

機械工人活葉學習材料 043

鍾鎮南編著

生鐵的基本知識

樣
本



機械工業出版社

工 業 技 術

編著者：鍾鎮南 文字編輯：顏一暉 責任校對：俞治本

1953年5月初版 1953年12月第二版 13,001—22,000冊
書號 025544-43 31×43 1/32 14千字 11印刷頁 定價1,200元(丙)

機械工業出版社(北京左甲廠17號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲1號)印刷

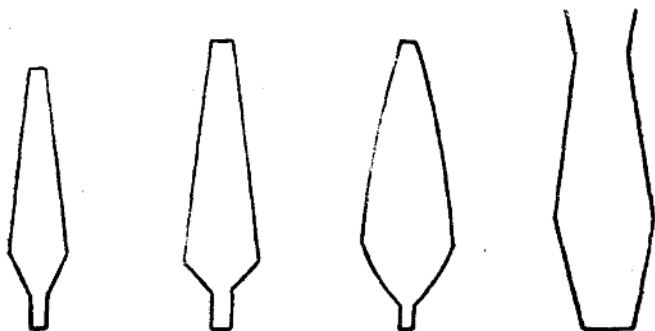
中國圖書發行公司發行

目 次

一	生鐵的冶煉.....	3
二	生鐵的分類.....	7
三	生鐵的化學規格和用途.....	9
四	生鐵中各種元素對生鐵的影響.....	14
五	生鐵的機械性能和重要性質.....	18

我國用鐵的歷史，大概在四千年以前。用鐵盛行的時期，根據史書所記載的，約在春秋戰國時代，到現在也有三千年了。世界上的文明古國，像埃及、希臘、印度等，用鐵的歷史都在我國之後。這說明我國勞動人民的創造能力，是值得驕傲的。

古代煉鐵的方法，據許多專家推測，是把礦石和木炭混合在一起，放在平底的爐子上燒煉，後來逐漸進步到直筒式爐子。到現在陝西、山西、湖南、四川、西康、雲南、貴州等省，還存在着各式各樣的土爐子。這些土爐子的外形是木頭圍成的方形，也有用石塊砌成圓形的，裏面築了土牆，是圓形的，有各種不同的曲線，大概類似甕缸，高約20尺，如圖1。



甲. 陝西南部土爐，高約20尺，口徑約2尺，爐腰約寬5尺，每晝夜出鐵幾百斤到1500斤。

乙. 四川廣元附近土爐，高23尺，口徑2尺，爐腰徑5.6尺，爐缸徑1.5尺，每晝夜出鐵平均約1500斤。

丙. 四川秦江附近土爐，高約24尺，口徑約1.5尺，爐腰徑約7尺，爐缸徑約1.1尺，每晝夜出鐵2000~3500斤。

丁. 十四世紀時代，歐洲萊茵河流域的土爐子。

圖1 各種土爐內型

土法煉鐵，一般都用半燒的木柴做燃料，用人力推動的木風箱鼓風，鼓的是冷風，只有一個風口，每晝夜只能產鐵幾百斤到三、四千斤，約0.5~2噸。所產的鐵，只能鑄造鍋、罐、犁頭等用具。如果要用來鍛製其他器具，還需要經過炒煉，這在四川叫做炒毛鐵。

我國在一千年以前就已經能夠製造良好的鑄造鐵。在我國發現的一些古鐵器，有的是大約一千年以前的古物。這種古鐵器化驗結果，含矽量在2%以上，是很好的鑄造鐵，不過用什麼方法製造，還無法考證。我們知道生鐵是容易生銹腐爛的，年代一久，就難於保存。現在我們已經發現了一千年以前的鑄造鐵，這就證明我們用鐵歷史的悠久了。

煉鐵爐改用焦炭做燃料，到現在才300多年，至於改用熱風，還只是100多年以前的事。近百年來，由於積累了祖先的煉鐵經驗，煉鐵技術才突飛猛進起來，而以50年來發展最快。50年以前，一般煉鐵爐都在100噸左右，而最近發展到1500噸以上，蘇聯已建設了日產2000噸的大爐子。煉鐵爐內型的發展，如圖2。

