

136862

高等學校教學用書

# 學 焦 煉

А. А. АГРОСКИН и Н. П. ЧИЖЕВСКИЙ 著

劉復光等譯

高等教育出版社

高等學校教學用書



煉 焦 學

A. A. 阿格羅斯金, H. II. 契日夫斯基著  
劉復光等譯 顧頌魁校閱

高等教育出版社

本書係根據蘇聯國家黑色及有色金屬冶金科技書籍出版社 (Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии) 1948年出版的 А. А. 阿格羅斯金 (Агроскин) 和 Н. П. 契日夫斯基 (Чижевский) 合著之“煉焦學” (Коксование) 譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為冶金學院教學參考書。原書評閱者為：功勳科學技術工作者 Е. В. 拉果夫斯基 (Раковский) 教授、蘇聯科學院通訊院士 Н. М. 卡拉伐也夫 (Караваев) 教授及技術科學博士 А. И. 波赫維斯涅夫 (Похвиснев) 教授。

本書中敘述有關天然礦物煤的各種資料，焦炭形成理論及配煤方法，煤的精選方法，各類煉焦爐的型式，煉焦爐的烘爐，加熱的調節和熱工控制，以及對它們的估價方法，書中還討論了煉焦化學工廠使用煤氣的經濟問題，分別研究了焦炭試驗的方法並闡明了煉焦化學產品回收的一般概念。在本書的最後數章裏還敘述了木炭、泥煤焦炭、含鐵焦炭的製造方法，也談了一些對高爐適用的其他可燃物質（熱處理無煙煤，原煤）的資料。

擔任本書譯校工作的為天津大學化工系煉焦及其化學產品加工專業教研室成員：柳作良、張遠謀、郭崇濤、付舉學、葉永昌、劉復光，並在翻譯過程中得到教研室主任王秉周教授之指導和鼓勵。本書整理後之全稿又由出版社請北京工業學院化工系第二教研組仲穎魁同志重點加工。

## 煉 焦 學

書號142(課137)

阿 格 羅 斯 金 等 著

劉 復 光 等 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上海天通泰路一九〇號

開本787×1092 1/25 印張 14 9/12.5 字數 273,000

一九五四年十一月上海第一版 印數 1-2,500

一九五四年十一月上海第一次印刷 定價 洋 20,000

## 序

作者於書內闡明了煉焦的各方面問題，此為冶金工作者尤其是高爐工作者所應知道的。因此就特別詳細說明了焦炭的性質，煤氣的經濟，用高爐煤氣加熱焦爐等問題。

作者力求寫成一本與現代煉焦理論和實踐的成就相配稱的書，以便煉焦專家對它也會感到一定的興趣。

本書一般都是以 1937 年我們所寫的煉焦學教程的編寫計劃作為敘述的基礎。

第四章是和維爾活夫斯基 (И. М. Верховский) 教授合寫的，第八章和第十四章是和技術科學候補博士古貝爾格里茲 (М. Я. Губергриц) 合寫的。

作者對下列各位同志在個別章內所提供的寶貴意見致以衷心的感謝：烏里茲基 (Л. И. Улицкий) 副教授 (第一和第十一章)，查巴文 (В. И. Забавин) 技術科學候補博士 (第二章) 和西斯高夫 (К. И. Сысков) 教授 (第十章)。

阿格羅斯金 (А. А. Агроскин)

契日夫斯基 (Н. П. Чижебский)

## 目 錄

序		
第一章	焦炭生產的發展史	1
第二章	煤的性質和化學成份	14
第三章	煤的結焦性和煉焦用煤的選擇	31
第四章	煉焦用煤的配製	57
第五章	煉焦爐的分類、大小和生產率	116
第六章	煉焦爐的型式	132
第七章	用高爐煤氣的焦爐加熱	174
第八章	焦爐的烘爐，操作和加熱的調節	185
第九章	煉焦爐的機械和附件，焦炭的炮火與篩分	201
第十章	煙煤焦炭及其性質的評價	218
第十一章	煤氣	263
第十二章	煉焦化學產品的回收	273
第十三章	利用木炭作為冶金燃料	305
第十四章	利用泥煤和泥煤焦炭作為冶金的燃料	325
第十五章	高爐熔煉的其他燃料物質	354

