

[苏] H. M. 格鲁申柯 著

李哲浩 虞继舜 译

焦炭质量 的预测



焦炭质量的预测

[苏]И.М.格鲁申柯 著

李哲浩 虞继舜 译

张盖楚 校

605614



冶金工业出版社

B056014

内 容 提 要

本书系根据苏联冶金工业出版社1976年出版的 И.М.Глуценко 编著《Прогноз качества кокса》一书翻译的。书中介绍了炼焦工艺因素和煤的性质对结焦过程和焦炭质量所产生影响的研究结果；讨论了采用数学统计和电子计算技术的现代方法来预测炼焦配煤指标和合理组分的选择原则。

本书供焦化工业的工程技术人员和科研单位的研究人员使用，对高等院校有关专业的师生也有参考价值。

焦 炭 质 量 的 预 测

(苏)И.М.格鲁申柯 著

李哲浩 虞继舜 译

张盖楚 校

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 6 7/8 字数 178 千字

1983年9月第一版 1983年9月第一次印刷

印数00,001~2050册

统一书号：15062·3966 定价0.90元

前 言

在增大高炉容积和强化高炉冶炼过程的条件下,采用自熔性烧结矿、提高高炉炉顶煤气压力和风温、实行富氧鼓风以及采用天然气和重油喷吹等技术,可使冶炼每吨生铁的焦炭消耗量降低。因此,在改善焦炭的物理—机械性质方面,对冶金焦提出日益严格的要求。同时,在整个煤料平衡中,煤的开采和贮存结构的改变,使气煤和弱粘结性煤在炼焦配煤中所占的比重增加。而这些煤种却是造成焦炭物理—机械性能指标恶化的主要原因。因此,必须研究改善焦炭质量的各种方法和技术措施,以改进备煤和炼焦工艺,使配煤具有合理的组分。要使配煤的组成合理,必须研究预测焦炭质量的方法,而预测焦炭质量,对国民经济有着重要的实际意义。有足够的例子可以说明预测焦炭物理—机械性质的方法的应用范围。

在焦化企业中,炼焦配煤的组分主要是根据配煤中的某种组分所起的作用决定的。而对这种配煤所得焦炭质量的预测,则是少数专家的责任,他们通常是根据本企业多年的操作经验和对煤料的研究与观察的结果来预测焦炭质量。对国家分配给企业的煤料的预测工作,目前虽然已使用电子计算机来完成,但是,一方面缺乏表明煤料质量指标与焦炭物理—机械性质之间的相互关系的数学公式;另一方面,不能在较高的科学水平上借助于电子计算机提供解决这些问题的运算方法。

苏联和其他国家在解决上述问题方面进行过许多研究。本书的目的是综合这方面的研究成果,说明不同工艺因素和各种煤料的性质对焦炭质量的影响程度。

目 录

前言

第一章 炼焦过程中影响煤的热化学转化和焦炭物理—机械性质的工艺因素

1

1. 在各种热处理制度下不同粒度的煤的热破坏特性

1

2. 焦炭质量与备煤方法、煤料的粒度组成和水分的关系

10

3. 炼焦制度和焦炉结构特点对焦炭质量的影响

49

4. 熄焦方法对焦炭质量的影响

68

第二章 不同变质程度的煤对胶质体性质和结焦性的影响

74

1. 由煤的岩相组分相互作用而引起的煤胶质体性质的变化

74

2. 胶质体性质的变化规律与配煤组分的关系

84

3. 煤粘结过程中热破坏挥发产物的作用

96

第三章 在半焦转变为焦炭阶段配煤组分对焦化过程的特

点的影响

109

1. 半焦结构强度与煤胶质体性质的关系

109

2. 成焦过程中煤的热破坏产物发生化学变化的实质

116

3. 配煤组分和性质对焦饼中的半焦收缩和裂纹形成的影响

120

4. 煤热破坏的挥发产物在成焦过程中的作用

126

第四章 预测焦炭物理—机械性质的方法

132

1. 根据煤在热加工过程中所显示的性质预测焦炭质量

132

2. 根据煤岩特点预测焦炭质量

161

3. 炼焦配煤的最佳方案的计算

181

参考文献

207

第一 炼焦过程中影响煤的热化学转化和焦炭物理—机械性质的工艺因素

对焦炭的物理—机械性质产生影响的主要因素，不仅有煤料的组分，而且还有炼焦过程的工艺因素。因此，根据煤料性质研究预测焦炭质量的方法，即使是一般性的探讨，也应研究炼焦过程的工艺因素的影响程度，以便对计算结果引入适当的修正值。同时，还应以焦炭质量指标为最终目的，来研究这些工艺参数的合理性。

