

在建筑中应用高爐廢矿渣的經驗

И.В.沃利弗 М.К.采盧伊克

Г.В.普哈里斯基 К.И.霍赫列夫

2
11
建 筑 工 程 出 版 社

在建築中應用鋼筋設計方法的經驗

作者：(德) 施 德 著 施 德 譯

主編：廖仲賢 副主編：呂 洪 劉國治

建 造 工 程 師 會

在建筑中应用高爐廢矿渣的經驗

建筑工程出版社出版

• 1958 •

內容提要 本書概述了苏联多年来采用高爐廢矿渣作砂漿和混凝土集料的研究成果，以及在建筑工程和建筑材料工業中应用这些矿渣的实际經驗。書中分別闡明了高爐廢矿渣的性質、用高爐廢矿渣作集料的混凝土和砂漿的性質、高爐廢矿渣的采掘和分选。本書卷末还附有“在建筑中采用高爐廢矿渣的指示”（草案）。

本書可供建筑工程技术人員、建筑材料工業、設計和科学研究机关的工作人員參考。

本書系由电力部基建总局專家工作科黃汉偉、陶可森翻譯，庄耀民校对。

原本說明

書 名 ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДОМЕННЫХ ОТВАЛЬНЫХ ШЛАКОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

著 者 И.В. Вольф, М.К. Целуйко, Г.В. Пухальский, К.И. Хохолов

出 版 者 Госстройиздат УССР

出版地点 年 份 Киев—1956

在建筑中应用高爐廢矿渣的經驗

电力部基建总局專家工作科 譯

*

建筑工程出版社出版(北京市阜成門外大街)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052号)

建筑工程出版社第一印刷厂印刷·新华書店發行

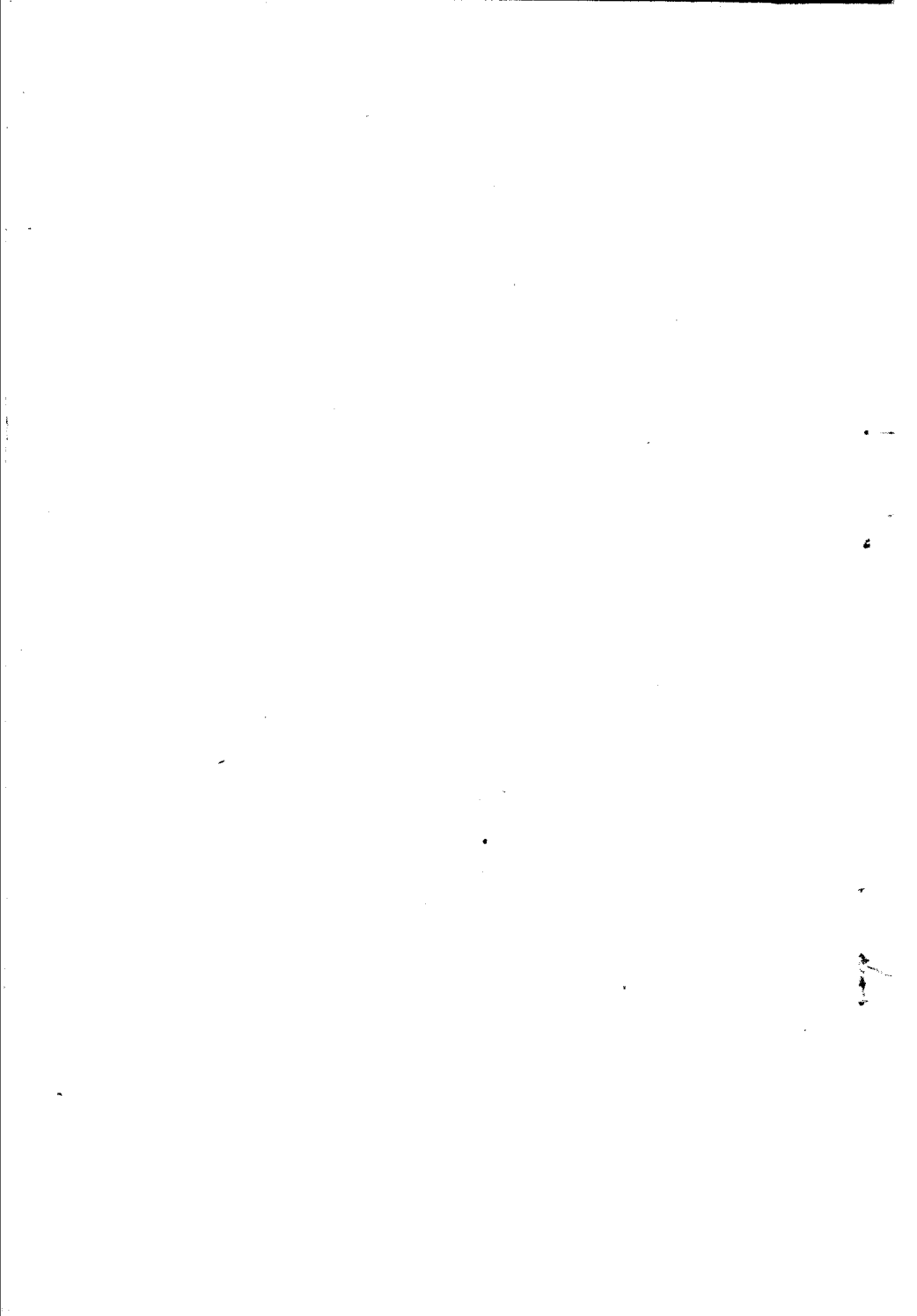
書号911 90千字 850×1168 $\frac{1}{32}$ 印張3 $\frac{1}{4}$

