

849287

陶瓷的燒成

轻工业出版社

82

72044

陶 瓷 的 燒 成

〔德〕 保尔·爱克斯坦

赫尔莫脱·康德 合 著

威 廉·舒 恩

江西省輕工業厅景德鎮陶瓷研究所

顏石麟譯

輕工業出版社

1960年·北京

内 容 介 紹

陶瓷生产工艺中的烧成是个主要工段之一。过去討論这个工段的專書不多。为此，我社特选譯了这本书，以供陶瓷工業界的参考。

本書是由德意志民主共和国的三位工程师集体写成的。書中主要用对比的方法討論了陶瓷制品的烧成法，叙述了燃料与热工的測定，並分析了燃料与窑爐建筑式样对烧成操作的影响。

本書除对烧成工段的理論进行簡單闡明外，还插入了極其丰富的有关图表，可供工程技术人员参考。

此外，本書在主要論述烧成过程及陶瓷燒成之时，还涉及了磚瓦工業、水泥工業、石灰工業的假燒操作及其窑爐的構造，因而从事热工研究和实际生产操作的研究人員和技术人員也可閱讀。

本書的原譯稿曾請景德鎮陶瓷研究所舒信偉工程师作过技术校閱，又請北京輕工業学院黃照柏同志作过譯文审校。

Eckstein-Kanther-Schuen

Keramisches Breunere

〔本書系根据德意志民主共和国国营威廉·克納普出版社

1953 年哈雷（薩雷）第二版譯出〕

陶 瓷 的 燒 成

〔德〕 保尔·爱克斯根

赫尔莫脱·康德 合著

威 廉·舒 恩

江西省輕工業厅景德鎮陶瓷研究所顏石麟譯

輕 工 業 出 版 社 出 版

（北京广安門內白河路）

北京市書刊出版業營業許可証出字第 026 号

北京市印刷一厂印刷

新华書店科技發行所發行

各地新华書店經銷

850×1168 毫米 1/32 · 6¹⁵/₃₂印張 · 158,000字

1960 年12月 第 1 版

1960 年12月北京第 1 次印刷

印 数 1—3,500 定 价 (1) 1.10元

統一書号: 15042·1085

目 录

第一版 序言	5
第二版 序言	6
第一章 燃烧过程 (工程师 W. 舒恩)	7
一、温度 and 热	8
二、火焰 (燭焰)	9
三、本生式火焰	12
四、燃料	13
1. 烟煤	16
2. 褐煤磚	18
3. 原褐煤	19
4. 木柴	19
5. 油	20
6. 發生爐煤气	20
7. 一氧化碳	21
8. 氫气	21
9. 碳氢化合物	22
10. 高爐煤气	22
11. 远距离供应煤气	22
12. 焦炭、泥煤、乙炔、汽油、酒精等:	23
五、燃料的估价图表	24
六、理論火焰温度 (临界温度)	29
七、It 图表	34
八、焙燒費用	40
九、燃料的着火温度	42
十、傳 热	43
1. 靜止气体的傳热	43

2. 流动燃烧生成气的传热	44
3. 辐射传热	44
十一、热需要量	46
十二、窑	48
十三、加热室	58
十四、煤气发生炉	66
十五、燃料的节约	73
十六、温度的测定	83
十七、煤气的检验	88
十八、抽力计	89
第二章 圆窑中的瓷器烧成 (工程师 P. 爱克斯坦)	91
一、焙烧目的	91
二、升温	92
三、通风情况	98
四、焙烧操作	102
五、燃料的节约	107
六、结束语	113
第三章 精陶器的烧成 (工程师 Hel. 康德)	114
第四章 炆器窑的操作 (工程师 W. 舒恩)	129
一、炆器管的烧成	133
二、炆器烧成中煤的节省	135
第五章 砖瓦工业中的焙烧 (工程师 W. 舒恩)	138
杜凡諾夫磚窑的快速烧成法	151
第六章 水泥工业中的窑 (工程师 W. 舒恩)	159
第七章 石灰工业中的窑 (工程师 W. 舒恩)	168
[附录] 各种数表 (28~62) (工程师 W. 舒恩)	175