本章将阐明备煤和炼焦条件对煤的热破坏过程产生影响的理论根据，并讨论工艺因素对焦炭质量的影响的实验室研究结果。

1. 在各种热处理制度下不同粒度的煤的热破坏特性

(1) 加热速度的影响

M.Г.斯克雅尔所提出的分阶段成焦的假设，奠定了炼焦工艺因素对煤的热破坏产生影响的理论基础。这种理论将成焦过程分为四个阶段：

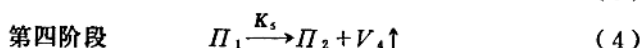
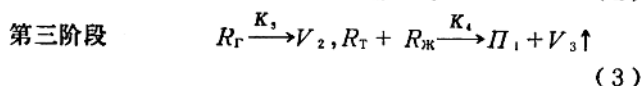
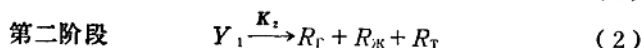
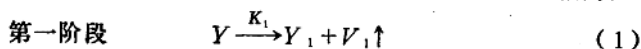
第一阶段是指气体开始急剧析出以前的温度范围。在此温度范围内，挥发物的成分中主要是碳氢化合物。挥发物析出是由于煤中存在含氧官能团。这个阶段对低变质程度煤的影响很大。例如，对褐煤来说，在此阶段将使一些煤的微粒内产生化学键的闭合，这就是这种煤缺乏粘结性的原因。

第二阶段是指胶质体产生最大流动性以前，煤粒发生热破坏时急剧产生挥发物的温度范围。在此期间，主要是煤质巨分子发生破坏。

第三阶段是指煤的热化学转化阶段，这一阶段是指从胶质体开始固化到具有小碳块形式的半焦结构全部形成为止的温度范围。

在第四阶段，由于碳系统内的各碳块缔合并彼此定向作用而形成高温焦炭的结构。

根据上述理论，可用下列反应式将整个结焦过程概括为：



式中 Y ——原煤；

Y_1 ——第一阶段受破坏后的煤；

Π_1 和 Π_2 ——固体残留物；

$R_{\Gamma}, R_{\text{Ж}}, R_{\text{T}}$ ——不同聚集状态的产物在一定温度下所产生的自由基；

$V_{1,2,3,4}$ ——在各反应阶段所产生的挥发物；

$K_{1,2,3,4,5}$ ——各种反应的速度常数。

在炼焦过程中，各阶段所发生的反应的动力学参数，其数值的变动幅度很大。

这些变化是由于升温速度对煤的热破坏产物的性质产生较大影响而引起的。这一结论已为一些研究结果所证实^[1,2]。应该指出，增大升温速度，气煤的热破坏产物的数量和质量都将发生变化：固体残留物和气体的产率降低，而焦油的产率则提高。此时，气体的密度也将发生变化。

如前所述，在一次过程中煤的巨分子发生破坏。这种破坏反应是分解反应的一个实例。因此，在某一温度下煤的热化学转化过程的最大反应速度 (T_{max})，可用下式说明：

$$\frac{E}{RT_{\text{max}}^2} \cdot \frac{dT}{dt} = A e^{-\frac{E}{R \cdot T_{\text{max}}}} \quad (5)$$

这些反应的方式和关于挥发物产率的参数，也可用微分方程描述：

$$\begin{aligned}
V &= V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \\
&= [V_1]^{\infty} \{1 - \exp(-K_1 \tau)\} + [V_2]^{\infty} \left\{1 + \frac{K_2}{K_3 - K_2} \right. \\
&\quad \left. \exp[-K_3(\tau - \tau_1)] - \frac{K_3}{K_3 - K_2} \exp[-K_2(\tau - \tau_1)]\right\} + [V_3]^{\infty} \{1 - \exp[-K_4(\tau - \tau_2)]\} \\
&\quad + K_5(\tau - \tau_3)
\end{aligned} \quad (6)$$

式中 $\tau_{1,2,3}$ ——第二、三、四破坏阶段开始的时间。

最大反应速度的温度与煤的加热速度的关系式 (5) 是一隐函数。用数学运算方法来求此函数的图象，主要是找出此函数的最小值和最大值以及平行于坐标轴的渐近线。最大反应速度的温度与加热速度之间的关系曲线，如图1所示。