我們習慣上講一個爐子的大小，對煉鐵、煉鋼和化鐵用的爐子的講法都不一樣。比如我們說1000噸煉鐵爐，是指它一天一夜（24小時）能夠產鐵1000噸；100噸平爐、50噸電爐或20噸轉爐，那指的就不是一天一夜的產量，而是它們每一爐能夠出鋼的噸數。又如說4噸化鐵爐（冲天爐），那指的就是它每小時能夠熔化生鐵的噸數。

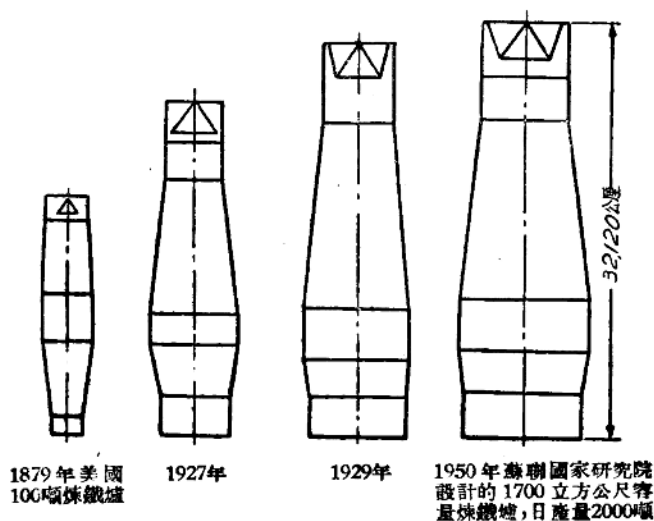


圖2 近六十年來煉鐵爐的發展

一 生鐵的冶煉

煉鐵所用的主要原料有鐵礦、焦炭、石灰石、錳礦等。冶煉一噸生鐵所需要的原料如表1所示。

表1 煉一噸生鐵所需的各種原料

原料名稱	數量(噸)	備註
鐵礦	1.5 ~ 2.0	或者用白雲石 或者用平爐渣代替(重量按照含錳量折算) 還有加入磷礦的
焦炭	0.7 ~ 1.2	
石灰石	0.3 ~ 0.6	
錳礦	0.05 ~ 0.1	
共計固體原料	2.55 ~ 3.9	
空氣	4 左右	