1958年8月第1版 1958年8月第1次印刷

印数: 1—1,860册 定价(10)0.55元

目 录

序 言	5
第一章 高爐廢矿渣的性質	8
1. 亞速鋼鐵厂高爐廢矿渣的特性	11
2. 德聶伯河沿岸和頓巴斯地区各工厂的高爐廢矿渣的特性	15
3. 矿渣的抗裂性	18
第二章 用高爐廢矿渣作集料的混凝土和砂漿的性質	25
1. 用亞速鋼鐵厂高爐廢矿渣作集料的混凝土	25
2. 用德聶伯河沿岸各工厂高爐廢矿渣作集料的混凝土	44
致密矿渣碎料	44
多孔矿渣碎料	51
3. 用馬克耶夫卡工厂高爐廢矿渣作集料的混凝土	52
4. 作矿渣混凝土集料用的高爐廢矿渣	66
5. 作建筑砂漿集料用的高爐廢矿渣	72
6. 作耐热混凝土集料用的高爐廢矿渣	78
7. 高爐廢矿渣在道路工程中的应用	83
第三章 高爐廢矿渣的采掘和分选	87
附 录 在建筑中采用高爐廢矿渣的指示(草案)	94



序 言

在冶金工厂所在地 区所进行的大 規模建設，需要大量的集料、道碴和其他石料。而这些材料常常需要由远处的采石場运至建筑工地。其实，在大多数的情况下，完全可以用高爐廢矿渣来代替这些成本較高的材料。

業已确定，这些矿渣按其物理化学性質（密度、强度、粒度和稳定性），完全可以在建筑中广泛地作为天然岩石砂子、碎石和天然道碴材料的代用品。

由于苏联的生鉄生产 量的增長，高爐矿渣的生产 也有了增加。同时，目前只將很少一部分高爐熔融矿渣制成粒狀的。其余的矿渣（包括“劣質的”）均未制成粒，而直接运至廢渣棄置場。因此，几年来在冶金工厂附近堆积了大量的高爐廢矿渣，占据了大量的工厂和城市用地，使得这些地方不能用来从事建設和进行美化。