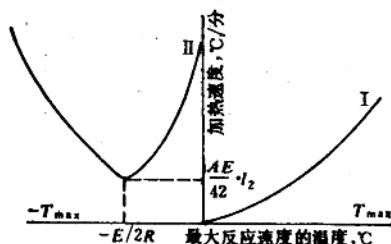


图 1 加热速度与最大反应速度的温度之间的关系曲线

此曲线由两部分组成。由于曲线 I 与 T_{max} 的负值对应，所以失去物理意义。因此，当煤的加热速度增加时，煤破坏的最大反应速度的温度连续地按曲线 I 升高。

正如过去的研究结果所证明^[3]，当煤的加热速度从 $5^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 增加到 $15^{\circ}\text{C}/\text{分}$ 时，吸热效应开始的温度移向较高温度区，而吸热效应的最终温度实际上没有改变；或者出现相关性不好的情况，其原因是煤最初分解的吸热效应超过在煤的胶质体内发生的多缩

聚反应的放热效应。

同样，也确定了加热速度对气体析出的整个过程的影响，且加热速度对变质程度愈低的煤影响愈大^[14]。例如，当加热速度从3°C/分增加到6°C/分时，贫煤的气体析出实际上无变化，而长焰煤的挥发物却明显地增加(图2)。

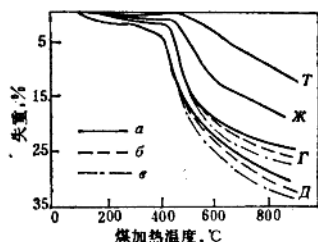


图2 不同加热速度时气体析出物的变化
(曲线旁的字母表示煤的牌号)
a—3°C/分; b—5°C/分; c—6°C/分

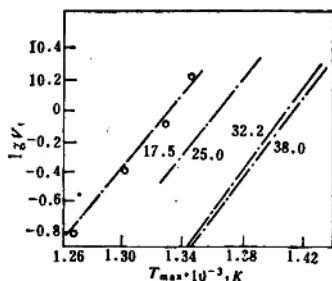


图3 煤的加热速度与气体析出速度最大时的温度的关系
(曲线旁的数字表示煤的挥发物产率, %)

随着煤的加热速度的增加，气体析出速度最大时的温度移向较高温度区。图3的曲线证明，任何变质程度的煤都是遵循这一规律变化的^[4]。此时煤的气体析出的高峰值增大即其特点，因为在较高的加热速度下，能量较小的分解反应在短时间内来不及进行，所以，总的来说，整个反应过程不长，而且，有机物质初次破坏的主要反应几乎同时进行。

加热速度增加也影响煤的胶质体的性质。例如,在这种情况下,加热速度增加使胶质体的粘度急剧降低和膨胀性增大。此外,胶质体最低粘度的温度也增加^[5]。胶质体粘度降低的趋向可用下式表示:

$$\tau = Ax^{-b} \quad (7)$$

式中 τ ——胶质体的剪切应力, 克/厘米²;

x ——加热速度, °C/分;

A 、 b ——不同牌号煤胶质状态的特性常数。

H.C.格雅兹诺夫认为,加热速度提高时,胶质体粘度之所以降低,是由于分解过程的速度大于多缩聚反应的速度,结果使胶质体内的流动物质有所积蓄而造成的。

炼焦速度提高,导致焦炭的结构强度增大,而其硬度则降低。这种现象的机理,是后来研究出下述方法,即将煤的胶质体区分为不同聚合状态的相时才解释清楚的。研究表明,当肥煤的加热速度为10°C/分、50°C/分和80°C/分时,胶质体液相部分的产率分别为6.47%、14.65%和19.85%^[6,7]。此外,随着加热速度的提高,液相流动部分的温度增加,这就证明液相部分本身的分子质量也提高。分解产物的组成发生变化的这一特点,是热处理速度增高,使煤的大分子物质分成小单位的过程的结果。

对于粘结性煤来说,加热速度对碳结构的转变也产生主要影响,这种影响在半焦转变为焦炭的阶段比较突出。文献[15]的作者确认,将煤的加热速度从5°C/分提高到10°C/分,碳的结构形成的所有阶段向更高的温度区移动50~100°C。当加热速度较大时,在半焦内形成有规则的碳块的数量较少,而纹理间的距离明显地增大(与在较低加热速度下获得的半焦的相同性质相比)。在加热速度为5°C/分的情况下,500°C时便开始形成芳香核的结构。但是,在加热速度为10°C/分时,这个过程在550°C时才开始。