# 煉 焦 學

## 第一章 焦炭生產的發展史

### 1. 煉焦的發展

自從十六世紀以來，由於尖銳地感覺到木材燃料的缺乏。便增加了冶金燃料供應的困難。在應用焦炭 (КОКС) 於冶金工業尚未得到成功以前的數十年的期間內，生鐵熔煉技術幾乎是停止不進的。

在十七世紀，曾進行過一系列的嘗試，希望在冶金上廣泛地使用煤。由於實際上實現此一任務的技術方法及先決經濟條件之不足，結果未能成功。

直到 1735 年才製得了不加其他燃料而進行熔煉鐵礦石的足夠數量的焦炭。經過許多次試驗以後，終於製得了滿意的金屬。從這個時期起就開始以焦炭熔煉鐵礦石。1735 年應被認為是煉焦工業開始發展的一年。

焦炭之應用於高爐，根本改變了通常用木炭熔煉鐵礦石的面貌。當用焦炭熔煉鐵礦石時，焦炭的燃燒需要較強的鼓風壓力，並產生頗難熔化的熔渣，而且由於焦炭中所含的雜質，首先是硫，混入生鐵中而使生鐵的品質變壞。要消除焦炭熔煉鐵礦石時所產生的缺點，在當時看來是非常複雜的。差不多經過了 150 年，冶金工業才解決了這個問題。

在爐中是把焦炭的原料堆成堆來煉製的：這是利用了幾百年來煉製木炭 (Древесный уголь) 的經驗。堆的直徑通常為 3—4 米。用藁程將堆蓋覆，在藁程上塗抹泥土和煤屑；在堆之中央留下一個井形的煙道 (圖 1)。煉焦過程經歷的時間達 12—14 天。堆式焦炭生產的巨大

缺點是：製取足量的產物需要相當大的面積，工作地區被有害的煤氣染污，和適於用這種方法來煉焦的煤的種類甚少。

在這裏先不敘述現代煉焦爐的各種原始型式，只指出在十八世紀期間用堆式法和煉焦爐生產大量的焦炭得到了成功，並且進行了回收和利用煤焦油（Каменноугольная смола）的初期嘗試。

在十九世紀的前半期，焦炭的生產技術日益改進。在十九世紀二十年代，所謂方箱式爐（Стойловая печь）（圖 2）得到了推廣。方箱式爐兩邊的爐牆約高 1.6 米，長 13—18 米，彼此相距 2.5 米。在底部以上高約 0.5 米處砌有許多與直立煙道相連接的水平煙道，作為放出的氣體之出口。



圖 1 堆式煉焦。

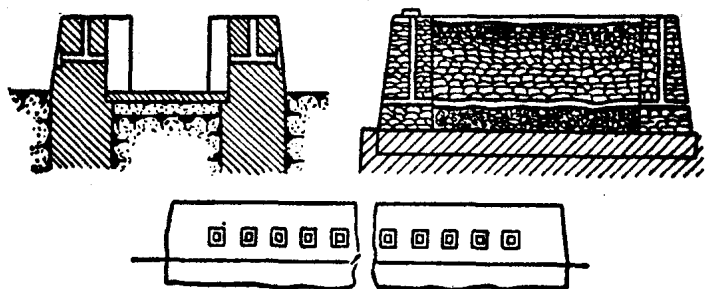


圖 2 方箱式煉焦爐。

在方箱式爐內煉焦過程經歷的時間為8—10天。和堆式煉焦相比，方箱式煉焦保證能較好地控制煉焦過程和煉得品質比較均勻的焦炭。

應當提到其他露天煉焦的一種方法(圖3)，此法為在堆之中央建造一個帶有很多孔的圓錐形烟囱，此烟囱可使整個煤堆的煉焦過程比較均勻地進行。

除堆式煉焦外，當時還曾建造過上面露天的，僅有用焙燒過的磚砌成的兩座矮牆的爐子。牆的長度為8—22米，高1—1.7米，厚0.8—1.9米，牆間之距離為1.5—2.3米。在爐子的側牆中和爐底上砌有通道，經過這些通道將煤引燃並供給燃燒所需的空氣。爐子的生產率在某種程度上與天氣和風向有關。焦炭的煉製時間為7天。