在建筑中阻碍广泛应用高爐廢矿渣的原因是对这些矿渣的性質尚未作充分的研究，而且还缺乏一套專門介紹矿渣的应用的技术参考資料。

廢矿渣的物理机械性質和化学性質的研究結果，証明它們在建筑中可广泛地用作天然岩石砂子、碎石和天然道碴材料的代用品，亦可用来生产地方粘結材料和活化砂漿及混凝土。

現行的ГОСТ(国定全苏标准)和重工業企業建造部的指示^①，在一定程度上限制了用矿渣来代替普通建筑碎石和砂子。經過对矿渣碎料的研究和实际应用，結果証明，这种限制在技术上并不完全正确。

① ГОСТ5578-50关于普通混凝土的矿渣碎料的規定。重工業企業建造部的暫行指示Y-65-50。

ГОСТ对高爐矿渣碎料和岩石碎料的要求是一样的,但是,这些材料的性質却并不完全一样。

天然岩石碎料是惰性的致密材料,而高爐矿渣碎料部分是多孔隙的,此外,又是水硬活性材料。因此,采用高爐矿渣作砂漿和混凝土集料,在确定其質量时必须考虑到与其結構和化学組成有关的性質。在这方面高爐廢矿渣显得特別有利,因为它們本身結構極不相同。这是由于各种矿渣熔融物自矿渣堆斜坡随意流下所致。

自1930年开始,特別是在最近一个时期,南方建筑科学研究所各分所(斯大林諾分所、馬克耶夫卡分所、日丹諾夫分所和德聶伯罗彼得 罗夫斯克分所)进行了高爐廢矿渣的科学研究工作,研究高爐廢矿渣的性質和在建筑中采用的可能性。

頓巴斯和德聶伯河沿岸的許多建筑單位,根据南方建筑科学研究所各分所得的資料,在建筑中采用这些矿渣已历时很久。

应该指出,在采用廢矿渣的工作中获得最大成就的是頓巴斯机器制造建筑托拉斯(前克拉馬托爾斯克机器制造建筑托拉斯)和馬克耶夫卡建筑托拉斯,他們早在1933至1935年便組織了开采、粉碎和分选高爐廢矿渣的工作;此外还有亞速鋼鐵厂建筑托拉斯和捷尔任斯克建筑托拉斯,他們自1945至1948年繼續进行了这项生产。

这些單位由于采用了高爐廢矿渣代替普通碎石和道碴材料,因而获得了巨大的技术經濟效果。

积累起来的成功經驗,已为尽量采用当地矿渣(采自廢渣棄置場)代替成本較高的天然岩石集料和道碴材料,以及組織簡單的矿渣澆注生产(在澆注坑或澆注溝內获取矿渣塊或矿渣碎料)打下了基础。

廢渣棄置場的高爐矿渣是一种由矿渣塊(不同粒度、强度和密度的)、矿渣砂和高爐矿渣粉(塊狀矿渣的分解产物)組成的非均匀質混合物。在旧的廢渣棄置場上,还会夾杂一些工厂垃圾和建筑垃圾等雜質,这些雜質妨碍了矿渣的开采、分类和使用。但实

踐証明，如能詳細研究廢渣棄置場的矿渣組成并正確地進行開采的話，是不難獲得優質矿渣的。

* * *

科学技术副博士И. В. 沃利弗研究和总结了斯大林工厂和馬克耶夫卡工厂高爐廢矿渣的应用經驗，参加者有И. П. 諾利杰、Р. М. 鮑罗吉茨卡婭、А. Ф. 斯米尔諾夫和К. Д. 馬尔科夫；南方建筑科学研究所日丹諾夫分所所長М. К. 采盧伊克研究了亞速鋼鉄厂高爐廢矿渣的应用經驗，参加者有С. Д. 拉烏林齐耶夫和Е. В. 霍赫洛娃；科学技术副博士Г. В. 普哈里斯基和南方建筑科学研究所德聶伯罗彼得罗夫斯克分所所長К. И. 霍赫烈夫研究了德聶伯河沿岸各工厂高爐廢矿渣的应用經驗，参加者有К. Л. 普罗托波波娃、Ф. С. 杜德尼克和В. А. 謝斯托帕洛娃。

