

焦化過程中 煉焦煤動態的研究

А.И.赫莉姍福娃 等著

莫仁豪 選譯

冶金工業出版社

焦 化 过 程 中 煉焦煤动态的研究

A. И. 赫莉姍福娃 等 著
莫仁豪 选譯 張孔祥 校

冶 金 工 業 出 版 社

本書譯自 1950 年蘇聯科學院可燃礦物研究所著作集第二卷

Труды института Горючих ископаемых, 1950, ТОМ II

焦化过程中煉焦煤動態的研究 莫仁豪 選譯 張孔祥 校

1957 年 二月第二版 1957 年 二月北京第二次印刷 1,015 冊 (累計 2,185 冊)

850×1168 • 1/32 • 70,000 字 • 印張 $2\frac{20}{32}$ • 定價 (10) 0.48 元

冶金工業出版社印刷廠印

新華書店發行

書號 0338

冶金工業出版社出版 (地址: 北京市燈市口甲 45 號)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 093 號

目 录

加热过程中煤的性質的变化	
А. И. 赫莉珊福娃.....	4
煤在膠体状态时的粘度	
Е. М. 泰茨.....	28
扩张器上对于煤在煉焦过程中的收缩动态的研究	
А. Е. 布列斯列尔.....	39
焦炭中裂紋發展过程的評定	
Е. М. 泰茨 З. С. 洽宾娜.....	62
焦炭强度与其形成时的关系	
Е. М. 泰茨, З. С. 洽宾娜	77

加热过程中煤的性质的变化

A. H. 赫莉娜福娃

阐明煤和配合煤（装炉煤）被加热到 500° 时结构上和性质上的变化问题，是具有重要意义的。煤在焦炉中的动态和其所形成的焦炭的性质，主要决定于在较低温度时煤对于加热的关系。这是十分明显的，因为在焦炉中的装入煤，只能逐步地被加热到 $900—1100^{\circ}$ 的最终温度。这时，最快地被加热的是直接与赤热的炉墙相毗连的煤层〔1, 2〕。

配合煤在加热过程中动态的研究是值得引起注意的，也由于在工业情况下，通常炼焦用的不是单种煤，而是配合煤。此外，当对单种煤与它们的配合煤同时研究时，有可能弄清它们相互作用的动态。

研究加热过程中煤在结构上和性质上的变化是非常困难的。到现在为止，关于煤质在化学和胶体化学上的结构问题，还没有统一肯定的概念。各个作者对这个问题的看法，互有矛盾。某些科学研究者认为煤的胶体离子是球状的〔3〕，另外一些科学研究者则认为是薄片状的〔4〕。

科学研究者认为煤转变为胶质状态，是因为煤中存有能被加热熔融的消聚合体（胶质体）的缘故〔5, 3〕。

研究 350° 到 500° 加热过程中煤的结构上和性质上的变化，是饶有趣味的，这个时候煤的各种不同性质明显地暴露出来，由于随着加热温度的上升，煤质中胶质体与不熔融体之间的比例改变了。

将煤梯级式地加热到 350° 、 400° 、 450° 和 500° 后，这些部份的比例便改变了。研究各种煤在这些问题上的变化程度，可以了解一些各种煤的结构与性质。

当煤因加热而发生了很大的化学变化时，大概在胶体化学方

面；同时还發生了排列的变化，可以按各加热程度而求出各种煤在这种变化的一定阶段上的内部表面值。

測定浸潤热的方法〔6—9〕，是表示多孔性固体物内部表面最普通的方法之一，这种方法，現在同样适用於煤的研究上。

除了根据煤的内部表面变化来表示其性質外，我們还根据它的自然状态和加热到各种温度时，對於重溶剂的扩散性〔10〕，来試驗煤的區別。所採用的重溶剂是 350° — 380° 的葱油餾份。