煉鐵廠的主要設備有煉鐵爐、貯料場、裝料設備、鼓風機、熱風

爐、除塵設備等。請參看圖 3。新式機械化的煉鐵廠，還有鑄造生鐵用的鑄鐵機，封爐門用的泥槍，和起重用的起重裝置等。

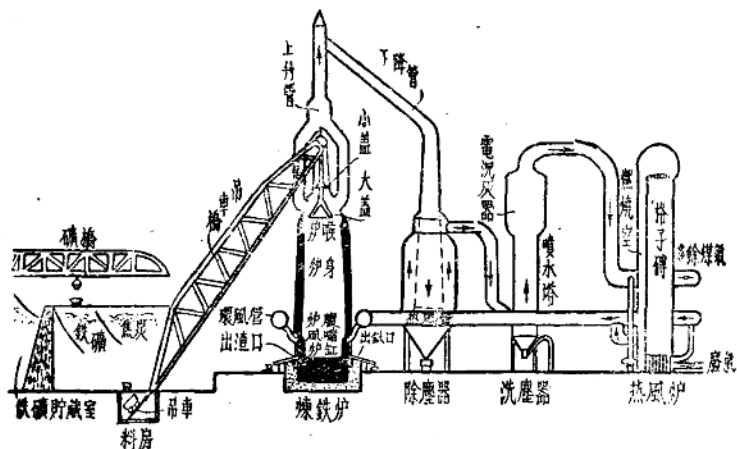


圖 3 新式煉鐵爐的主要設備

煉鐵爐的名字很多：如鼓風爐、高爐、熔礦爐等，也有叫化鐵爐的，但用煉鐵爐這個名稱比較合適。

生鐵的冶煉程序如圖 4。加入爐子內的原料是鐵礦石、焦炭、石灰石等。冶煉時用鼓風機把大量的高壓空氣，經過熱風爐預熱到 $500\sim 800^{\circ}\text{C}$ 後，經由熱風管打入爐內，幫助焦炭燃燒，促進焦炭和空氣中的氧氣氧化成一氧化碳 (CO)，再還原鐵礦石。簡單的說，由鐵礦石變成生鐵，主要是一種還原作用。這種還原工作是由一氧化碳擔負的。礦石、焦炭和石灰石在爐內受熱，發生化學變化後，變成了兩種主要產品，一種是生鐵（我們煉鐵作業的目的物），另一種是爐渣。爐渣在過去是廢物，在工業發達的今天，也能够大部利用

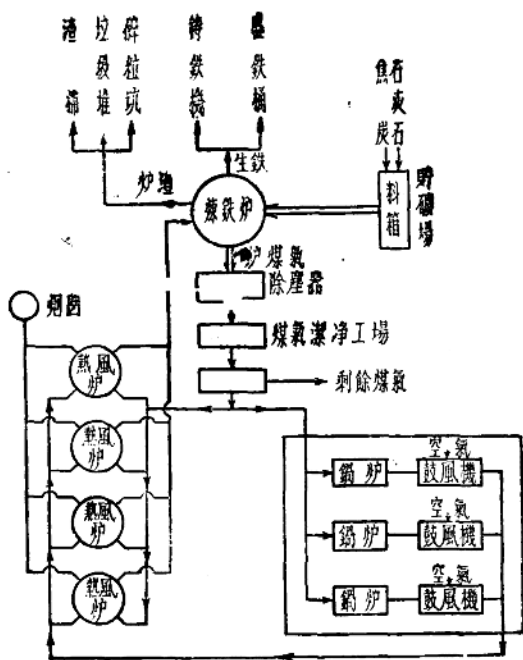


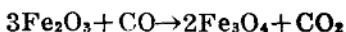
圖 4 煉鐵簡略程序

起來。它可以製造渣磚、渣棉和爐渣水泥，或者用來鋪路。因此，我們可以說爐渣也是一種有用的產物。另外，前面說過煉一噸鐵要 4 噸空氣，我們知道空氣中只含 $\frac{1}{5}$ 的氧，有 $\frac{4}{5}$ 是氮氣，氮氣在煉鐵爐內是不參加化學作用的，而氧氣也只有一部分參加化學變化。因此，還由煉鐵爐出來大量的氣體，這種氣體叫做爐煤氣（或叫瓦斯）。爐煤氣可以燃燒，除了煉鐵爐本身用去一部分做為預熱空氣用的燃料外，其餘一部分還可用來燒加熱爐，燒鍋爐，燒平爐，或者

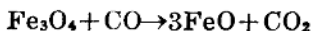
用來作其他家用等，所以它也可以說是一種產品。

各種原料在煉鐵爐裏面，起些什麼化學變化呢？這個問題說來比較複雜。現在只拿鐵礦變成生鐵的化學變化來說一說：鐵礦的主要成分是三氧化二鐵（ Fe_2O_3 ），它在煉鐵爐內，在 $250\sim 700^\circ\text{C}$ 的範圍內，被一氧化碳還原。還原過程是由三個連續化學反應完成的，它的大致步驟如下：