(2) 煤粒的粉碎程度对热破坏性质的影响

当加热速度不变和其他条件相同时,煤料的粉碎程度降低将导致煤粒热破坏的热效应移向较高的温度区^[3]。粉碎程度对煤粒

的热破坏反应有很大影响，这一影响与其说是煤粒表面和煤质大分子结构内部分解活性有差异，不如说从煤粒表面到中心的传热过程和分解产物的析出都不同^[8]。下面说明煤粒的大小对上述两个过程的影响。

假定煤粒的形状是半径为 r 的球体，它的导温系数为 α ，球体外表面的温度以一定的速度 w ($^{\circ}\text{C}/\text{小时}$) 升高，且煤粒内部的传热也假定仅仅由热传导来进行。于是可以借助于傅立叶球体热传导公式确定球体中心和表面的温度差：

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} - \frac{2}{x} \cdot \frac{\partial t}{\partial x} = \frac{dt}{d\tau} \quad (8)$$

式中 t —— 温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

τ —— 时间，小时；

x —— 从球体中心到研究点的距离，米。

在任何情况下，当 $x=r$ 时，煤粒表面的升温速度为：

$$\left(\frac{\partial t}{\partial \tau} \right)_{x=r} = w \quad (9)$$

开始加热时，球体内部的升温速度（亦即当 $0 \leq x < r$ 时）不等于 w 。但是，经过一定的时间间隔后，可以认为球体任意一点的温度按下式所求出的速度升高：

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = w \quad (10)$$

将公式 (8) 和 (10) 联立求解得出：

$$\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{\partial t}{\partial x} - \frac{w}{\alpha} = 0 \quad (11)$$

对于初始条件 ($t=0$, $\alpha=0$, $\tau=0$) 来说，解公式 (11) 求得：

$$t = w \left(\frac{x^2}{\sigma \alpha} + \tau \right) \quad (12)$$

根据公式 (12)，球体中心与表面之间的温度差为：

$$\Delta t = \frac{wr^2}{\sigma \alpha} \quad (13)$$

直径约为3毫米($r=1.5 \times 10^{-3}$ 米)和导温系数 α 为 4×10^{-4} 米²/时的煤粒,以3°C/分的速度加热时,其中心与外表面之间的温度梯度大约等于0.1°C。对于颗粒较小的煤粒来说,温差更小。所获得的数据证明:煤粒的大小对加热的均匀性影响不大,仅仅对较低的加热速度有一定的影响。

确定所生成的气体的扩散率与粒度大小的关系时,可根据与热流类似的情况来计算:

$$\frac{Q}{F} = -\lambda \frac{\partial t}{\partial x} \quad (\text{对于热流而言}) \quad (14)$$

$$\frac{V}{F} = \delta \frac{dP}{dx} \quad (\text{对于扩散过程而言}) \quad (15)$$

式中 Q ——热流,千焦耳/时(千卡/时);

V ——在 x 坐标方向通过的气体数量,米³/时;

F ——材料和热流的截面积,米²;

λ ——导热系数,千焦耳/米·时·°C(千卡/米·时·°C);

δ ——气体渗透系数,米²/公斤·时;

P ——压力,牛顿/米²(公斤力/米²)。

这个简单的计算式,仅仅适用于不可压缩的介质。当煤分解产生挥发分产物时,将出现较大的压差。

假定许多固体煤粒在气体运动方向被圆柱状的气孔所贯穿,则气体在这些孔内的运动阻力可根据已知的流体力学公式计算:

$$\frac{dP}{dx} = 32 \frac{w\eta}{d^2} = \frac{V\eta}{F_n d^2} \quad (16)$$

式中 w ——气体运动速度,米/时;

η ——气体的动力粘度,牛顿·力/米²(公斤·力/米²);

d ——孔隙的平均直径,米●;

F_n ——全部孔隙的总截面积,米²。

孔隙度为

●原文误为米³。——译者

$$v = \frac{F_{\Pi}}{F} \quad (17)$$

解 (16) 和 (17) 联立方程式得:

$$\frac{V}{F} = \frac{v \cdot d^2}{32 \eta} \quad (18)$$

这个公式同样只适用于不可压缩的气流。在给定的条件下, 实际上此公式也扩大应用于等温的情况。此时, 下式可以成立:

$$P_0 V_0 = PV \quad (19)$$

式中 P_0 ——开始的压力 (例如, 大气压), 牛顿/米² (公斤/米²);