我們对不同變質程度的頓巴斯煤，作了研究：即气煤、肥煤、焦煤、瘦煤以及按 1:1 比例配合的气煤和瘦煤配合煤。

煤样 150 公分，粉碎到 0~1.5 公厘的粒度，在鋁制干餾釜中加热到 350° 、 400° 、 450° 和 500° 。以每分鐘 10° 的速度加热到 300° 后，以每分鐘 3° 的速度加热到指定的試驗温度。然后在指定温度上，停止温度上昇，这样維持 15 分鐘時間，而最終試驗 500° 为例外，待温度达到 500° 时，才停止加热。照例，在每次試驗时，如加热温度有差誤，則取新煤样重做。

在加热过程中，煤的結構和性質上的变化，是用热分解的初次产品（輕焦油、化合水、煤气和不揮發性殘留物）的产量、煤气成份、粘結性、工業和元素分析、溶於酒精和苯混合物中的百分率，在葱油中的扩散性和浸潤热等来表示的。

在試驗完畢后，將煤粉碎到 0.28 公厘，用所述的方法进行研究。即在煤样称好和粉碎就緒后，立刻將一部份称好的已被加热的煤样（5 克），裝入苏氏萃取器中，用酒精和苯混合物来萃取，而其余的一部份（1 克）用葱油来处理。

所研究的煤样的浸潤热，在葱油中的溶解度和分析的測定結果，整理於表 1 和表 2 中。所得結果，又以圖示形式表示於圖 1—3 中。各种煤的粘結性、揮發份、氢含量和在葱油中的溶解度，已可肯定是随着加热温度的上昇而減少的。

气 煤

当气煤被加热到 350° 时，其成份和性質發生了不显著的变化。同时，几乎沒有产生輕焦油和煤气，而粘結性、元素分析、揮發份、溶解在酒精和苯混合物中的瀝青量和在葱油中的溶解度的变化是很小的。

表 1

被加热的煤样的性質

煤 的 标 号	加热强度 °C	在煤的可燃体中的含量 (%)					
		輕 焦 油	化 合 水	不揮發性 殘 留 物	煤 气 和 損 失	萃 取 液 酒精和苯 的混合物	意 油
Г	原 煤 样	—	—	—	—	4.75	78.50
	350	微 量	1.01	98.55	0.44	3.52	74.77
	400	9.83	3.33	82.69	4.09	1.74	30.00
	450	11.51	4.92	78.19	5.38	0.17	3.52
	500	—	6.47	74.38	8.09	0	0
IIK	原 煤 样	—	—	—	—	0.78	88.00
	350	微 量	0.55	99.17	0.28	1.58	83.58
	400	0.75	1.42	96.36	1.47	5.95	75.30
	450	2.29	1.65	91.67	4.39	6.50	72.86
	500	8.45	2.96	82.34	6.25	0.69	9.00
K	原 煤 样	—	—	—	—	0.62	78.50
	350	0	0.33	99.29	0.33	1.02	76.28
	400	0.79	—	98.46	0.58	3.45	69.23
	450	2.78	0.71	95.61	0.90	3.09	55.18
	500	5.42	0.85	91.23	2.50	0.83	3.00
IIIC	原 煤 样	—	—	—	—	0.21	52.00
	350	0	0.14	99.66	0.20	0.82	53.00
	400	0.20	0.24	99.25	0.31	1.02	49.26
	450	0.87	0.47	98.17	0.49	1.42	53.45
	500	2.16	0.88	94.01	2.95	0.61	8.00