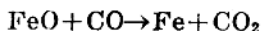
1. 先還原成磁性氧化鐵（ Fe_3O_4 ）：



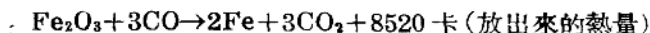
2. 再還原成氧化鐵（ FeO ）：



3. 最後還原成海棉鐵（ Fe ）：



總起來說，鐵礦在煉鐵爐內的化學反應是：



其他像錳礦石內的錳，大部分進入生鐵，小部分進入爐渣。石灰石內的氧化鈣全部進入爐渣。原料中所含的磷、銅等全部進入生鐵。原料中所含的硫，小部分進入生鐵，大部分進入爐渣。硫分進入爐渣的多少，要看爐子溫度的高低和爐渣的性質來決定，如果爐溫高，爐渣的鹼性強（就是爐渣含氧化鈣和氧化鎂高），去硫的能力就大，硫進入生鐵的分量就減少，否則進入生鐵的硫分就增多。這就是煉鐵者控制生鐵含硫量的方法。原料中的矽量，部分進入生鐵，這個完全由冶煉者加以控制。比如煉製鋼生鐵（白口鐵），含矽不能太高，如果煉鑄造生鐵（翻砂生鐵），那麼含矽量就希望在2%以上。

控制含矽量的方法主要是提高爐溫，和去硫的要素差不多。所以生鐵中「矽高硫低」「矽低硫高」幾乎成爲一個規律。

生鐵的最後成分，一方面受原料的限制，一方面由操作者的控制，所以能够煉出各種生鐵來。至於特殊生鐵，像錳鐵、矽鐵、鎳鉻生鐵等，那些錳、矽、鎳、鉻等元素是有意加進去的，所以就是重要的元素了。

生鐵中所含的碳、矽、錳、磷、硫等元素，對生鐵性質有什麼影響，留在後面討論。

二 生鐵的分類

什麼是生鐵呢？它可以做如下的兩種解釋：

1. 生鐵是直接從鐵礦在煉鐵爐內冶煉出來的金屬。鐵礦的主要成分是氧化鐵，它多和二氧化矽和其他雜石混在一起。我們把這種礦石還原成金屬鐵時，碳、矽、錳、磷、硫等元素摻進去不少，這就是生鐵。因此，生鐵裏含有很多的碳、矽及錳、硫、磷等雜質。特殊生鐵還含有各種不同的合金元素，像矽、錳、鎳、鉻等，前面說過，這是有意加進去的。

2. 爲了區別生鐵和鋼，可以用其中含碳的多少做界限，就是含碳在 1.7% 以上的叫做生鐵，含碳在 1.7% 以下的叫做鋼。

含碳在 1.7~4.5% 之間的生鐵，碰到高熱，立刻從固體變成液體，不經過半溶解狀態。生鐵的比重是 7~7.6，熔點一般在 1100~1250°C 左右。

生鐵的分類很複雜，各專家的意見多不一致。現在把各種分類

方法，簡單地介紹一下：

1. 依所用原料的不同來分的，有木炭生鐵、無煙煤生鐵、焦炭生鐵、赤鐵礦生鐵、鉻鎳生鐵、電煉生鐵等。

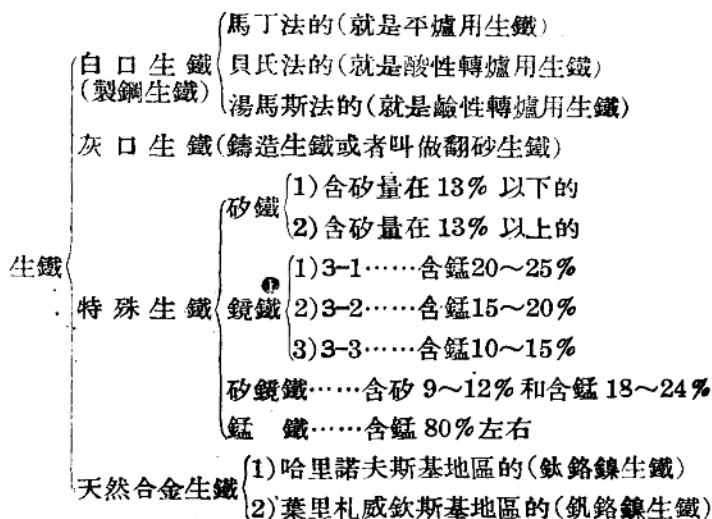
2. 依產品的用途來分的，有酸性轉爐（貝氏爐）和酸性平爐用的酸性生鐵（或者叫做低磷生鐵），鹼性轉爐（湯馬斯爐）和鹼性平爐用的鹼性生鐵，製造熟鐵用的可鍛生鐵或攪煉生鐵，製造各種鑄件用的鑄造生鐵（或者叫做翻砂生鐵），以及製造冷硬鑄物用的特殊鑄造生鐵等。