第一版序言

本書第一次用对比法討論了陶瓷制品的燒成法，敘述了燃料与热工測定，並分析了燃料和窑爐建筑式样对煨燒操作的适用程度。

煤的緊張和一般經濟上的情况，迫切要求將燃料的耗費降低到最低限度。在陶瓷燒成中，判断煤的消耗程度，因为条件各有不同，有时不易定出一致的标准。

盧美尔在“热經濟的經驗数据”中提出三类数值：

1. 实际数值是根据于連續記載算出的結果，它往往是靈用的。
2. 应得数值在有利的試驗条件和良好的窑爐建筑情况下可以获得，这是可以爭取的。
3. 理想数值，可于驗收試驗中，在可想象的最完善的情况下获得。

問題在于不断地將实际数值加以改进。

另一方面，工業竞赛促使产品質量提高，而質量是不能完全用数字来表示的，但焙燒方法对它有很大的影响。

研究陶瓷的燒成对于所有参与者、企業領導者、窑爐技师以及燒窑者都有帮助，並能給予后起者以啓示；在什么样的必要条件之基础上才能获得成就。願本書各篇中关于燃燒的原理以及各項論点能引起大家在工作上进一步了解，从而引起对工作的兴趣。我們希望本專業同仁對本書內容加以批評和提出补充。

作 者

第二版序言

在第一版序言中我們已經指出，煤的緊張情況和經濟上的迫切要求迫使对陶瓷制品的燒成过程作进一步研究。

同时，五年計劃已經开始，在所有技术領域內已出現了显著的进展。在陶瓷方面，也到处在努力使操作方法趋于更加完善。

陶瓷方面所获得的进展大部分系依据操作經驗。为此，許多工人作出了他們的貢獻。此外，有許多具有良好工作成績的非本專業者也参与了研究工作。我們也感謝他們的努力。为了使依据經驗的操作不致失敗，就必須以技术知識作为基础，这就是本書編写的主要目的。

書中对燃燒过程清楚地进行了分段，並用簡單的方法加以闡明，同时也指出了进一步發展的方向。許多繁复的过程只能通过圖表才易理解，並且已被多次应用。为了相同的目的，还采用簡圖来帮助了解窑爐和加热室的作用方式。

数表也是改善工作方法的有效工具。物理数表不仅在独立工作上，而且在改建旧的窑爐及設計新式窑爐的过程中都是必不可少的資料。关于燒成效果的数表是貫串着整个陶瓷工業的指針。參閱这些数表要非常謹慎，其中有些数字有一定出入。不过数表至为重要，当依据經驗操作时，不可忽略。

此外，本書編写亦照顧到初学者和稍具專業知識的讀者的水平。

还在五年計劃之初，磚瓦燒成的發展已指出了經驗与技术知識密切結合会有多么大的优越性。發展的具体情况是不能全部估計的，但可以相信，当規定的五年計劃时期結束时，即使不建設新窑，德意志民主共和国的磚瓦生产能力也將比1950年增長30%。

我們感謝所有第一版的讀者。在本版中我們採納了本專業同仁的一些建議。請繼續提出批評和建議以便补充。

作 者

1952年12月于哈雷(薩雷)

第一章 燃燒过程

我們常常喜欢看到技术上的最高成就。我們仔細觀察一下，便可發現技术上的最高成就往往是出現在科学和技术相互結合得很密切的地方。不过，最高的成就在今天也还是比较少的。广大的技术領域，也包括陶瓷中的热經濟，还不得不依靠由經驗所获得的知識和規律。測定是每一种技术进步的基础。热工工程师根据完善的測定結果才能清楚地認識到發热和傳热的过程，然后进行热的計算並进行可能的節約。

