衡条件。炉温愈高,分解倾向愈大。由于这一分解作用,就提供了气体渗碳所需要的碳素。 CH_4 分解时,在鋼表面生成的活性碳素为鋼所吸收,但象碳黑那样的游离碳素对渗碳則起着阻止的作用。故为获得最高的渗碳速度必須避免碳黑或其它游离碳素的生成。饱和奥氏体渗碳时所需 CH_4 的正确用量应决定于渗碳零件的实际表面积。表面积大則 CH_4 用量必須相应加多。但在渗碳終期因鋼內碳素已达饱和,

故不再吸收活性碳素，碳素会轉变为碳黑或分子碳，故为避免碳黑生成，就必須在此时减少 CH_4 的添加量。鋼在滲碳时，为要获得一定的含碳量， CH_4 的含量非严格控制不可，这是非常重要的。与 H_2O 和 CO_2 相同其控制精度应在 1% 以下。

氫 (H_2)，如(5)式所示，对氧化鉄具有最强的还原性。干燥的純氫对鋼的脫碳作用极微，但氫气中只要含有 0.2~0.3% 的水蒸汽即成为极强的脫碳性气体。又如(9)式所示，因 H_2 与 CO_2 作用而生成 H_2O ，故为避免脫碳起見， CO_2 气体的含量要保持极少；这是非常重要的。

硫化氫 (H_2S) 由燃料制造的炉气中一般总有微量存在着，偶或对鋼起着着色和氧化的作用，但如含量过多則会影响到的滲碳作用。炉气中的 H_2S 会和鎳合金起非常有害的反应。一般最大容許量为：100 呎³ 气体中含硫 10 格令 (0.648 克)

上述所有反应只适用于合金元素含量 3% 以下的鋼鉄。

干燥的純氮，与氫和氬一样，是不活性的，但充分純粹的气体是难以获得的，在热处理中尤其如此，故分子 N_2 有时也是活性的。

氫和氮在任何情况下都是不活性的。

二、非鉄合金的化学反应

(1) 銅及銅合金

銅的光亮处理比鋼简单，只要避免氧即可。氧含量即使少到不能用气体分析装置测出，亦足以使銅氧化。水蒸汽可用作光亮处理时的炉气，含 CO_2 、 H_2O 和 N_2 的燃料气体只要不含任何 O_2 和 H_2S 痕迹时，同样亦可作为銅的光亮退火的炉气。

H_2S 对銅的光亮退火比氧更为有害，因銅氧化后还可利用稀硫酸洗清除；但由 H_2S 作用所生成的硫化物或污点却只有用氰化鈉或氰化鉀的稀溶液浸漬方能除去，而这些溶液是剧毒的，故应确保炉气中无 H_2S 。亚硫酸气体則不会产生污点。

氫对氧化銅起还原作用，但在銅的光亮退火炉气中氫的含量却非保持得极低不可 (1% 以下)，否則 H_2 对未脫氧电解銅块中所存在的氧化亚

銅共析晶起还原作用,生成了水蒸汽,而使制品极大的脆性。含 H_2 1% 以下的炉气可以用燃烧方法制造,至于 CO_2 与 H_2O 则对銅的光亮处理无问题。另外,在炉气制造中不应使燃料气体中的硫黄烧成 H_2S ,而要使之烧成亚硫酸,如果 H_2 少则生成 H_2S 亦少。又如采用硫黄吸收装置时,亦可减少其再生次数。不过,当銅中并未含氧时,那么 H_2 对銅的光亮退火并无害处。

用于含銀或含鎳的銅合金的炉气则与上述用于銅的炉气一样。因含銀的銅合金对硫的感受很强,故必须使用很高純度的燃料炉气,或必须用除硫装置。但含鎳的銅合金则不会因受硫而失去光澤,而且在炉气中含有多量的氫时亦无影响。

含錫、鉛、鋁或鉍的銅合金,在含 CO_2 或 H_2O 的炉气中会受氧化。在 H_2 多而水蒸汽和 CO_2 少时可得良好效果,此时, H_2 不会引起合金的脆性,因添加了这些合金成分后对銅起脱氧作用。