3. 依化學成分來分的，有低磷生鐵、低矽生鐵、高磷生鐵、高矽生鐵以及特殊合金生鐵等。

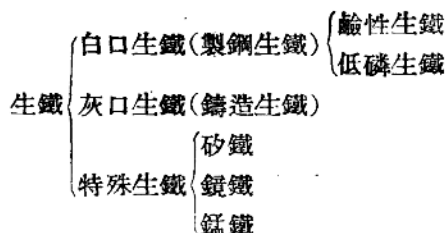
4. 依生鐵斷口來分的，有灰口生鐵和白口生鐵等，這是我們一般翻砂工場常用的分類方法。灰口鐵含矽比較多，普通在 2~4% 之間，因而其中碳容易游離成石墨體，所以破口呈灰色。這種生鐵熔解時流動性大，適宜用於鑄造，因此也叫做鑄造生鐵。白口鐵含矽少，其中碳和鐵結合成為碳化鐵（ Fe_3C ），很少游離的石墨體，破口緻密呈白色。它因有碳化鐵，所以比灰口鐵硬，流動性小。白口鐵因為含碳和矽比較少，所以適於煉鋼。在煉鐵爐內煉製白口鐵比煉製灰口鐵容易。

5. 依生鐵鑄塊方法來分的，有砂模鐵和硬模鐵兩種。用同樣的鐵水澆到砂模或鐵模裏，從外表來看，就變成兩種不同的生鐵。

蘇聯對生鐵的分類方法如下：



我國對生鐵的分類方法，基本上和蘇聯的分類方法相同，不過比較簡單就是了。根據目前所生產的生鐵，可以用簡表說明如下：



三 生鐵的化學規格和用途

上一章已經談到生鐵可以分為製鋼生鐵、鑄造生鐵和特殊生鐵三大類。我們知道製鋼生鐵和特殊生鐵，主要是用來做煉鋼的原

①鏡鐵是含錳 10~25% 的生鐵，因為它的斷面和鏡一樣，因而得名。俄文字母З代表鏡鐵。

料，因此不打算在這裏做詳細的研究。現在只把鑄造用的生鐵來詳細談一談。

1 普通鑄造生鐵 蘇聯國家標準鑄造生鐵的化學規格如表2:

表 2 蘇聯鑄造生鐵標準規格

生鐵 號碼	化 學 成 分 (%)								
	矽	錳		磷				硫	
		I 類	II 類	A 級	B 級	B 級	Г 級	1	2
ЖК-00	3.76~4.25	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.02	<0.03
ЖК-0	3.26~3.75	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.02	<0.03
ЖК-1	2.76~3.25	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.02	<0.03
ЖК-2	2.26~2.75	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.03	<0.04
ЖК-3	1.76~2.25	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.03	<0.04
ЖК-4	1.25~1.75	0.5~0.9	0.91~1.30	<0.10	0.11~0.30	0.31~0.70	0.71~1.20	<0.04	<0.05

註 ЖК代表鑄造用的，由焦炭煉製的。

我國鑄造生鐵(翻砂生鐵),現在一般常用的化學規格如表3。

表3 我國鑄造生鐵現用規格

種 類	鐵 號	化 學 成 分 (%)							
		矽	錳	磷			硫		
				A	B	C	甲	乙	丙
翻砂生鐵	特一	3.76~4.25	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.02	<0.03	—
	特二	3.26~3.75	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.02	<0.03	—
	一	2.76~3.25	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.03	<0.04	<0.05
	二	2.26~2.75	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.03	<0.04	<0.05
	三	1.76~2.25	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.03	<0.04	<0.05
	四	1.25~1.75	0.5~0.93	<0.1	0.11~0.35	0.36~0.75	<0.04	<0.05	<0.06