煤、焦炭、煤磚、木柴和煤气等等的燃燒是一种很复杂的过程，許多变化往往同时产生。为了便于理解，需將它們归納成少数簡單的过程。数表1列出了这些燃燒过程(見8頁)。

在一种加热方式中前面四个过程按理論进行时，称之为中性焰。此时，导入的空气正好能燒尽所有的燃料。

但是，当前面四个过程是在导入大量空气的情况下进行时，經轉化后还殘存氧，我們便得到氧化焰。当前面四个过程在空气不足的情况下进行时，轉化后还有未燒尽的燃料存在，我們便获得还原焰。这时自动地出現第五与第六个过程。

热的發生是用“仟卡”(Kcal)来衡量的。1仟卡等于把1公升水从 14.5°C 加热到 15.5°C 所需的热量。物理学家也称1仟卡相当于 $1/860$ 国际千瓦小时的热量。 $1/860$ 国际千瓦小时等于 1.163 国际瓦小时(附录中数表30)。

数表1表明，前面的四个过程与产生热相联系。与此相反，第五和第六个过程則表明热消耗。燃燒时若过基地进行还原，則此时爐溫、溫度、會、下、降。还原性燃燒有时是很必要的，但不可过度。

数表I

编号	反 应	热发生 仟 卡
1	a) 氧化 碳 + 氧 = 二氧化碳 $C + O_2 = CO_2$ 12 + 32 = 44克	+97.6
2	氢 + 氧 = 水蒸汽 $H_2 + 0.5O_2 = H_2O$ 2 + 16 = 18克	+57.4
3	碳化氢 + 氧 = 二氧化碳 + 水蒸汽 $CH_4 + 2O_2 = CO_2 + 2H_2O$ 16 + 64 = 44 + 36克	+190
4	一氧化碳 + 氧 = 二氧化碳 $CO + 0.5O_2 = CO_2$ 28 + 16 = 44克	+67.2
5	b) 还原 二氧化碳 + 碳 = 一氧化碳 $CO_2 + C = 2CO$ 44 + 12 = 56克	-39.7
6	水蒸汽 + 碳 = 一氧化碳 + 氢 $H_2O + C = CO + H_2$ 18 + 12 = 28 + 2克	-27

一、温度和热

温度和热是两个不同概念，但往往被区别得不够清楚。在用语中经常产生不能容许的混淆，按其性质来讲，温度是一种力，而热是一种能（能的形式）。测定温度用度数（用摄氏表表示），而测定热是用仟卡（Kcal，热单位）。若将1公斤0°C的铜浸入1公升100°C的水中，则当温度平衡后，混合温度为91.5°C。铜的温度升至91.5°C，这相当于8.5仟卡的热量。水冷却了8.5°C，这也相当于8.5仟卡的热量。

若将1公斤100°C的铜浸入1公升0°C的水中，则经过温度平衡，而得到8.5°C的混合温度。水的温度升至8.5°C，这相当于8.5仟卡的热量；铜的温度下降了91.5°C，这也相当于8.5仟卡的热量。

把 1 公斤銅升高 1°C 需要 0.0933 仟卡，这就是銅的比热。水的比热等于 1。

在許多热的計算中为了便于理解，还采用第三种热的概念，这就是对 1 升物質的热密度或能密度用仟卡計量。

下列数表 2 表明，陶瓷坯料加热时需要大量的燃烧气体，因为气体的热密度很小。

数表 2

	在 1500°C 时 对 1 公升的热密度 (仟卡)		在 1500°C 时 对 1 公升的热密度 (仟卡)
二氧化碳.....	0.1301	陶器.....約	750
水蒸汽.....	0.1015	瓷器.....約	800
氮.....	0.0804	耐火磚.....約	780
氫.....	0.0756	石灰.....約	700
空气.....	0.081	鉄.....	2300
		白金.....	1300

当熾热的空气快速运行时，热密度或能密度也会十分显著地增大，例如在飞机馬达气缸中的燃烧气体的能密度，即使温度几乎不超过 1000°C 时，也会升到 4 仟卡/升，甚至更高些。

在石英玻璃吹制的噴灯或气焊的焊接焰中导入压缩气体与压缩空气，它們較高的能密度就起到發生高热的作用。熔融鉄和其他金屬时也可广泛利用燃烧生成气的高的能密度。但在焙烧陶瓷坯料中則不能这样做，这里需要和緩的即热密度不大的火焰。若火焰的热密度太大，陶瓷坯体就会燒裂。