含鋅銅合金(其中最普通的是黃銅类)要在热处理中保持表面光亮是非常困难的。鋅或含鋅量多的合金在空气、碳酸气或水蒸汽中加热时就会被氧化。在防氧化的炉气中不可有这类气体,如有微量这些气体,就必须用过量的氫来中和。在黃銅的光亮退火中还有一个麻烦問題,即鋅会蒸发而使表面呈霞状。温度愈高则作用愈强。故即使用純粹而干燥的氫作为炉气,对黃銅言,亦不能充分控制其色彩和光亮。一般方法是使用含少量 H_2O 和 CO_2 的 N_2 或 O_2 , 或两者的混合气体作炉气,然后用稀硫酸作极短时间的酸洗。对需深紋的工件还要进行一次最后的光亮退火,使表面产生輕曇,有着很好的潤滑作用。

(2) 鋁及鋁合金

鋁及其合金在干燥空气中热处理时很少氧化,所生成的氧化物色极浅,故其表面与鋁的本色相比,在外观上几无变化。但鋁經抛光后,再經過热处理則会出现曇迹。尚无經濟和实用的炉气能防止这种极輕微的氧化。故在工业上就以空气强制循环的加热炉来供給干燥空气作处理之用。

有些炉气成分对鋁合金热处理是不适宜的,如 100% 过热水蒸汽的

炉气给出了最坏的结果。含湿气的 CO_2 和 N_2 则无多大害处，干燥的 O_2 或空气也无甚影响；但在空气中或氧中含有多量湿气时则是有害的。氨、硫和亚硫酸气也被证明都是有害的。由于水蒸汽和硫黄都必须严格控制，故加工铝合金用的热处理炉可用电炉或辐射管加热炉。

铝用的炉气以空气为宜，如含湿太高则可进行干燥处理，或者可以使用由气体燃料完全燃烧的、并已除去其水蒸汽的廉价炉气，此炉气含约 10% CO_2 和 90% N_2 。

(3) 镁及其合金

镁及其合金在过热时会起火，故操作处理更应谨慎。为使铸造镁合金中的共晶体避免熔化和氧化，故温度的上升必须是阶段的或缓慢的。极端严密的温度调节和能保持均匀性的炉子是很重要的。一般用 100% 强制循环的加热电炉。

最常用且系最良好的保护气氛则是含亚硫酸气约 0.5~1.0% 的炉气。新鲜炉气应连续送入。一般认为，镁合金铸件能形成透明结晶状的薄膜，故而起保护作用。此薄膜对金属性质和用途并无其它有害影响，且以后可用喷砂或酸洗除去。

用亚硫酸气的优点是：部分氧化的缺陷和炉温上升过高等所造成的起火现象不易发生。但要注意，一旦起火则应立即停止送入亚硫酸气。

镁合金在热处理时起火的原因是 (i) 合金加热太急，共晶体已部分溶化；(ii) 加热时间太短；(iii) 炉温不均匀；(iv) 热处理炉温太高。

目前，用加亚硫酸气的空气来作为处理镁合金的炉气并未得到充分的发展。

(4) 钛及其合金

这种材料在最近才发展起来。这一金属及其合金在热处理中的主要问题是起皮。除氩和氦外，一般已知的气体均与钛起反应，引起脆性或起皮。现在大都是用真空炉来进行钛及其合金的热处理。

第二章 平衡曲綫

一、平衡曲綫及其在炉气热处理上的应用

对于操作炉气調节的热处理技术人員来說，最有价值的是要获得正确而可靠的資料，用来进行炉气調节以获得預期的結果，如在渗碳或复碳时要求能达到所需的含碳量，和在工具鋼或結構鋼工件淬火时既不脫碳，又不渗碳。

按热处理技术人員的經驗，理論平衡曲綫用作碳素鋼的正确調节还不能获得良好的結果。

本节将对根据相律，通过計算所求得の理論平衡曲綫，以及对最近在工业用炉中作直接測定所求得の經驗平衡曲綫，簡單作一比較和論述。

首先列出炉气成分与鋼之間の化学反应式如下：

- (1) $\text{Fe} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{H}_2$
- (2) $\text{Fe} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{FeO} + \text{CO}$
- (3) $\text{Fe}_3\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO} + 3\text{Fe}$
- (4) $3\text{Fe} + \text{CH}_4 \rightleftharpoons 2\text{H}_2 + \text{Fe}_3\text{C}$
- (5) $\text{Fe}_3\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2 + 3\text{Fe}$
- (6) $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- (7) $\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$
- (8) $\text{CH}_4 \rightleftharpoons \text{C} + 2\text{H}_2$

反应式(1)和(2)决定了鋼在热处理中的光亮效果。光亮淬火和渗碳时，合适的炉气成分中 $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 及 CO_2/CO 的比值常常是很低的，因而在比較快速冷却或淬火时就可获得光亮状态。故鋼的氧化还原反应的理論平衡曲綫就并不很重要。而反应式(3)(4)(5)对渗碳及脫碳却有重要关系。反应式(6)(7)(8)网罗了在高温下炉气成分間の化学反应式，这些成