表 2

煤 样 性 質

煤的 标号	加热强度 °C	W^I (%)	A^I (%)	V^I (%)	S^C 全 (%)	C^I (%)	H^I (%)	粘結性 (按 苏联科学院 可燃礦物研 究所方法) C	浸潤熱 (卡/克)
Г	原煤样	3.85	8.72	35.77	1.83	81.13	5.12	14.6	2.35
	350	1.12	9.23	35.41	1.79	81.99	4.71	12.3	11.12
	400	0.53	9.47	19.74	1.65	84.63	3.95	2.2	1.46
	450	1.33	9.75	17.54	1.52	85.01	—	0	6.37
	500	0.98	11.21	12.21	1.46	88.26	2.73	0	6.79
ИЖ	原煤样	0.26	10.62	26.70	2.46	87.43	5.05	28.4	0.94
	350	0.39	10.75	19.65	2.42	88.51	5.02	19.2	1.50
	400	1.57	11.05	19.41	2.47	88.40	4.56	12.8	2.13
	450	0.13	10.66	14.95	2.36	90.92	4.54	9.3	0.81
	500	1.47	11.46	7.71	2.15	93.07	3.80	2.6	1.84
К	原煤样	0.91	2.29	20.10	1.19	88.71	4.80	14.5	1.33
	350	0.67	1.55	18.51	1.23	87.76	4.79	12.6	1.45
	400	0.72	1.81	17.65	1.26	88.08	4.75	9.1	1.09
	450	0.77	2.26	14.75	1.21	88.23	4.13	6.3	0.88
	500	0.97	2.60	9.00	1.14	89.92	3.89	0	0.92
ИС	原煤样	1.14	1.10	17.07	—	90.09	4.66	11.8	1.33
	350	0.89	1.24	16.66	—	90.18	4.65	11.2	1.74
	400	0.67	1.05	16.33	—	90.19	4.65	8.4	1.76
	450	0.50	1.16	14.73	—	90.24	4.42	6.0	1.38
	500	0.61	1.20	11.00	—	90.25	3.95	0	1.09