还必須提到，在建筑中積極采用高爐廢矿渣的工程技术人員有：Н. А. 柯罗波夫、Г. Б. 伊万諾夫、Д. М. 馬利克（以上为馬克耶夫卡建筑托拉斯的工作人員）；А. А. 洛托茨基、М. П. 杰馬科夫、П. А. 馬蒙托夫、В. В. 魯达科夫（以上为亞速鋼鉄厂建筑托拉斯的工作人員）；А. П. 克罗托夫、П. П. 科諾年克、А. Н. 科馬尔、А. Н. 热尔杰夫、В. М. 罗金斯基（以上为捷尔任斯基建筑托拉斯、德聶伯工業企業建筑托拉斯和德聶伯建筑配件托拉斯的工作人員）；А. И. 斯利文斯基、И. С. 耶罗揚、З. М. 烏曼斯基（以上为斯大林諾冶金建筑托拉斯的工作人員）；А. К. 普齐林、В. А. 普里耶茲热夫、А. Д. 馬特維因科（以上为頓巴斯机器制造建筑托拉斯的工作人員）；А. В. 齐申科、А. С. 福明采夫（已故）和П. А. 馬蒙托夫（1942至1943年楚索沃依市建筑工地的的工作人員）。

作者根据南方建筑科学研究所的科学研究成果和亞速鋼鉄厂建筑托拉斯、馬克耶夫卡建筑托拉斯、斯大林諾冶金建筑托拉斯、捷尔任斯克建筑托拉斯在工地上采用此类矿渣的經驗拟就“在建筑中采用高爐廢矿渣的指示”（草案），此草案附于本書卷末。

第一章 高爐廢矿渣的性質

冶金工厂的高爐廢矿渣就是矿渣熔融物分層倒在廢渣棄置場退溫后所形成的具有不同結構和密度的塊狀物質。各种不同結構的高爐廢矿渣的形成及其在廢渣棄置場的数量之比決定于熔融矿渣的成分、出爐和倒到廢渣棄置場时的溫度、熔于其中的气体数量和退溫条件（如在山坡上——圖 1，在澆注坑——圖 2，在澆注溝——圖 3）。



圖 1 向廢渣棄置場傾倒熔融高爐矿渣的情形

在南方各冶金工厂的多硫質（气体飽和度較大的）矿渣熔融物棄置場中所获得的高爐廢矿渣，由于在退溫时受到上述因素的影响，其結構和密度都是不一样的。因此，它們不同于烏拉尔各工厂的少硫質廢矿渣。后者通常是要比南方各工厂的高爐廢矿渣較

勻質、較密實、較重也較堅固。烏拉爾各工廠的礦渣（特別是木炭熔煉的）有明晰的致密玻璃狀結構和較鮮明的色澤（綠色、天藍色、黑色及其他），無多孔塊渣。南方各工廠的硫質礦渣與此