二、火 焰 (燭 焰)

大火时操作者可通过看火孔看到窑膛內有来回活躍地翻滾着的白色火焰帶，于是他就可知道燃燒正常和傳热良好。火焰是怎样产生的呢？最好拿蜡燭的火焰來說明。英国物理学家法拉第在六篇报告中清楚地描述了燭焰中的过程*。

* 米哈伊尔·法拉第的“蠟燭的自然史”，累克拉姆出版。

在蜡燭上小的凹入部分，火焰將硬脂熔化，液体的碳化氫經燭芯吸起。燭芯中的硬脂在火焰內部蒸發了，充补滿了 a 区（圖 1）。重質碳化氫即硬脂發生变化产生輕質碳化氫（气体），向外逸出。空气中的氧从外界吸入火焰內，直至 b 区。但进入 b 区的氧不够，火焰是还原性的。在 b 区产生的火焰光亮系由于固体的碳和碳化氫微粒的灼热所致。进入 c 区的氧較多，来自 b 区灼热的碳微粒于此被燒尽。火焰層 c 是不發光的，薄得几乎看不出，这是氧化性的。 a 区为低溫， b 層为中溫，邊緣層 c 溫度最高。整个火焰的最高溫度在上角。最大的热輻射是在火焰最密的 $e-f$ 平面內*。

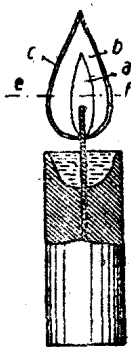


圖 1

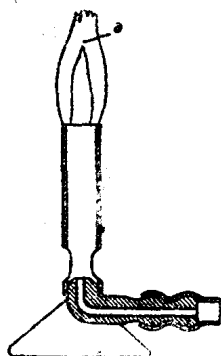


圖 2

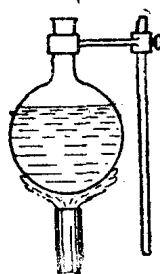


圖 3

圖 1. 蜡燭火焰是个小型煤气發生爐。液态硬脂經燭芯吸起在 a 区中气化。助燃空气从外界吸入 b 区，在此处进行不完全的燃燒（还原性燃燒）。 b 区火焰發亮，光線从固体碳和固体碳化氫微粒發射出来。 c 区为一薄層，此处进行看不見的（氧化性的）燃燒。

圖 2. 本生式火焰的煤气与空气在燃燒管内混合，經混合后进行燃燒。火焰是看不見的（氧化性的）。

圖 3. 火焰的溫度在很大程度上視热的 消耗而定。水煮沸时本生式火焰几乎还不到 1000°C 。而若把一根細白金絲放在火焰最热部分，就可以熔合成一小球。这时火焰極小处的溫度为 1750°C 。

* 这里簡單地叙述了燭焰中所發生的变化。 a 和 b 区中的气体变化是很复杂的。液态重質碳化氫变成輕質碳化氫，由此而达到燃燒的地步。首先总是輕質碳化氫燃燒，接着重質碳化氫，最后固体碳微粒燃燒。人們可以判定熾热的固体碳微粒發光呈紅色到黃色，而固体碳化氫微粒呈白色。燭焰發射出光和热射綫，而熾热的固体部分为主要的輻射体。

与数表 1 中的燃烧公式相比較，蜡燭中主要是进行第三种过程。

当燭焰在靜止的自然空气中燃燒而並未被夺去較大的热量时，其燃燒才不会受到阻扰。若蜡燭在很冷的环境中燃燒时，其所产生的热量在火焰燒尽之前就發射出去了。固体的碳微粒被冷却至發火点之下，成煤烟而离开火焰。当將电石(碳化鈣)灯通过水的加入扩大乙炔火焰时，就發出烟来。这是什么緣故呢？圖 4 表明了火焰圖。这里也有 *a*、*b*、*c* 三个区帶，完全和