分全部出現在反應式(3)(4)(5)中，故對鋼的滲碳或脫碳反應來講，這種熱氣體反應是非常重要的。

文獻中常常引用的平衡曲線是由史坦賽(Stansel)所發表的，示於圖1。這些曲線很易理解，它們表示了 CO_2/CO ， CH_4/H_2 ， $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 之間的滲碳——脫碳和氧化——還原等反應，史坦賽曲線都是二元系氣體的，只表示兩種氣體之間的关系，而一般爐氣均同時有兩種以上的氣體存在，因此它們就不能表示其間的準確平衡关系，而只能對實際爐氣的一般趨勢起推斷估計作用。

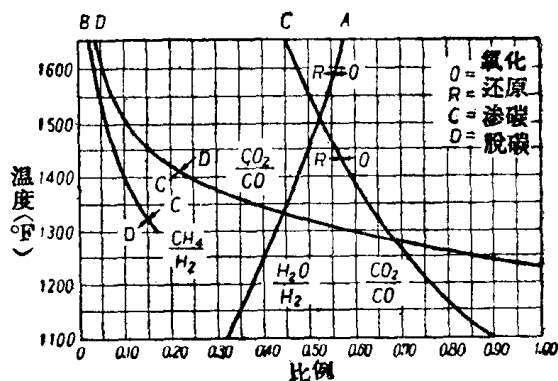


圖1 CH_4/H_2 ， CO_2/CO ， $\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$ 反應的平衡曲線

二、理論的平衡曲線

奧斯汀(Austin)和丹海(Day)所發表的理論平衡曲線是根據上列化學反應，用氣體分壓和平衡常數，再由相律計算而得。但這些曲線只具有學術上的興趣，所通過的物理化學計算也只指示了反應的方向，給我們在選擇爐氣時以基礎的知識。很多人將文獻上所列出來的平衡曲線看作是金科玉律，而對於從日常熱處理生產所收集的一些新曲線，或由實際熱處理設備得出的經驗曲線却抱懷疑態度。

實際所得到的結果和平衡常數同樣都是正確的。但如鋼和爐氣之間並未達到真正的平衡條件時，那麼用來決定真的平衡條件的平衡常數，當

然就不能适用。

这里先对与支配渗碳和脱碳反应的(3)和(4)式有关的理論平衡曲綫稍作討論。

奧斯汀和丹海所作曲綫如图 2 所示。該图表示各种含碳量的鋼对反应(3)的典型的理論平衡曲綫。使用时应先求得 CO_2 和 CO 的含量,以百分率表示之。然后代入 $K = P_{\text{CO}}^2 / P_{\text{CO}_2}$ 式中。例如在炉温 1700°F 时,炉气試样中含 $0.10\% \text{CO}_2$ 、 $20\% \text{CO}$, 則 $K = \frac{P_{\text{CO}}^2}{P_{\text{CO}_2}} = \frac{(0.20)^2}{0.001} = \frac{0.040}{0.001} = 40$ 。从图 2 中的 1700°F , $K=40$ 的一点表示出該炉气应与大約 $0.95\% \text{C}$ 的鋼相平衡。但应注意如果气体分析仅有 $0.1\% \text{CO}_2$ 的誤差,将会产生如何結果*。故要用 CO_2 分析来調节含碳量时,就不能用普通奧氏分析裝置,而必須用時間-重量分析或紅外線分析裝置。