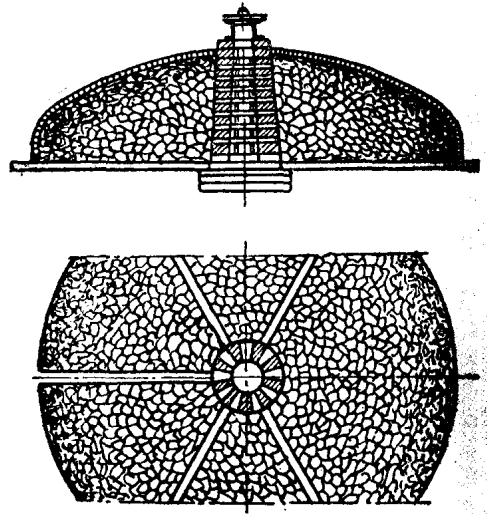


圖3 有帶孔烟囱的堆式煉焦。

改在各方面都封閉以防止空氣透入的空間中進行煉焦過程，給予焦炭生產的發展一個很大的推動。這種改變首先是在所謂蜂巢式煉焦爐(Ульбевая печь)內實現的(十九世紀三十年代)。

指出下列這點也是很重要的：在最初的蜂巢式煉焦爐出現以後，高爐操作者在很長的時間內還認為，用堆式法所煉出的焦炭的品質比在蜂巢式爐中煉得的要好些。

後來，當冶金工作者已經習慣於使用自不回收揮發產物的煉焦爐中煉出的焦炭時，再度發生了同樣的情況，以致不得不用很大的努力去



使他們相信：從回收煉焦產物的爐子中煉出的焦炭與用蜂巢式煉焦爐所煉出的焦炭同樣地適於作為高爐燃料(Доменное Топливо)。

最初的蜂巢式煉焦爐是橢圓形的，出氣孔位於裝煤孔之上。燃燒所需的空氣自爐門上的縫口進入。

煉焦所需的熱量是由於燒掉一部份煤料而來。

經過了許多改變之後，一直到十九世紀五十年代才有了完善的蜂巢式煉焦爐(圖4)。

這種爐子是圓形的，直徑為3—4米；圓罩形的頂，高約2.5米。有時每30—40個爐子連成一組。爐子的裝料量為5—7噸，煉製時間為48—72小時。焦炭在爐內燒火，用人工出焦。

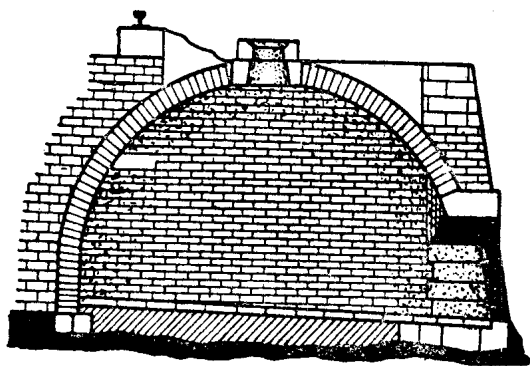


圖4 蜂巢式煉焦爐。

以後這個工作就機械化了。

現在在蘇聯以及歐洲其他的國家裏蜂巢式的爐子已經幾乎完全看不見了，但在美國到最近還有很多的這種爐子仍在使用中，其中許多爐

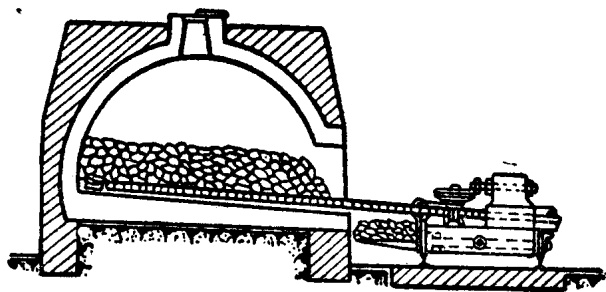


圖5 機械化出焦的蜂巢式爐。

子的結構如(圖5)所示。

由於蜂巢式爐的暫時停爐和恢復生產所費不大，它在美國起着在急用時期比較容易投入生產的後備作用。

大量停閉了的蜂巢式爐在第二次世界大戰時又被使用起來，在個別年份裏蜂巢式爐的焦炭生產量曾超過七百萬噸。在1942年蜂巢式爐的焦炭生產量為七百五十萬噸，等於國內焦炭總生產量的11.7%。