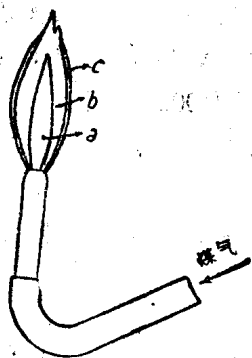


圖 4

燭焰一样。*a* 区中煤气經加热而达到燃燒的地步。在所有火焰中 *a* 区內的燃燒气体均分解为氢、輕質碳化氢、重質碳化氢和碳。*b* 区內的氢与吸入的空气中的氧燃燒，細的碳粒加热到高度白热狀，使火焰發出光来。除發光以外，还發射出許多热射綫。热射綫發射得愈多，則火焰亦愈冷。在薄層 *c* 內，細的碳微粒燃燒成为二氧化

碳，*c* 層不發光。

乙炔火焰适度的燃燒和强烈的發光視火焰体积与火焰表面的协调而定。

小的火焰有小的火焰体积和大的火焰表面，这时进入 *b* 区的氧足够把氢燒尽。

如火焰变大，則火焰体积比火焰表面变得更大，但这时氧不再充分进入 *b* 区，氢只能部分地燃燒，火焰溫度則下降。

热的發射量与火焰的体积关系最大。在大的火焰中 *b* 区有时会被冷却到逸出的細碳粒达到其發火点之下，並且它不再能在自然的空气中燃燒，細的碳粒則形成烟。

三、本生式火焰

当煤气通过薄型小管流出並在空气中燃燒时，便产生發光的火焰（燭焰）。但若煤气在点火前与空气得到充分混合，便产生一种不發光的火焰（本生式焰）。煤气-空气混合物含有很多的氧，致使碳化氢和碳微粒未到灼热程度就首先以不發光的火焰燃燒。由于快速的燃燒，正常的本生式焰溫度也很高。把細白金絲放在火焰 α 区（圖 2）可熔合成一小球，由此而測得火焰溫度达到 1750°C 。一旦把火焰加上很大的負荷，比如加热一較大物体，則火焰溫度也就急剧下降。如將本生式噴灯置于一盛冷水的燒瓶之下，則火焰溫度仅达到 1000°C （圖 3）。

但是在实际操作中总不容易区别爐膛內的燭焰与本生式火焰。

每一火焰的溫度（燭焰或本生式焰）取决于很多种情况：

甲、热的导入

① 燃料的种类：乙炔、一氧化碳、汽油、煙煤、原褐煤等等。燃料的理論火焰溫度（临界溫度）差別甚大；

② 燃料燃燒的速度：由于乙炔的燃燒速度快，具有高的火焰溫度，而燃燒緩慢的原褐煤火焰溫度低；

③ 氧的导入：若以压力送入純氧，則产生高的火焰溫度。若以同样燃料与空气燃燒，則溫度显然較低。当与空气燃燒时，大量不起作用的氮也須被一同加热。

乙、热的消耗

① 在本生式噴灯上將水煮沸許多热消耗在較低的溫度范围，火焰就不会生成高溫，因其热量已过早地消耗掉了。

② 陶瓷窑爐的升温必須緩慢，火焰溫度只能稍微高于焙燒体的溫度。

③ 鉅接白金物体时只需少量热，但需很高的溫度。

在陶瓷窑爐中，燃燒是十分分散的。不仅在加热室中，而且在整个窑室中都进行燃燒。这里我們發現燭焰和本生式焰是交替的。对于焙燒物的傳热，燭焰較本生式焰有無可比拟的优越性，因此燭焰根本不需要像本生式焰那样热就可把同一热量傳給焙燒物。在实际窑爐操作中也可認為在燃燒時間內按照数表1內的六种变化几乎总是同时进行的，只有在加新燃料以前的短時間內才会产生第五种和第六种变化过程。