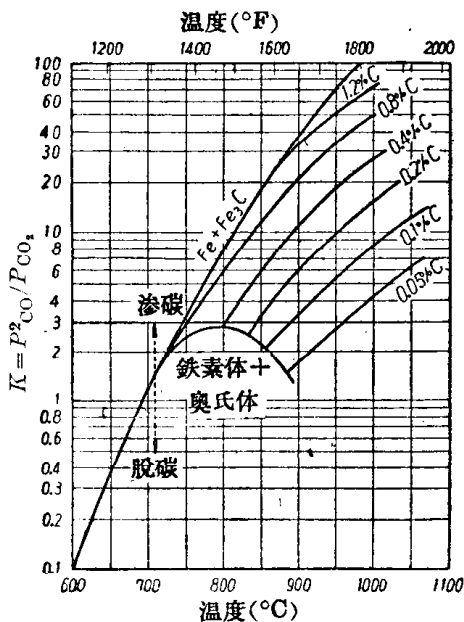


图 2 反应(3)的理論平衡曲綫

* 如有 $0.1\% \text{CO}_2$ 的誤差, 則与气相相平衡的鋼的含碳量将被錯认为 $0.60\% \text{C}$ ——譯者注

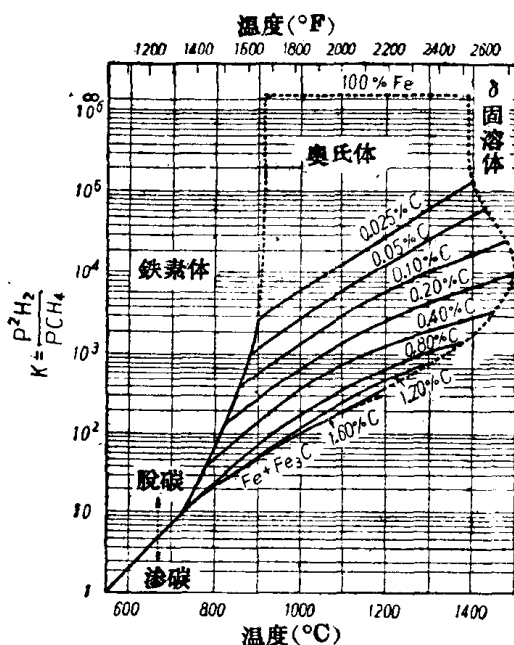


图 3 反应(4)的理論平衡曲綫

图 3 是反应(4)的典型的理論平衡曲綫,使用方法如同图 2。

奥斯汀和丹海对这些曲綫所用平衡常数的选择方面曾作了非常完备的研究。

在奥斯汀和丹海論文中还提供了本文作者实际热处理所得結果与理論平衡曲綫之間的相关数据。实际热处理炉气經正确分析,其成分为 0.6% CO_2 , 0.0% O_2 , 33.3% CO , 1.9% H_2 , 0.0% CH_4 , 0.15% H_2O , 其余为 N_2 。在此炉气中用各种碳素鋼和工具鋼,于 1750°F (945°C) 下进行热处理 2 小时。实际热处理結果与理論曲綫相比确是不符。鋼中的合金成分不仅影响反应速度,而且还影响反应的方向,故只凭理論曲綫来預測炉气对一般工具鋼或合金鋼究系脱碳性或是渗碳性那就并无任何实际价值。注意在上述試驗中 H_2 要非常少, CH_4 要絲毫沒有,这是为了避免因复杂的气体混合物而易造成的誤差。但据奥斯汀和丹海所述則平衡常数 $K = P^2_{\text{CO}}/P_{\text{CO}_2}$ 不仅适用于 CO 和 CO_2 的混合物,而且在混有其他气

体时也可适用。这一假定是以炉气达到真正的平衡条件为基础的。

对理論平衡曲綫的計算稍有变通的研究还有賽高廖里巴 (de Coriolis) 等三氏所发表的結果。他們假定，在工业上广泛使用的含 H_2 40%， CO 20% 的吸热式炉气氛中 H_2 和 CO 的百分比常常不变，故即据以計算，所求得の理論平衡曲綫示于图 4、5、6。在采用这些曲綫时必须使用下列諸式：

$CH_4 \% = 16/E_5$; $CO_2 \% = 4/E_6$; $H_2O \% = 4/E_7$; $N_2 \% = \text{余量}$
与含碳量和温度条件相应的常数 E 可从图 4、5、6 求得，然后代入上式进行計算，这样即可求得在一定温度下与一定含碳量鋼相平衡的气体成分。計算結果列于表 1。这里賽高廖里巴等考虑了 CH_4 、 CO_2 、 H_2O 給予渗碳和脫碳的影响。

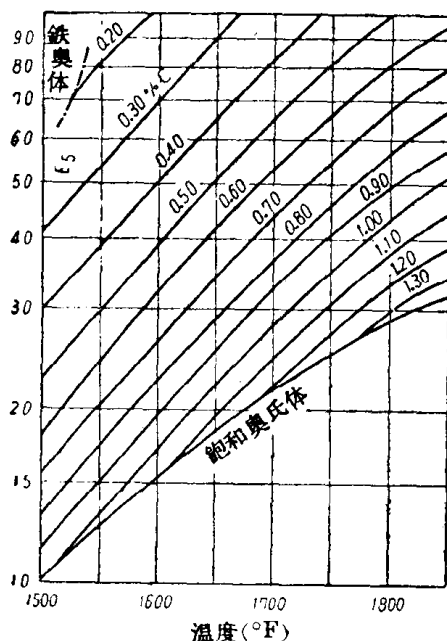


图 4 反应 $3Fe + CH_4 = Fe_3C + 2H_2$ 的平衡常数 E_5 。

注：图中铁奥氏体即为奥氏体与铁素体

这里必須指出：反应 (5) $Fe_3C + H_2O \rightarrow 3Fe + CO + H_2$ 的平衡常数不是采用新的平衡常数，而是由反应 (3) 和 (6) 的常数相結合求得的。这