由於用蜂巢式爐煉焦時的焦炭產量不足，而且它的生產率得視各種偶然性的條件而定，所以在十九世紀五十年代的中期建造了這樣一種爐子，在這種爐子裏煉焦所需的熱是由炭化室內生成的煤氣在底部火道和側牆火道內燃燒來供給的。這樣就出現了倒焰爐(Пламенная печь)，其炭化室為長而窄的角柱形，兩頭用襯有耐火磚的鑄鐵門封閉。爐子的側牆內有了代替水平火道的直立火道，因此大大地增加了牆的強度並有可能減小牆的厚度。煤氣自炭化室穿過位於室頂下的側孔進入直立火道，再從直立火道進入底部火道，然後進入導出煙道。空氣穿過爐頂進入火道。爐子的炭化室的寬度約為0.9米。

當爐子的裝料量為3噸時，煉焦時間為48小時。

倒焰爐在當時享有很大的聲望。爐中在煉焦時所生成的揮發產物均在直立火道中燃燒，並且一直延燒到底部火道(圖6和6a)。

在老式倒焰爐中，裝滿了煤的炭化室直接和燃燒室的火道相通。送入火道中的可燃氣體直接得自煤中。自煤中放出的揮發產物和從外面經過窄道送入的空氣在火道內燃燒而使炭化室的牆壁保持必需的高溫。在這種爐子裏，煙囪將廢氣抽出，同時將燃燒所需的空氣吸入。在倒焰爐內僅僅得到焦炭，煤的全部揮發物都用於炭化室牆壁的加熱。將新裝入的煤煉成焦炭所需的時間曾達50小時及50小時以上。

煤經過建在炭化室頂的孔裝入炭化室，裝完以後用黏土將孔緊密地封上，以免煙囪將空氣吸入炭化室。

這種型式的倒焰爐結束了不同收揮發產物的煉焦爐的技術進展過

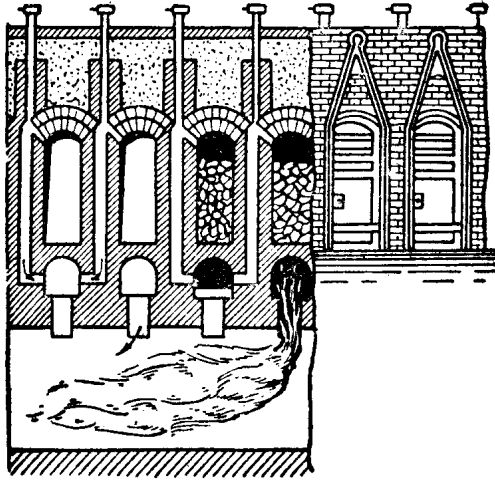


圖 6 倒焰式煉焦爐 形式 1

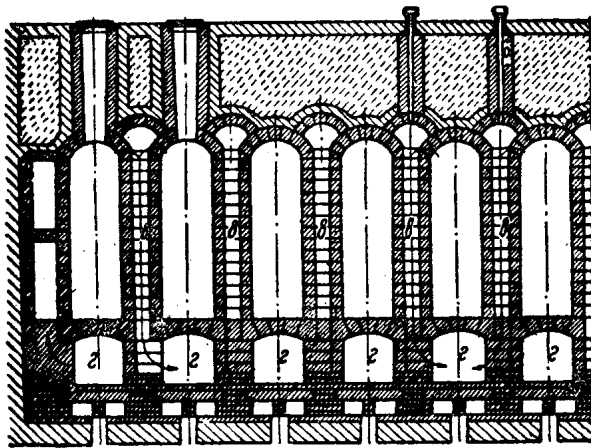


圖 6 a 倒焰式煉焦爐 形式 2

a—引入空氣的通道； B—火道； r—底部火道。

程。這種爐子是在焦爐僅僅生產焦炭已經不能適合於新的市場需要時出現的。當時在有機化學的領域內已經有了極重要的一些發現和發

明，因而需要大量的焦油來作為製造顏料、藥物等等的原料。以致產生了回收煤的乾餾產物的必需性。

當時是用以前不回收揮發產物的爐子當中最完善的爐子來進行煉焦揮發產物的回收的。為了這個目的，就把炭化室和燃燒室的火道完全分開。從煤內放出的揮發物改用抽氣機抽出，而炭化室的牆壁則用從外面送入的煤氣加熱。抽氣機將炭化室內所生成之煤氣排送過化學產品回收的裝備，然後將煤氣的一部份送入爐牆的火道，而另一部份煤氣則送到其他需要的地方去。並開始用煙囪將廢氣抽出。