表3中六種翻砂生鐵,是鑄造一切機件用的。含矽在3.25%以上的,習慣上叫做高矽生鐵,含矽5%以上的也叫銀灰鐵,含矽到9%以上叫做矽鐵。一般翻砂用鐵,含矽約2~4%。特殊鑄造用的生鐵,含矽量有低到0.5%以下的。

表4 蘇聯特殊鑄造生鐵的化學規格

號碼	化學成分(%)					用途
	矽	錳	磷	硫	鉻	
BK-1	0.51~1.00	0.20~0.60	<0.40	<0.03	<0.04	用於鑄造軋輥
BK-2	0.10~0.50	0.20~0.60	<0.40	<0.03	<0.04	
BD-1	0.81~1.30	0.20~0.80	<0.40	<0.06	<0.04	
BD-2	0.30~0.80	0.20~0.80	<0.40	<0.06	<0.04	
ЧК	0.50~1.00	0.50~1.00	0.20~0.35	<0.07	<0.01	用於製造冷硬鑄物 用於航空工業上製造 活塞環
ЛКА	2.76~3.75	0.50~0.90	0.60~0.90	<0.025	—	

註 BK代表軋輥焦炭生鐵。BD代表軋輥軸木炭生鐵。ЧК代表冷鑄焦炭生鐵。
ЛКА代表航空工業用的鑄造生鐵。

2 特殊鑄造生鐵 關於特殊鑄造生鐵，我們還沒有完整的規格，現抄錄蘇聯的規格，以供參考（表4）。

3 鑄品規格 蘇聯對於翻砂工場內化鐵爐的生鐵出品，另外有化學規格和機械性能的規定（如表5和表6）。在澆鑄的時候，用同一鐵水澆幾個試樣，做伸長、彎曲、壓縮和硬度四種試驗，以代表鑄件的性質。

表5 蘇聯灰口生鐵鑄品標準規格

號 碼	化 學 成 分 (%)						
	碳	矽	錳	磷	硫	鉻	鎳
CЧ00	3.0~3.5	1.8~2.4	0.6~1.0	<0.60	<0.15	<0.15	<0.50
CЧ12-28	3.3~3.6	2.2~2.5	0.6~1.0	<0.40	<0.15	<0.15	<0.50
CЧ15-32	3.2~3.5	2.0~2.4	0.7~1.1	<0.40	<0.15	<0.15	<0.50
CЧ18-36	3.1~3.4	1.7~2.1	0.8~1.2	<0.30	<0.15	<0.30	<0.50
CЧ21-40	3.0~3.3	1.3~1.7	0.8~1.2	<0.30	<0.15	<0.30	<0.50
CЧ24-44	2.9~3.2	1.2~1.6	0.8~1.2	<0.20	<0.15	<0.30	<0.50
CЧ28-48	2.8~3.1	1.1~1.5	0.8~1.2	<0.20	<0.12	<0.30	<0.50
CЧ32-52	2.7~3.0	1.1~1.5	0.8~1.2	<0.20	<0.12	<0.30	<0.50
CЧ35-56	2.6~2.9	1.1~1.5	1.0~1.4	<0.20	<0.12	<0.30	<0.50
		1.3~1.8	0.8~1.0	<0.20	<0.12	0.3~0.5	<0.50
CЧ38-60	2.5~2.8	1.1~1.3	1.0~1.4	<0.20	<0.12	<0.3	<0.50
		1.3~1.8	0.8~1.2	<0.20	<0.12	0.3~0.5	<0.50

註 CЧ代表灰口生鐵。

4 優質生鐵 優質生鐵是在液體狀態的生鐵中，加入少量矽鐵(Fe-Si)、鈣矽(Si-Ca)、鋁矽(Si-Al)等而得的。這些東西加入鐵水後，除稍稍增加矽的百分數外，在本質上並沒有改變生鐵的化學組成，但可以大大改變生鐵的結晶組織，因而增加它的機械性能。蘇聯標準對優質生鐵有四種號碼，它的成分和性能如表7。