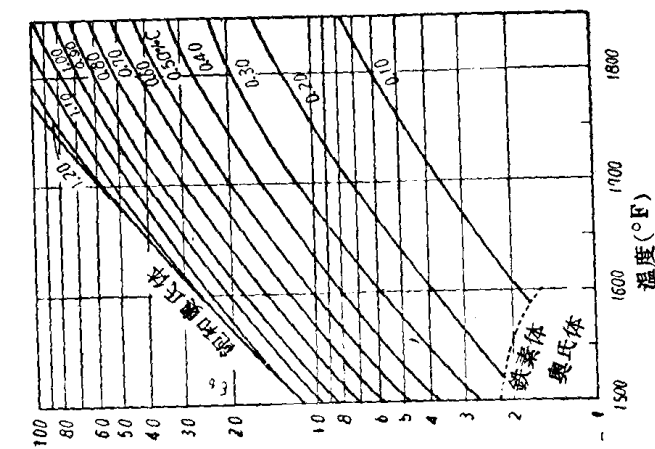


图 5 反应 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CO}_2 = 3\text{Fe} + 2\text{CO}$ 的平衡常数 E_6

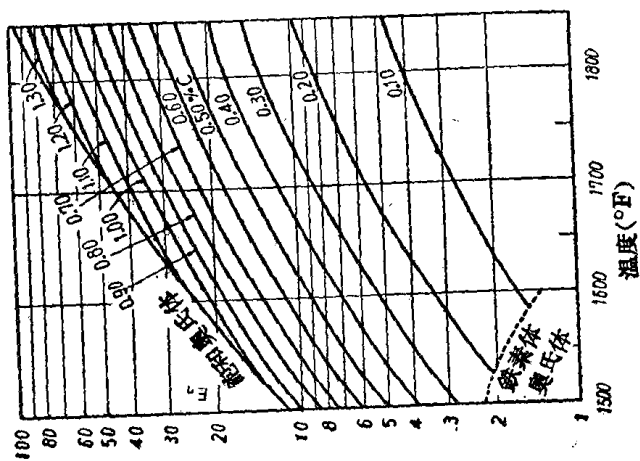


图 6 反应 $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{H}_2\text{O} = 3\text{Fe} + \text{CO} + \text{H}_2$ 的平衡常数 E_7

表 1

温 度	% C	% CH ₄	% CO ₂	% H ₂ O	露 点
1500°F	0.30	0.38	1.60	2.25	67
	0.50	0.70	0.90	1.60	57
	0.70	1.00	0.55	1.10	47
	0.90	1.35	0.42	0.80	39
1600°F	0.30	0.23	0.69	1.54	56
	0.50	0.42	0.40	0.89	42
	0.70	0.60	0.25	0.59	32
	0.90	0.80	0.19	0.44	28
1700°F	0.30	—	0.33	0.94	43
	0.50	0.25	0.20	0.53	29
	0.70	0.35	0.13	0.36	21
	0.90	0.50	0.10	0.27	13
	1.10	0.64	0.07	0.20	7
1800°F	0.30	—	0.20	0.67	35
	0.50	0.16	0.12	0.36	21
	0.70	0.24	0.08	0.25	12
	0.90	0.32	0.06	0.18	4
	1.10	0.42	0.05	0.13	-2

样求得的常数精度是有疑问的。

由赛高廖里巴等所作的曲线通过计算而得的理论露点与本文作者对工业用炉在使用吸热式气体时所直接测定的露点曲线示于图 7 上。从图中可以看出，在理论平衡曲线与对工业用热处理炉直接测定的结果之间存在着相当大的差异，在 1500°F、1600°F 低温时并不很大，但必须注意在 1800°F 高温时有相当差距。

关于理论平衡曲线，还有格罗夫斯(Groves)根据水煤气反应通过物理化学计算所得出的。此曲线比较上二个理论平衡曲线更接近于本文作者的实测曲线(参见图 8)。

总的看来，因在实际热处理中必须十分正确地调节含碳量，故理论平