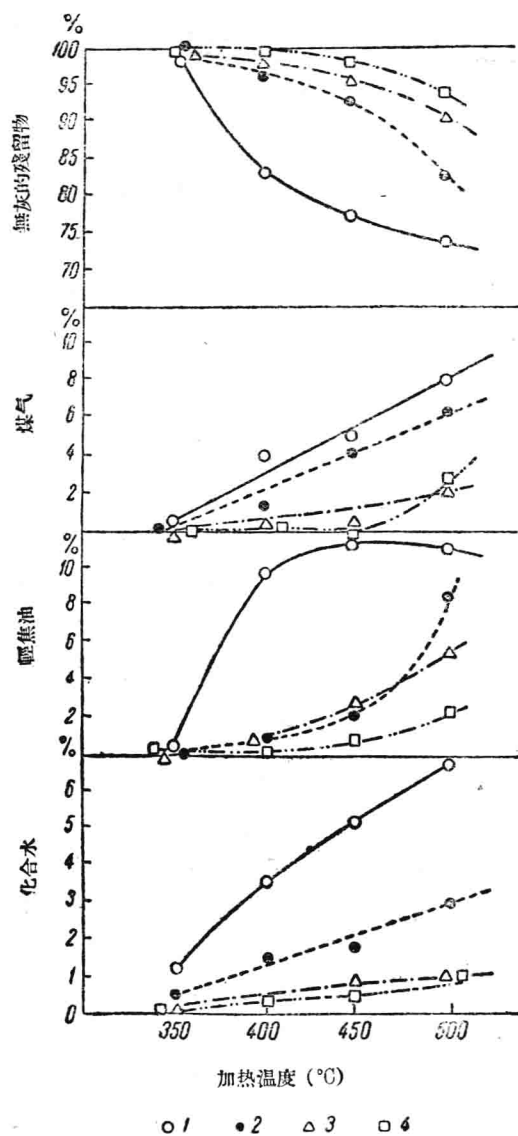


圖 1 將煤从 350° 加热到 500° 时，热分解
产品含量的变化

1- 气煤；2 肥煤；3 焦煤；4 瘦煤

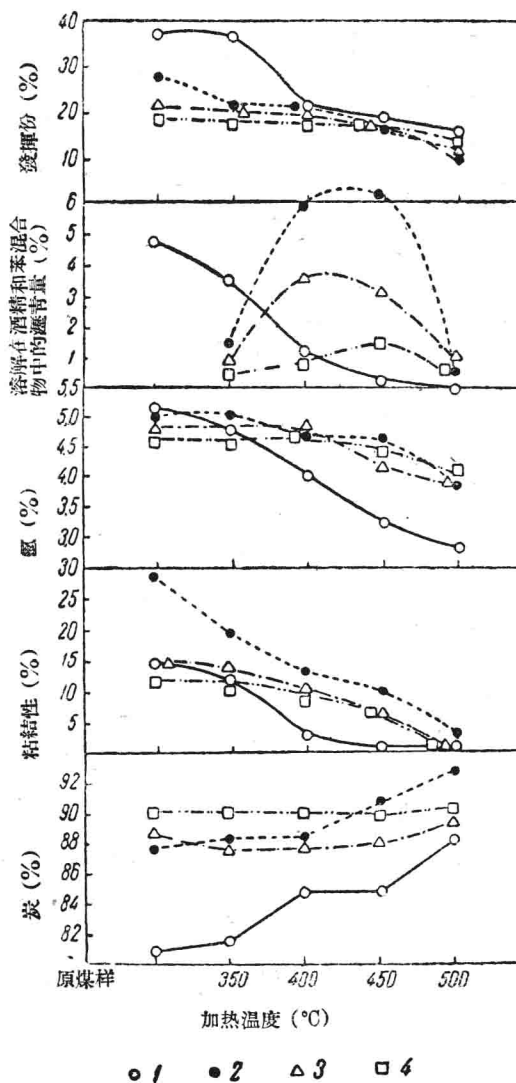
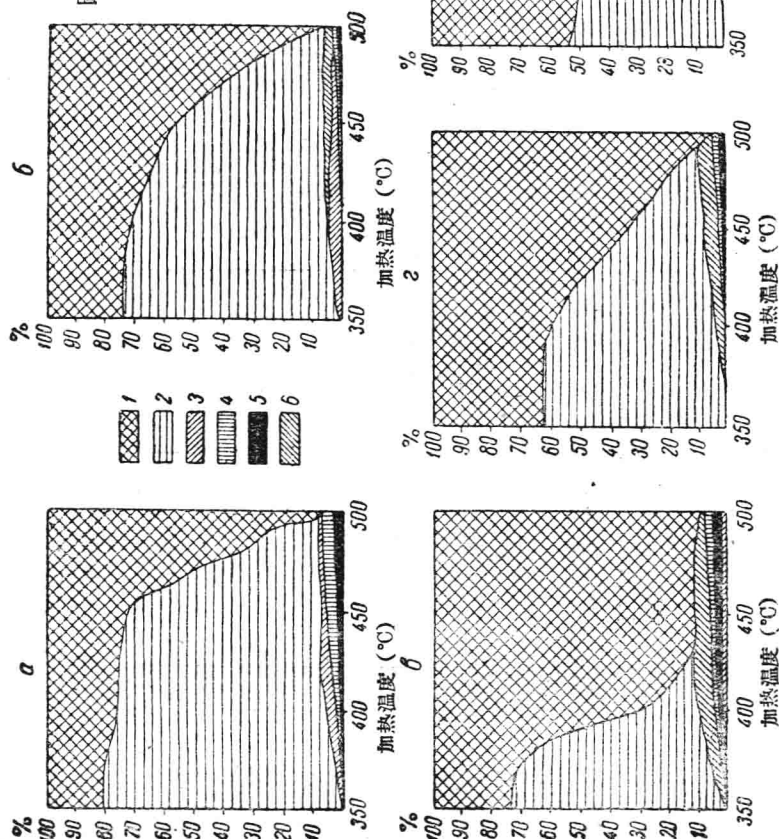


圖 2 將煤从 350° 加热到 500° 时，工業分析和元素分析的变化
1 气煤；2-肥煤；3-焦煤；4-瘦煤

圖 3 將煤从 350° 加热到 500° 时，其膠体-化学性質的变化

a—肥煤；б—焦煤；в—气煤；г—气煤配瘦煤 (1:1)；
 д—瘦煤；1—不凝散性殘留物；2—煤在葱油中溶解的部
 分；3—酒精苯混合物中的萃
 出物；4—煤气；5—化含水；
 6—輕焦油



当試驗溫度从 350° 提到 400° 时，煤的成份和性質，已經呈現显著的变化。同时，化合水和輕焦油增加了。受过热的煤的粘結性能和能得到良好焦炭的性能变坏了。

在煤的元素成份上，呈现出显著的变化。氫含量减少到 3.95%，碳——增到 84.63%，揮發份降低到 19.74%，酒精—苯混合物中瀝青量——到 1.5%，蒽油中溶解度，降低到 30.00%。