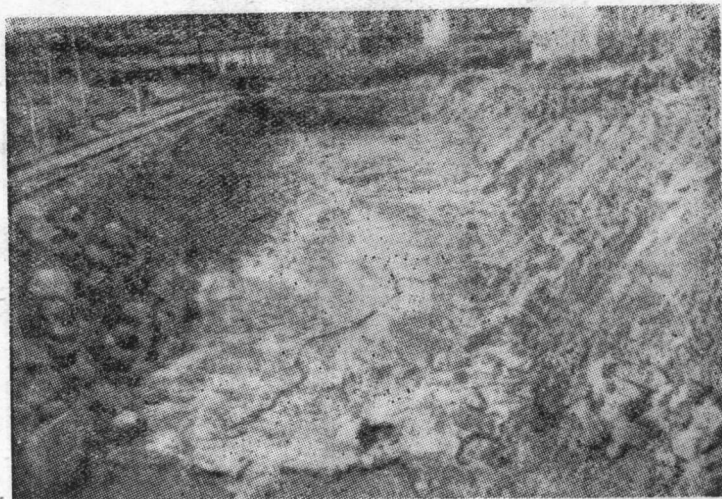


圖 2 澆注坑



圖 3 澆注溝

种矿渣不同，它們沒有这样明晰的玻璃狀結構，甚至在快速退溫時也沒有这种結構。这些矿渣的結構有致密的（圖4）、多孔的

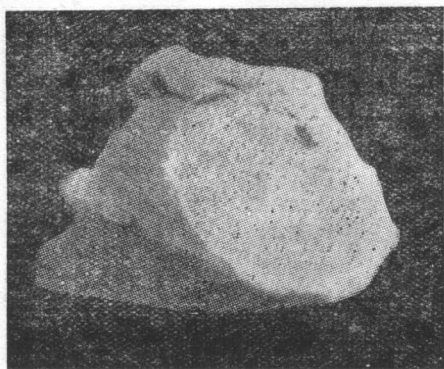


圖4 致密結構的矿渣样品

（圖5）和混合結構的，即致密多孔的（圖6）。

南方各冶金工厂的焦炭熔煉的高爐廢矿渣碎料的容重在0.4—0.6（浮渣）至1.2—1.4吨/立方公尺（致密矿渣）之間。普通高爐廢矿渣的容重根据其中多孔和致密矿渣的含量，一般在0.8—1.25吨/立方公尺之間。矿渣比重按ГОСТ 2778-44規定为2.6—2.8。

高爐廢矿渣碎料的空隙体积根据其容重、比重和粒度区分为：致密矿渣——占总体积45—50%；致密多孔矿渣——占50—55%；多孔矿渣——占55—60%。致密矿渣的吸水率为2—5%，致密多孔矿渣为5—15%，而多孔矿渣則为15—25%。

高爐廢矿渣的强度根据它的結構而定。多孔矿渣的抗压極限强度为25—30公斤/平方公分，而致密晶質矿渣則可达1000公斤/平方公分或更高。

矿渣性質所以有这样大的变化，是由于在煉鉄时（甚至熔煉的是同类的生鉄，例如煉鋼用的生鉄）因高爐的“爐况”不同（热行、常行、冷行）、所采用的焦炭含硫量不同，以及矿石成

分、熔剂和加料不同，而使矿渣熔融物的化学成分和物理机械性質發生很大的变化。

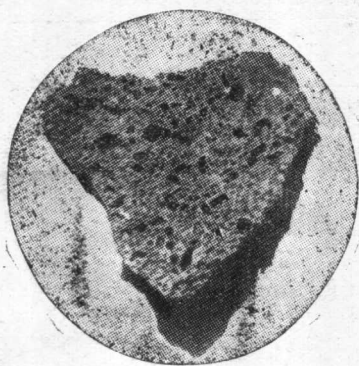


圖 5 多孔結構的矿渣样品

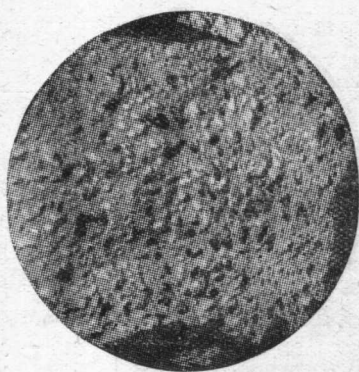


圖 6 混合結構的矿渣样品

1. 亞速鋼鐵厂高爐廢矿渣的特性

矿渣熔融物倒在廢渣棄置場上以后即形成了由具有不同結構和化学成分的冷却了的矿渣組成的非勻質矿渣堆积層。这不仅与熔融物的物理化学性質有关，而且亦与倒出时形成的堆积層的厚度有关。堆积層的厚度乃是影响退溫速度的因素，因而也就是影响矿渣結晶条件的因素。

在亞速鋼鐵厂廢渣棄置場上有玻璃狀的（快速退溫的）、多孔的（具有各种不同的孔隙度和孔隙值的）和致密的廢矿渣以及其分解的产物（矿渣粉）。

研究亞速鋼鐵厂煉鋼生鉄的矿渣性質时，把全部欲研究的矿渣熔融物分为三类，其特征和指标載于表 1。

获得玻璃狀矿渣（圖 7）的条件如下：倒出的矿渣熔融物的堆积層很薄（1—2 公分厚）；往廢渣棄置場拋棄“死渣”（在鉄罐上粘結的多層矿渣）和傾倒高爐冷行快速玻璃狀矿渣熔融物。