四、燃 料

直到19世紀，陶瓷窑爐的主要燃料还是櫟树、山毛櫸、松木等木柴。这些硬木虽然發热值很低，它們都十分适合那些旧式窑爐。今天木材需要用在造纸工業方面，在陶瓷窑爐中已采用煙煤、褐煤磚，煤气等来代替它們了。一般說有这样一条規律，燃料的質量愈好，用来加热时热效率也愈高。但今天往往要求采用劣質燃料，因此在工業上也建造了一些适于燃燒劣質燃料的加热室和窑爐，在操作中热效率也很能令人滿意。为了選擇适当的燃料，各种燃料在分別等級时必须加以很大注意。許多工業部門已列出燃料表使各企業能选用对它們最适当的燃料。但是燃料是一种天然产物，質量是很不均一的。在同一矿井內矿層有厚薄之分，有的含灰分很多，也有的几乎不含灰分。一个矿坑供应的煤在質量上也可能有很大的差別，提出的灰分含量、發热值、煤气产量等数值也只能作参考，而且往往只是一个幅度較大的極限范围。

数表3和4列出了少数几种不同的燃料，其中有些燃料对于陶瓷窑爐的加热根本無关，但为了获得全面的了解与便于比較，知道各种燃料的燃燒情况也是很必要的。

数表 3

化学组成的重量百分比									燃料	热值 1 公斤 仟 卡
S	CH ₄	CO	灰分	H ₂ O	N	O	H	C		
3.02			10.41	1.37	1.23	3.91	4.01	76.05	硬煤.....	7 296
1.0			10.0	6.0		2.0	1.0	80.0	炼焦煤.....	6 705
0.87			6.35	2.73		4.75	0.8	84.5	气煤.....	6 917
0.52			3.09	24.75	0.62	13.96	4.12	52.94	波希米亚褐煤.....	5 002
2.8			15.89	40.25	0.86	8.8	2.6	28.8	萨克森褐煤.....	2 811
0.22			1.57	59.10	0.47	10.5	2.02	26.12	莱因褐煤.....	2 319
0.47			2.34	13.0	1.0	22.3	4.3	55.56	莱因褐煤砖.....	4 860
			0.43	20.0	0.07	35.4	4.9	39.2	山毛榉木柴.....	3 820
			20.0	20.0	1.2	19.2	3.6	36.0	泥煤.....	3 270
							14.9	85.0	汽油.....	10 160
			2.0	1.0			7.0	90.0	焦油.....	9 000
				10.0		31.15	11.85	47.0	酒精(90%).....	5 735
		CO ₂								
1.4	23.3	9.3			54.0	0.1	11.9		莱因褐煤的 发生爐煤气 { 干燥的体积百分比 1044 米 ³ /仟 潮湿的体积百分比 卡 潮湿的重量百分比 725	
0.9	14.9	6.0	35.9	34.6		0.1	7.6			
0.61	17.8	11.3	27.6	41.6		0.136	0.66			
2.0	30.0	3.7		53.9		0.3	10.1		莱因褐煤砖的 发生爐煤气 { 干燥的体积百分比 1236 米 ³ /仟 潮湿的体积百分比 卡 潮湿的重量百分比 725	
1.7	26.0	3.2	13.4	46.7		0.3	8.7			
1.1	29.5	5.67	9.75	53.0		0.38	0.71			
								100	生成 CO ₂ 的碳.....	8 080
								100	生成 CO 的碳.....	2 470
		100							一氧化碳.....	2 400
							100		氢.....	28 700
	100								甲烷.....	11 900
		C ₂ H ₂							乙炔 C ₂ H ₂	11 600
		100								