当气煤被加热到 450° 时，其性質上的变化，比以前試驗中的变化要大得多。但是，像在試驗溫度从 350° 提高到 400° 时所見到的急剧的突变，在这种情形下並未呈現出来。

將煤加热到 500° 时，發生了大量煤气，炭含量增加而揮發份减少了。

煤气成份随着加热溫度的提高而發生了变化，即当將煤加热到 350° 时，煤气中含有氫和少量的飽和碳氫化合物，而当 500° 时，它們在煤气中的百分率增加了。

含有 4.75% 的溶於酒精—苯混合物中的瀝青量的气煤，能够形成大量的水。

当加热溫度从 350 提高到 400° 时，煤中有机物質分解而形成了初次产品。这时，煤的扩散性急剧地降低。

气煤被加热到 350° 时，内部表面增加得很大（表 2、圖 4），它的絕對值变得非常接近於过去已被我們測定的長焰煤的内部表面值〔8〕。浸潤热变化的相似波动，可以說明 350° 的溫度，非常近似於煤开始分解时的溫度。这是由于煤中各个膠体离子間及膠体离子内部間的結合能力減小的緣故。大概聚合的膠体离子，分裂为許多結構更簡單的小單位了。对煤質本身來說，就是發生了“松化”的現象。此时，吸附着的气体（氮、氧、二氧化碳），从表面上排除了。

將煤加热到 400° 时，内部表面值迅速地减少。

内部表面值最小的煤，能最好地煉成焦〔8—10〕。因此，煤的性質，決定於加热时内部表面值的变化。粘結性的煤被加热时，其浸潤热最小的原因，大概是与其轉变成膠質状态而产生的

膨脹有关。这样，也能使气孔率减小。

当繼續將溫度提高到 450 和 500° 时，能够看出内部表面值增加了。膨脹到極限的煤，分解而形成多孔性的結構，产生大量的初次产品。当气煤最后被加热到 500° 时，其内部表面值，較原

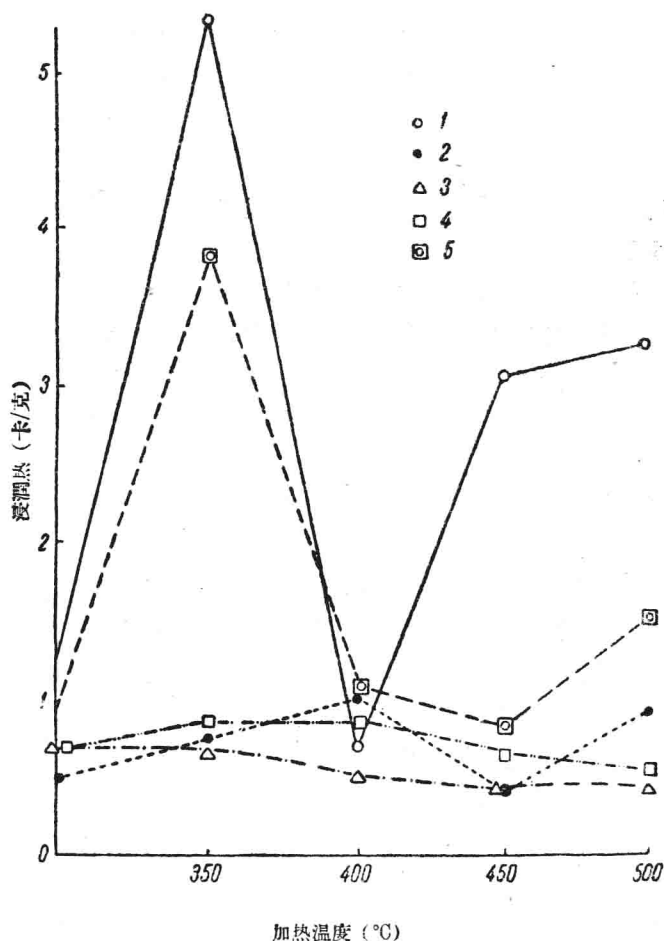


圖 4 当煤从 350° 加热到 500° 时，其内部表面值（浸潤热）的变化
1—气煤；2—肥煤；3 焦煤；4 瘦煤；5 气煤和瘦煤的配合煤 (1:1)