这类廢矿渣是具有玻璃質光滑表面的脆性材料，它不仅适宜作混凝土的碎料，而且也适宜制作矿渣水泥、磨細的水硬活性掺

特征和指标名称	高爐矿渣熔融物特征和指标的数值		
	冷 行	常 行	热 行
化学成分(% ,按重量):			
SiO ₂	37.0 —38.7	37.0 —39.6	37.2 —39.1
Al ₂ O ₃	10.66—13.22	10.7 —12.17	11.01—12.11
CaO	39.20—40.6	39.6 —42.0	38.97—41.02
MgO	1.26— 1.62	0.90— 1.88	1.44— 1.49
Fe ₂ O ₃	0.99— 1.34	0.50— 0.69	0.19— 0.39
MnO	5.10— 5.96	4.55— 5.14	4.43— 4.53
SO ₃	2.85— 3.83	3.06— 3.87	4.55— 4.82
鹼度系数	0.78— 0.88	0.76— 0.89	0.77— 0.88
矿渣熔融物的温度(度)	1400和1400以下	1400—1500	1500和1500以上
矿渣熔融物的顏色	由深紅至黃紅	由黃紅至白	由白至白帶青
矿渣熔融物的气体飽和度	由小至中等	由中等至大	由大至極大
快速退溫的矿渣熔融物的顏色	由黑至淺褐	由淺褐和褐綠至淺綠帶黃	由淺綠帶黃至乳白帶藍
粒狀矿渣顆粒的顏色	由深褐(近似黑)至淺褐帶綠	由淺褐帶綠至淺綠帶黃	由淺綠帶黃至淺灰
粒狀矿渣顆粒的結構	致密玻璃質	少孔玻璃質	多孔隙, 泡沫狀
粒狀矿渣飽和水时的容重(公斤/升)	1.0和1.0以上	0.7—1.0	0.7和0.7以下



圖 7 玻璃狀的高爐矿渣

合料和活化混凝土。

多孔矿渣（圖 8、9）是在廢渣棄置場上倒出高爐常行和热行的矿渣熔融物（气体饱和度較大）时而形成的。在这种情况下，上述矿渣熔融物退溫时所構成的孔隙的体积和数量与其气体饱和度和倒出物質的厚度有关。当倒出的熔融物的層厚大于10公分时，將形成有大量小孔的廢矿渣，如傾倒的層厚小于10公分，則將形成有大孔的少孔隙矿渣。

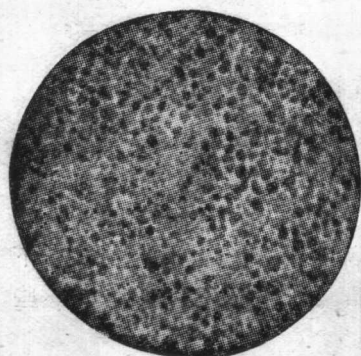


圖 8 小孔隙高爐矿渣

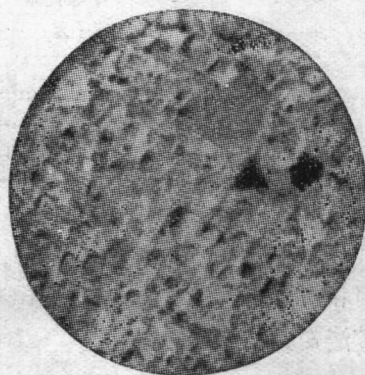


圖 9 大孔隙高爐矿渣

多孔高爐廢矿渣的物理机械性質与它的孔隙度級別和孔隙的大小有关（表 2）。

致密矿渣（表 3）是在廢渣棄置場倒出高爐冷行少气体矿渣熔融物，并以薄層堆积（厚10公分以下）退溫后而形成的。这些矿渣如緩慢退溫时，則將获得各种結晶結構：細粒的、中粒的（来自高爐冷行熔融物）、粗粒的、板狀的和針狀的（来自高爐常行熔融物）及輻射狀的（来自高爐热行熔融物）。