表 6 蘇聯灰口生鐵鑄品的性質和用途

號 碼	機 械 性 能						特 性 和 用 途	
	強 度 (公斤/公厘 ²)			下垂(公厘)		布氏硬度		
	抗張	抗曲	抗壓	支點相距 600 公厘	支點相距 300 公厘			
CЧ00	不 加 限 制						—	用於不重要的機械製造鑄品，它不需要機械性能的限制，只要表面上沒有白口形成就可以了，因為這是使機械加工發生困難的。
CЧ12-28	12	28	50	6	2	143~229	強度低，形成表面白口的傾向小，用於不重要的鑄品，厚度在 15 公厘以下，以及強度要求不高的厚壁鑄品。	
CЧ15-32	15	32	65	8	2.5	163~229	中等的機械性能，抗成長性低，鑄造性良好，用於厚度 6~15 公厘的次要鑄品。	
CЧ18-36	18	36	70	8	2.5	170~229	鑄品具有滿意的強度，有限的抗成長性，鑄造性良好，用於厚度 8~15 公厘的重要鑄品。	
CЧ21-40	21	40	75	9	3	170~241	鑄品具有滿意的強度，有限的抗成長性，鑄造性良好，用於厚度 10~30 公厘的重要鑄品，或厚度較大的較次要鑄品。	
CЧ24-44	24	44	85	9	3	170~241	具有良好的強度，滿意的耐磨性，抗成長性良好，鑄造性質不高，需要用補給澆冒口，用於厚度 10~30 公厘的重要機械製造鑄品。	
CЧ28-48	28	48	100	9	3	170~241	用於重要而複雜的機械製造鑄品（汽缸，齒輪，20~60 公厘厚的機架）。	
CЧ32-52	32	52	110	9	3	197~248	用於重要的厚度 20~100 公厘的高負荷鑄品（汽缸，汽缸蓋，小曲柄軸等等）。	
CЧ35-56	35	56	120	9	3	197~248	用於厚度不超過 20 公厘的重負荷鑄品（大而厚的襯套，齒輪，強力發動機的大曲柄軸等等）。	
CЧ38-60	38	60	130	9	3	207~248	同上，最厚的和重負荷的鑄品。	

表 7 蘇聯優質生鐵的化學成分和機械性能

號 碼	化 學 成 分 (%)					機 械 性 能		
	碳	矽	錳	磷	硫	抗張力	抗曲力	布氏硬度
MCЧ28-48	2.9~3.7	1.4~1.8	0.8~1.0	≤0.3	≤0.12	28~32	48~52	170~24
MCЧ32-52	2.8~3.0	1.4~1.8	0.8~1.0	≤0.3	≤0.12	32~35	52~56	200~250
MCЧ35-56	2.7~2.9	1.2~1.7	0.9~1.1	≤0.25	≤0.12	35~38	56~60	200~250
MCЧ38-60	2.6~2.8	1.2~1.7	1.0~1.2	≤0.25	≤0.12	38~40	60~65	240~260

註 MCЧ代表優質的灰口鐵

優質生鐵的用途如下：

一、MCЧ 28-48——用以製造形狀特別複雜的、截面變化急遽的、厚度至少有 8 公厘的鑄品，如高速發動機的機架等。

二、MCЧ 32-52——用以製造形狀複雜的、厚度不均的、至少有 10 公厘厚的鑄品，如汽缸、汽缸蓋、小曲柄軸、齒輪等。

三、MCЧ 35-56 和 MCЧ 38-60——用以製造形狀簡單的、截面變化和緩的、厚度在 20 公厘以上的鑄品，如水泵、襯套、大曲柄軸、軋輥、車輪等。

四 生鐵中各種元素對生鐵的影響

我們知道，生鐵裏除了鐵外，還含有碳、矽、錳、磷、硫五種元素。因為生鐵的含碳量一般都在 4% 左右，所以生鐵的化學規格，都只規定矽、錳、磷、硫四種元素。如果拿鑄造生鐵來說，影響鑄件性質最大的，也就是這四種元素。在製造特殊鑄件時，還可加入鎳、鉻等。這些元素到底對鑄件性質有什麼影響呢？現在做一個簡單的討論。