来本身的煤样，增加了兩倍多，即从 2.35 到 6.79 卡/克。

肥 煤

將肥煤从 350° 加热到 500° 时，也發生揮發份、氫含量和粘結性的降低，炭含量的增高。

肥煤与气煤的区别，是在於肥煤的初次产品开始形成於較高的溫度。气煤在 400° 时，形成了 9.83% 的輕焦油，而肥煤則仅为 0.75%，气煤形成的水量—3.39%，煤气量—4.09%，而肥煤形成的水量—1.42%，煤气量—1.47%。

当气煤和肥煤被加热到 400° 时，所形成的煤气的成份是不同的。气煤加热到 400° 时，形成了大量的飽和碳氫化合物，而在肥煤中所形成的飽和碳氫化合物是不多的，仅当溫度提高到 450° 时，其量才見增高。

將加热溫度从 350° 提高到 400 和 450° 时，溶解於酒精和苯混合物中的瀝青量开始增加，而在 400—450° 的溫度範圍內，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，几乎保持在相等的水平上（5.95—6.50%），然后，当溫度提高到 500° 时，迅速地下降。

当溫度提高到 450° 以上时，急剧地增加了所有上述成份（輕焦油、化合水和煤气）的数量。

在蒽油中的扩散性，在溫度 450° 以下时，保持較高的水平（72.86%），当溫度超过 450° 时，扩散性曲線就急剧下降（表 1 和圖 3）。

由於气煤和肥煤在蒽油中的溶解度間的差別很小，所以在其自然状态下，按这种指标很难区别。待加热到 400 和 450° 后，如前所述，这些煤在性質上呈現很大的变化，而变化各不相同。利用这种性質，我們提出了用溶剂来溶解被加热到 400—450° 的煤样，而溶解部份的数量，可用来表示类似煤种的性質。煤的加热，可以在溶解煤的同一試管中，用普通加热条件来进行。

肥煤的内部表面，是根据加热溫度提高的程度，按照其成份和性質的变化而变化的。

將肥煤加熱到 350° 時，分解尚未開始，但是煤質大概發生了“松化”，因之在煤中形成了許多小單位的膠體離子。同時，在煤粒表面上排除了吸附着的气体（氮、氧、二氧化碳），因此而使浸潤熱略有增加。但當肥煤加熱到 400° 時，內部表面繼續增加，這是與氣煤不同的。

這些結果，完全符合於肥煤在較高的溫度時才開始分解的說法——即肥煤比氣煤更成熟些（地質年代比較老些——譯者）。可見必須將肥煤加熱到相當高溫度時，才能使煤中各個膠體離子間及其內部間的結合力求減小，而開始分解成為結構上更簡單的小單位。根據肥煤浸潤熱的絕對值來看，要比加熱到相同溫度（ 350° ）的氣煤的浸潤熱小得多。

將肥煤加熱到臨界溫度 450° 時，由於隨着氣孔率減小而產生的膨脹現象，使煤的內部表面減小。

將煤加熱到 500° 時，能夠看到內部表面是增加了；煤質的分解便開始更形劇烈。在此階段，由於受分解出來的初次產品的作用，於是形成了多孔性的結構，浸潤熱便增加了。

從表 2 中可看出，在內部表面上，肥煤與氣煤間的區別，是前者在 500° 時才變大，加熱到 500° 時的浸潤熱，與原煤樣相比較，增加了一倍。

焦 煤

在焦煤中，僅當加熱到 500° 時，才能看出碳含量從 88.71% * 增到 89.92%，而肥煤在此時，碳含量由 87.43 增加到 93.07%。

焦煤與肥煤一樣，在 450° 時，才開始分解而形成初次產品。僅有當溫度在 450° 時，才能觀察到頗多飽和碳氫化合物和水份的形成。

當溫度從 350° 提高到 400° 時，溶於酒精和苯混合物中的瀝

* 原文為 88.23%，但表 2 中為 88.71%，故推測 88.23% 為 88.71% 之誤——譯者。

青量，增加到 3.45%。当繼續提高加热溫度到 450° 时，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量，还是保持相当高—3.09%。將焦煤加热到溫度 500° 时，則显著地降低了溶於酒精和苯混合物中的瀝青量。