由於炭化室與燃燒室的火道分開，引起了焦炭生產中的重大的變革。這樣一來，使化學工業獲得了有價值的原料，這種原料以前是被拋棄掉的。同時煤轉變成焦炭所需要的時間也減少了。從以前的50小時曾縮減到40小時及40小時以下，這樣就大大地提高了裝備的生產率：

調節爐牆火道所需煤氣量已經成為可能，因而減低了加熱煤氣的消耗量；剩餘煤氣便可用於其他需要的地方。最後，由於蓄熱法(Метод регенерации тепла)的發明，就有可能藉助於適當的裝置(蓄熱室 Регенератора)來節省爐子加熱所消耗的熱量，並降低了走向煙道的燃燒產物的溫度。

第一個蓄熱式煉焦爐(Регенеративная печь)(圖7)是在1884年建築的。在這種爐子裏，燃燒所需的空氣在蓄熱室內經過加熱而進入火道。由於這個緣故，與老式爐子用於煉焦過程的時間相比，煉製同量的煤在新爐子內所需的時間縮短了一半。

此外，爐子加熱只消耗煉焦所得煤氣的50%，可是老式爐子的加熱幾乎用了全部所得的煤氣。

十九世紀末葉，在煤氣工業的經驗基礎上，煤焦油加工的技術更趨完善了；後來也掌握了其他兩種重要煉焦產物——氨和苯的回收技術。這些過去曾是煉焦生產過程的廢物、甚至於對工廠是一種負擔的化學

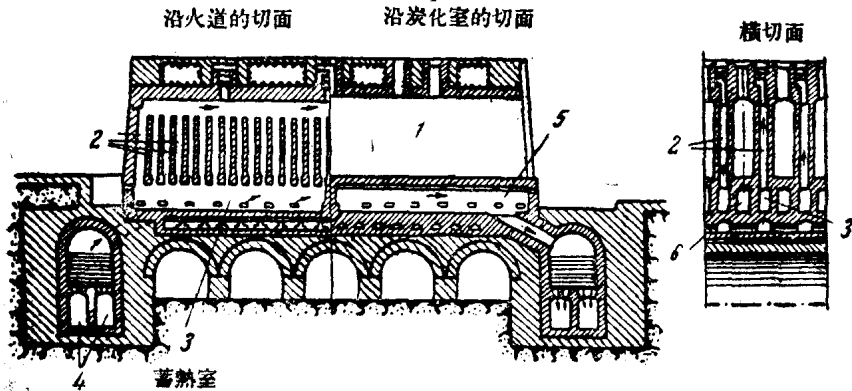


圖7 1884年設計的蓄熱式煉焦爐：

- 1—爐子的炭化室； 2—火道； 3—輸送煤氣用的管道；  
4—煙道 5—底部管道 6—輸送空氣用的管道。

產品也找到了用途，誠然最初只作為數量不大的煉焦的副產品，並且種類也少。到今天這些產品對國民經濟都已具有如此重大和多方面的意義，以致於沒有它們就不可能發展許多極為重要的工業部門。特別是在國防工業上煉焦化學產品具有極大的意義。

必須指出，焦炭生產以及煉焦產品回收與加工的基本問題在十九世紀得到了解決。

當已經可以調節進入煉焦爐內的煤氣量和由於節省了爐子加熱所需的熱量而有了過剩煤氣的時候，就產生了用繼續縮短煉焦過程的方法和火道中燃燒更大量的煤氣因而增高燃燒溫度和室壁溫度的方法來增加煉焦爐生產率的問題。但是由於以往砌爐所採用的耐火磚不能耐受高溫，並且早在其熔化開始前就開始軟化（在 $1250^{\circ}$ 時耐火磚在載荷為2公斤/厘米<sup>2</sup>下就開始變形），因此就在這裏遭遇了重大的困難。

祇是當出現了在接近其熔點時仍保持堅固的矽磚以後，由於適當地改變了火道斷面和使炭化室變為狹窄，才大大地縮短了煉焦時間，以致新爐子的生產率超過老式無蓄熱室的爐子的生產率到1—2倍。