V_0 ——气体开始的流量, 米³/小时。

解 (18) 和 (19) 联立方程式得:

$$\frac{V}{F} = -\delta \frac{d \frac{P^2}{2P_0}}{dx} \quad (20)$$

将公式 (20) 与热流公式相比较表明, 当热流固定时 ($dt/d\tau=0$), 同样可以用傅立叶微分方程来描述气体扩散的过程:

$$\frac{d^2 \frac{P^2}{2P_0}}{dx^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{d \left(\frac{P^2}{2P_0} \right)}{dx} + \frac{m}{\delta} = 0 \quad (21)$$

式中 m ——压力为 P_0 时从煤粒中析出的气体, 米³/米³·小时。

将方程式 (21) 积分和变换后得出:

$$\frac{P^2 - P_0^2}{2P_0} = \frac{m(r^2 - x^2)}{6\delta} \quad (22)$$

在球体的表面上, 其 $x=r$ 和 $P=P_*$ 。在球体内部中心处, 当 $x=0$ 时有

$$P = P_* + \Delta P \quad (23)$$

根据方程式 (22) 和 (23), 可以求出从固体煤粒内产生的气体的分解阻力:

$$\Delta P = -P_a + \sqrt{P_a^2 + \frac{P_0 m r^2}{3\delta}} \quad (24)$$

公式 (24) 简单地表述了气体析出的过程。由于气体析出的速度不固定, 所以它不适用零阶公式。分析表明, 气体从固体煤粒内析出的阻力, 在很大程度上取决于煤粒的大小。

这一设想可以用 ΔP 值与煤粒 (挥发分为 20% 和 34% 的两种煤) 平均尺寸的关系曲线 (图 4) 来说明。

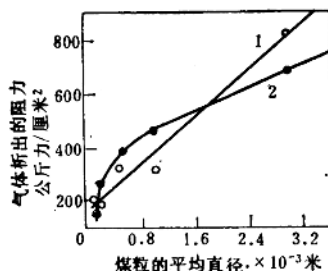


图 4 气体析出的阻力与煤粒尺寸的关系
1— V^r 为 20% 的煤; 2— V^r 为 34% 的煤

计算时, 取 $P_a = P_0 = 9.8$ 千牛顿/米² (公斤力/厘米²), 并取煤在胶质状态下的透气性指数为 1.7×10^{-5} 米⁴/公斤·时。在此温度范围内, 气体析出的 m 值按失重物的微分曲线来计算。图 4 的曲线表明, 随着煤粒尺寸的增大, 挥发产物析出的阻力也明显地增高。

粉碎程度对胶质状态中的煤的性质, 亦即对煤的粘结性有很大的影响。此时, 主要是考虑煤粒表面大小的变化, 而未考虑不同粉碎程度的煤粒分解时的挥发产物逸出的变化。在粗粒煤内, 由于分解产生的气体扩散困难, 因此气体在反应区内停留的时间比较长。

В.И.舒斯基柯夫和Н.А.凯金^[11]借助于红外线光谱, 研究了不同粒度的煤在热处理时氢键性质变化的特性。他们确认, 由于煤的巨分子物质的破坏而产生原子氢。因这些氢从粗颗粒内逸

出比较困难，所以，在很大程度上参与分子内部的重新排列而发生氢化作用，结果使粗粒部分获得新的性质。因此，煤的粗粉碎有助于与内部不规则的氢的反应的发展，同时，煤的细粉碎则有助于煤的有机质的集聚过程的进行。

煤被破坏的这些特点，从其胶质体的性质可以反映出来。正如研究资料^[12]所表明，如果煤粒的粒度增大，将使胶质体液相部分的产率增加。例如，粒度为1~2毫米的肥煤，其胶质体内的液相部分的产率为19.85%；而粒度为3~6毫米的肥煤则为29.40%。

此外，随着受到破坏的煤粒粒度的增大，而产生液相部分。这些液相部分含有分子较小的物质，关于这一点，在三氯甲烷中有比较大的溶解度可资证实。

E. M. 塔茨^[13]认为，煤粒粉碎度增大，将导致胶质体的数量增加。但是，作者认为这一效应仅与煤粒接触的比表面积的增长有关。

因此，由于加热速度和煤料粉碎程度的改变，与煤料破坏过程有关的特性也发生变化，这一过程决定焦炭的物理机械性质。

2. 焦炭质量与备煤方法、煤料的粒度组成和水分的关系

根据煤粒尺寸在热转化过程中所起的作用，以及在炼焦前煤粉碎程度对焦炭质量的影响的最新概念，一方面，应保证煤结构的均一性，换句话说，煤料应为很均质的，这就要求将煤进行足够的粉碎；另一方面，当煤的粒度较大时（未达到规定的粒度范围），煤粒的粘结表面积减少，结果降低了煤的大分子物质“结实的”表面层形成的几率，因而使煤粒达不到足够的粘结强度^[15]。