当溫度到 400° 时，在葱油中的扩散性还是很高（69.23%）的，当 450° 时，則稍为降低（55.18%）。450° 以后，煤的扩散性急剧地降低（表 1 圖 3）。

焦煤在加热时，其内部表面变化情况如下：將煤加热到 350° 时，浸潤热增加，到 400 和 450° 时，則下降，而提高到 500° 时，又有一些增加。形成这个現象的原因，类似前面所述气煤和肥煤的差別一节。

必須注意到將焦煤加热到 500° 时，其浸潤热小於原煤样中的浸潤热。

瘦 煤

瘦煤（标号“ПC”）从 350 加热到 500° 时的动态，不同於其他被我們研究过的煤种。在溫度提高时，碳含量並無变化；仅加热到 500° 时，在有机物中的氢量、揮發份及粘結性降低了。

当 500° 时，煤中的有机物开始分解而形成初次产品，此溫度高於气煤、肥煤和焦煤的分解溫度。煤气中氢及飽和碳氢化合物的含量是随着溫度的提高而增加的。从 350° 加热到 450° 时，溶於酒精和苯混合物中的瀝青量增加了，但当 500° 时，則下降。初次产品是非常少量的。当溫度到 350° 时，几乎並無化合物产生。

在葱油中的扩散性，是原样中可燃体的 53%。加热到 400° 时，扩散性稍微有点下降，然后又升高。当 500° 时，瘦煤失去了扩散性。与上述煤种的差別在於：煤中扩散性的曲線平直地变化，沒有急剧的轉變（表 1、圖 3）。

瘦煤在加热时，其内部表面变化如下：当溫度到 350° 和 400° 时，浸潤热变大；加热到 450° 时，則減少而变到与原来煤样的浸潤热相等。繼續加热到 500° 时，浸潤热随即減少。在这

些情况上，瘦煤是有異於气煤和肥煤的。必須注意：当加热到 500° 时，气煤和肥煤的浸潤热大於原来煤样的浸潤热，但焦煤和瘦煤則反而小於原来煤样的浸潤热。

气煤和瘦煤的配合煤

当單种煤煉焦，不能得到品質优良的焦炭时，必須来研究最年輕的煤（气煤）和最年老的煤（瘦煤）相配合的煤的热分解过程，以便确定裝爐煤中，能够包含多种煤。

将气煤和瘦煤的配合煤（1:1），在一个鋁質干餾釜中加热到指定的溫度。研究的方法，与研究單种煤加热时的动态的方法相同（如上述）。

研究結果，列於表3中。

所获得的資料，又以圖示形式表示於圖3、圖5和圖6中。

从表3和这些圖示中可以看出，在气煤和瘦煤的配合煤中，碳含量变化很微，仅当 500° 时，有一些增加。氫含量当溫度到 450° 时，逐步減少，而当 500° 时，急剧降低。揮發份和粘性，随着加热溫度提高而下降。气煤加热到 400° 时，揮發份从35.77%降低到19.74%，在瘦煤中——从17.09%到16.33%，而在它們的配合煤中——从26.87%到24.53%。

从測定揮發份所得到的資料来看，是非常有意思的，它与氫含量的变化完全符合。

从表3看得出，当加热到 400° 时，氫含量在气煤中，从5.12%減少到3.95%，在瘦煤中則不变，而在配合煤中变化很微。

配合煤在加热到 400° 时，煤气量亦显著地下降了。

这些資料，對於說明气煤配瘦煤时焦炭的形成动态來說，是具有很大价值的。

在配合煤热分解的結果中，可以揮發物形式揮發出去的气煤部份，被阻滯在配合煤中了，於是和瘦煤間發生了相互作用。關於这一点，在決定溶於酒精和苯混合物中的瀝青量和蔥油中的溶