廿世紀中煉焦進一步發展的特徵如下：

- (1) 爐子、機器和裝備的生產率的增長，
- (2) 建築煉焦爐和裝備所用材料品質的提高，
- (3) 煉焦設備機械化的顯著增強，
- (4) 煉焦化學生產過程科學基礎的奠定，
- (5) 利用各種煤來配煤因而擴大了煉焦原料煤的範圍。

十九世紀八十年代裏在俄國的頓巴斯 (Донбасс) 開始了焦炭生產。第一批裝有回收化學產品的裝置的爐子是於 1889 年在舍爾比諾夫斯克 (Щербиновск) 礦建築的。到二十世紀初期焦炭之年產量超過了一百萬噸。

在革命前的俄國焦炭的生產幾乎完全依靠頓巴斯的煤。

在表 1 裏引用了關於 1921 年在頓巴斯礦和冶金工廠間煉焦爐分佈的數據。這樣的概況約保持到第一個五年計劃開始前。

表 1 1921 年頓巴斯焦爐產量

年 產 率	爐						子		
	屬於礦山者			屬於冶金工廠者			頓巴斯區合計		
	回收化學 產品的煉 焦爐	普 通 煉焦爐	總 計	回收化學 產品的煉 焦爐	普 通 煉焦爐	總 計	回收化學 產品的煉 焦爐	普 通 煉焦爐	總 計
焦 炭, 單位千噸	2620.4	2582.3	5202.7	1036.8	476.8	1513.6	3657.2	3059.1	6716.3
佔全量的 %	39.1	38.5	77.6	15.3	7.1	22.4	54.6	45.4	100

從表 1 看出，不回收的爐子的生產率佔全部爐子生產率的 45%。

內戰時期，蘇聯的煉焦工業幾乎完全停止了自己的工作。它的復興開始於 1922 年。在恢復期內大多數老式的爐子都投入了生產。

由於必須用適宜的煤料去保證不斷增長的焦炭生產，不得不採用

不同的煤來配料，那些煤在單獨煉焦時是不能產生令人滿意的焦炭的。在第一個五年計劃裏所建造的全部爐子都裝有蓄熱室，並在大多數的情況下採用了高爐煤氣來加熱。

在第一個五年計劃裏，蘇聯的焦炭化學工業有了巨大的發展。新的煤和冶金工業的基地——烏拉爾——庫茲涅茨聯合工廠（Урало-Кузнецкий Комбинат）的建立首先說明了這一點。

蘇聯的焦炭工業逐漸地失去與煤工業的連繫，而日益緊密地和新冶金工廠結合起來。

在表 2 裏引用了一些數據，可以說明到 1931 年年底時煉焦設備的分佈情況。

在第一個五年計劃裏焦炭工業的成就，在 1933 年聯共（布）黨中央委員會的有名的關於黑色金屬冶金工業方面的決議內得到了評價，其中指出「焦炭工業已從新建立起來了」。

表 2 1931 年年底煉焦爐生產的分佈情形

年產率	爐 子										在對 第一 個五 年計 者			
	屬於礦山者			屬於冶金工廠者			總 計							
	回 收 化 學 產	品 的 煉 焦 爐	普 通 煉 焦 爐	合 計	回 收 化 學 產	品 的 煉 焦 爐	普 通 煉 焦 爐	合 計	全 蘇 聯 的 總 計	回 收 化 學 產		品 的 煉 焦 爐	普 通 煉 焦 爐	(蘇聯) 南部的 總計
焦炭，單 位噸	4085.5	857.0	4942.5	8359.5	425.5	8785.0	13727.5	12445.0	1282.5	10506.0	3221.0	8686		
佔全 量的 %	29.8	6.3	36.1	60.8	3.1	63.9	100.0	90.6	9.4	76.5	23.5	63.5		

在第二個五年計劃時期內冶金工廠所生產的焦炭量更為增加，按照計劃到 1947 年冶金工廠的焦炭生產量應佔 77%（表 3）。

第二個五年計劃的時期，不但是焦炭化學工業的建設年代，而且還是掌握技術的年代。在這些年份裏焦炭的品質是大大地改進了，因而

表3 從1913年到1947年煉焦  
工廠分佈情況的改變

年	焦炭生產量, %	
	屬於冶金工廠者	屬於礦山者
1913	30.5	69.5
1929	39.5	60.5
1936	70.7	29.3
1947(計劃)	77.0	23.0