煤在炼焦时，在不同的煤粒内，以及沿着煤粒之间的接触表面，进行着物理—化学变化和化学反应的综合反应过程。煤粒的热破坏过程和重新组成物质的相互作用属于化学变化。与此同时，存在着不同聚合状态的相，而这种聚合状态的相仅存在于煤粒的

部分表面上，由此推断有物理和物理化学过程进行。

由于煤粒的粘结是在表面上进行的，所以，表面积的大小对焦炭性质将产生很大的影响。当煤和配煤粉碎过细时，将产生自身瘦化效应。在这种效应下，为了湿润煤粒不断增加的活性表面，胶质体的液相部分是不够的^[16]。另一方面，当煤和配煤粗粉碎时，将使焦炭结构的均匀性变坏，因为煤的转化以及形成焦炭和半焦的各个过程，总是在很大程度上单独地发生在每一煤粒内。

因此，煤的粉碎程度对焦炭质量产生不同程度的影响表明，在确定焦化厂用煤的粉碎程度时，原则上应考虑煤料特性和配煤组成。

用科学方法研究出来的这些原理，提出了关于配煤合理粒度组成的许多方案，这些方案是根据煤的性质和配煤比确定的。对于炼焦来说，关于煤的合理粒度组成问题，用分子动力学或者用直接从焦炭形成理论中推断出来的数学统计模型来合理解决都是不可能的，所以关于煤料的组成和粉碎程度，只能通过试验方法来解决。

(1) 关于煤的粉碎程度影响焦炭质量的研究

为了获得足够强度的冶金焦，必须将煤进行粉碎。这一原则是在长期的工艺发展过程中总结出来的。但是，就其实质来说，关于煤的混合物和煤的粒度组成对焦炭质量影响的特点和机理，仍未得到解决。

在这一领域进行过许多研究，文献[17、18、21]的作者在这方面提供了理论基础。他们的结论是：对煤必须进行粉碎，配煤中0~3毫米粒度级的含量应达到95%或更大一些。

此外，C.И.苏恒科在关于库兹涅茨克钢铁公司工作情况的总结中指出，系统地提高炼焦所用煤料的粉碎程度，例如，将配煤中0~3毫米粒度级的含量从1941年的89.6%提高到1952年的97.9%，能使大转鼓内焦炭残留量从318公斤增加到331公斤。但是，此时大转鼓鼓外产品中0~10毫米粒度级的含量变动不大。当然，可以同意作者的下述意见，即随着煤粉碎程度的提高，焦炭

质量有所改善。但是,在这种情况下作者未考虑到对新建焦炉和现有焦炉的温度制度的改善,以及煤的岩相组分的改变,导致炼焦工艺有很大改进的事实。

在那几年,马格尼托哥尔斯克钢铁公司也进行过在煤的不同粉碎程度下用单种煤及其混合煤焦炉炼焦的试验。研究结果(表1)表明,无论哪种牌号的煤,随着粉碎程度的提高,通过大转鼓试验来确定的焦炭强度指标都得到改善。同时,提高肥煤或粘性好的配煤的粉碎程度,使焦炭的机械强度增加的效果最大。

表 1 炼焦配煤粉碎程度对焦炭质量的影响(马格尼托哥尔斯克钢铁公司)

煤的牌号或 配煤方案	胶质层厚度 毫 米	配煤中0~3毫米 粒度级的含量 %	大转鼓内焦 炭残留量 公 斤	大转鼓外产品 中0~10毫米级 的含量,公斤
肥 煤 Ж	34	87.6	300	32
		94.9	318	29
		98.1	327	33
焦 肥 煤 ЖЖ	16	87.8	312	36
		94.1	317	31
		98.2	322	25
2号焦煤 Ж ₂	9	85.2	225	108
		89.9	229	107
		93.2	257	90
		97.2	188	139
方 案 I	17	84.2	295	58
		95.2	308	46
		98.9	313	33
方 案 II	19	89.8	311	45
		96.3	316	33
		99.5	319	40
方 案 III	22	89.5	292	45
		93.1	319	37
		96.2	328	30
		99.0	339	24