* 这几个数字按原书为 13.265、9.945、16.620、1.349，但与计算有出入译者认为可能系排印之误，故已作更改——译者

理論火 爐溫度		1 公斤燃料所产生的燃燒气体 (公斤)								冷 却 时 燃 燒 气 体 的 有 效 热						备 註
100 %	125 %	理 論 空 气 量						25%过剩 空 气		750°C	1000°C	750 °C				
空 气										1 仟克 燃 料	1 仟克 燃 料	1 仟克 气 体				
°C	°C	CO ₂	H ₂ O	SO ₂	N	合計	空气	共計	仟卡	%	仟卡	%	仟卡			
2042	1720	2.80	0.375	0.06	7.513	10.745	2.51	13.255	3 920	54	2 950	41	296			
2040	1700	2.94	0.150	0.02	7.39	10.500	2.36	12.86	3 650	54	2 740	41	285			
2105	1735	3.10	0.099	0.012	7.53	10.746	2.45	13.196	3 930	57	2 950	43	298			
2010	1670	1.93	0.619	0.010	5.156	7.715	1.73	9.445	2 750	55	2 040	41	292			
1630	1480	1.05	0.637	0.056	2.959	4.702	0.99	5.692	1 330	48	890	32	234			
1630	1410	0.96	0.773	0.005	2.445	4.183	0.80	4.983	1 100	48	696	30	223			
1960	1640	2.04	0.517	0.005	5.36	7.922	1.73	9.652	2 670	55	1 950	40	278			
1850	1590	1.44	0.641		4.661	6.732	1.16	7.892	2 060	54	1 470	38	261			
1380	1220	1.34	0.524		4.432	6.396	1.15	7.546	1 030	32	495	15	136			
2240	1850	3.12	1.341		11.100	15.561	3.70	19.261	6 670	65	5 210	51	347			
1970	1650	3.30	0.640		9.50	13.44	3.13	16.57*	4 480	50	3 280	36	334			
1970	1635	1.72	1.167		6.25	9.137	2.03	11.167	2 990	52	2 180	38	327			
1190	1130	0.273	0.059		0.892	1.227	0.12	1.347	152	21	53	7	112	1 公斤 = 1.045 米³		
1605																
1400	1330	0.462	0.064		1.24	1.767	0.18	1.947	284	26	165	15	167	1 公斤 = 0.985 米³		
2300	1870	3.67			8.82	12.490	2.88	15.370	5 000	62	3 950	49	324			
1160		CO=2.33			4.45	6.78			780	32	295	12	114			
2450	2030	1.57			1.88	3.45	0.61	4.060	1 470	61	1 250	52	364			
2220	1840		9.0		26.40	35.40	8.6	44.0	16 600	58	13 300	46	380			
2080	1730	2.75	2.25		13.20	18.20	4.3	22.50	7 150	60	5 400	45	311			
2700	2230	3.38	0.692		10.15	14.222	3.3	17.522	8 360	72	7 090	61	476			

1. 烟 煤

陶瓷工厂中需要一种長焰煤，这是一种具有高度揮發物含量的煤，其中揮發的成分仅在加热时就作为可燃气体从煤中逸出，我們称它为气煤和火焰煤。在必要时还可以用瓦斯烟煤。

揮發成分：

無煙煤.....	8~12%
冶煉煤.....	12~18%
瓦斯烟煤.....	18~29%
气煤和火焰煤.....	29~38%

上述范围也並不是很严格的，有时甚至它們相互交叉很为显著，因此采用的可能性也相当广泛，並可能在很广的範圍內替換使用。在二次世界大战之前大都是这样，燒爐技师甲要求無条件地采用“关税同盟”矿业公司的煤，燒爐技师乙只能用“康可第”的煤，而燒爐技师丙只能用“老弗利茨”的煤，所有其他的煤都不用，慢慢的燒爐技师們不得不改变这些观点。如今他們只要能得到随便一种良好的火焰煤，已經很高兴了。

但是只憑气体含量还不能决定煤的質量，灰分也起很大作用。良好的火焰煤在火中是松的，所以助燃空气容易透过厚的煤層，由此煤获得最有利的燃燒速度，人們可以任意給窑膛导入大量的热。但火焰煤的这种良好性能却会因含有高的灰分而大大降低。

整个煤中可能夾杂一些細微的灰粒，也可能混杂一些多石的粘土小塊。常常將煤多次洗滌同时篩分为核桃般大小，对于陶瓷工艺师來說这种核桃形大小的火焰煤用在倒焰窑中是最理想的。这种煤不大便宜，但若經很長的鉄路运输它就会比其他煤便宜。据計算，这种核桃煤的热效率要比同样的粗煤高2%。洗滌和过篩后的細煤在阶梯式爐柵中燃燒时是很經濟的。細煤的价格在它的運費低时才較賤，只有在矿坑附近的工厂才能利