保證了高爐生產率的增高。氨、苯和焦油的出產率提高了，從它們製得的產品種類也擴大了。在冶金工廠裏大大地增加了焦爐煤氣的利用。大家都知道，冶金工廠的馬丁爐車間和軋鋼車間生產率的增加，在頗大的程度上有賴於充分和均勻地供應煤氣。

但是由於一系列的原因，其中之一是缺乏經驗和缺少熟悉用高爐煤氣(Доменный газ)以加熱煉焦爐的技術幹部，在1934年八月以前我們的煉焦設備還沒有一個改用高爐煤氣加熱，而僅從這時候開始在蘇聯的新-馬蓋也夫斯克煉焦炭化學工廠(Ново-Макеевский Коксо-химический завод)裏的一組煉焦爐才第一次改用高爐煤氣加熱。在以後的一年半當中蘇聯在煉焦爐改用高爐煤氣加熱方面獲得了更進一步的成功：在1935年8月庫茲涅茨冶金工廠(Кузнецкий Metallургический завод)開始採用高爐煤氣，馬格尼托高爾斯克冶金工廠(Магнитогорский Metallургический завод)則在1936年1月開始採用。現在許多的煉焦爐都改用高爐煤氣加熱了。

在1935年12月南方的煉焦化學工廠達到了當時焦炭生產率的最高紀錄。在很多企業中明晰地顯示出：該有多麼廣泛的可能性來開展斯達哈諾夫運動。

後來斯達哈諾夫運動是按照下列道路開展的：改進工作制度，保證連續操作的不斷進行，使連續操作過程合理化，以及推廣優秀的斯達哈諾夫工作者和勞動生產率高的先進工作者的工作方法和方式。

各化學車間在為擴大苯的回收和硫酸銨的製取所展開的鬥爭中獲得了相當大的成就。在生產硫酸銨時氨的出產率在許多工廠曾提高到



0.3% 及 0.3% 以上，而以前是 0.22—0.24%；粗苯的出產率曾達到乾煤重量的 1% 及 1% 以上。各個車間所製取的產品的品質也提高了。

在衛國戰爭時期，不顧一切的困難，在東部建立了新的煉焦化學工廠，而且原有煉焦設備的工作效率也提高了。在烏拉爾和庫茲巴斯的工廠中，焦炭生產和戰前 1940 年相比增高了一倍。在東部以煤煉焦為基礎的化學產品的生產獲得了特別巨大的發展。

近年來焦炭生產量以更大的加速度繼續增加（和 1944 年相比，在 1945 年增加了 19%）。在這種增長中，正在恢復的南部煉焦化學工業起了很大的作用。

在目前的五年計劃裏應該恢復、修建和投入生產的有 63 組煉焦爐，其焦炭生產總量每年為一千九百一十萬噸。由於這個緣故，在 1950 年焦炭的生產量將要達到三千萬噸，這樣就比戰前的 1940 年增加了 43%。

煉焦化學工業如此迅速的增長，就要求互相適應的採煤速度的增長。按照蘇聯國民經濟恢復和發展的五年計劃的規定，在 1950 年煉焦煤（頓巴斯煤，庫茲涅茨煤，卡拉岡達（Караганда）煤，基舍洛夫斯克（Кизеловск）煤，伯紹拉（Печора）煤，脫克瓦爾契里（Ткварчели）煤和脫克維浦亞（Тквибули）煤）的開採量將達到五千七百七十萬噸，這一數量為完全滿足煉焦化學工業的要求所必需。

在 1950 年內應保證完成含灰份超過 7% 的全部煉焦煤的機械選煤工作；因此將要用機械方法選五千三百萬噸煉焦煤。

在 1946—1950 年裏新的選煤法（浮選法，在重的懸浮體中的選煤法）將得到發展，並將採用擴大煉焦原料基地的各種技術方法，以保證黑色金屬冶金工業燃料基地的繼續發展。1946 年 2 月 9 日斯大林同志在向選民所作的一篇有歷史意義的演說中，談到了關於生鐵的煉製要提高到五千萬噸，便向黑色冶金工業提出了一個任務，這一任務現在就要求煤炭工業和黑色冶金工業進行巨大的準備工作。