表 3 所載为矿渣熔融物在保証其完全結晶的条件下緩慢退溫时所得的矿渣的数据。在下層已經冷却了的表面上傾倒薄層（10公分以下）矿渣熔融物时，其上下層退溫較快，而中間層則較慢。这种退溫条件必然会形成混合結構的高爐廢矿渣。所以，从

多 孔 廢 矿 渣 的 特 性

表 2

孔 隙 大 小	矿 渣 孔 隙 度 級 別 的 鑒 定	矿 渣 塊 容 重 (公 斤 / 立 方 公 尺)	抗 压 極 限 强 度 (公 斤 / 平 方 公 分)
小 孔 隙 (2 公 厘 以 下)	少 孔 隙	1400—1600	300—400
	中 等 孔 隙	1000—1200	175—200
	多 孔 隙	600—700	75—100
中 等 孔 隙 (5 公 厘 以 下)	少 孔 隙	1200—1400	250—300
	中 等 孔 隙	800—1000	125—175
	多 孔 隙	500—600	50—75
大 孔 隙 (5 公 厘 以 上)	少 孔 隙	1000—1200	200—250
	中 等 孔 隙	600—800	100—125
	多 孔 隙	400—500	25—50

附注：矿渣具有抗裂性和抗冻性。

矿渣層中所取出的每一塊矿渣几乎都会發現有由玻璃化狀態（下層和上層）逐漸变为結晶狀態（中間層）的現象，因而使得这些矿渣变成非勻質的。

致 密 的 高 爐 廢 矿 渣 的 特 性

表 3

矿 渣 的 結 構	矿 渣 塊 的 容 重 (公 斤 / 立 方 公 尺)	比 重	抗 压 極 限 强 度 (公 斤 / 平 方 公 分)	吸 水 率 (%)
粒 狀 的	2400—2500	2.6—2.8	600—800	0—1
板 狀 的	2300—2400	2.6—2.8	800—1000	1—3
輻 射 狀 的	2200—2300	2.6—2.8	1000—1200	3—5

附注：矿渣具有抗裂性和抗冻性。

某些高爐热行的矿渣熔融物受到矽酸鹽的分解作用，即在廢渣棄置場上形成所謂高爐粉（此种高爐粉主要是由矽酸二鈣組成）夾層或粉巢。这种粉末很容易篩出，如掺入矿渣篩屑（矿渣砂）內則能改善矿渣的顆粒組成。

淨高爐粉完全可以用来作建筑砂漿、普通矿渣混凝土和活化矿渣混凝土的水硬性掺合料。

2. 德聶伯河沿岸和頓巴斯地区各工厂的高爐廢矿渣的特性

捷尔任斯基工厂和彼得罗夫工厂的廢渣棄置場位于德聶伯河沿岸，占有極大的面积。

調查証明，在德聶伯罗捷尔任斯克和德聶伯罗彼得罗夫斯克廢渣棄置場的許多地点發現有十分勻質和純淨的廢矿渣。其中还有变硬了的鹼性和酸性的粒狀矿渣，在个别地方还有矿渣和工厂垃圾及建筑垃圾的混合物。

表 4 所列的数据說明德聶伯罗捷尔任斯克工厂廢渣棄置場的矿渣系屬於煉鋼生鉄酸性多錳矿渣类。高爐廢矿渣試样的化学成分不管其結構如何，实际上都是相同的。在致密的、重的和輕的多孔矿渣中以及矿渣砂中，主要氧化物的含量变化很小。彼得罗夫工厂的廢矿渣含有大量的鹼性氧化物和少量的氧化亞錳。

捷尔任斯基工厂和彼得罗夫工厂高爐廢矿渣的化学成分 表 4

廢矿渣 的 种 类	含 量 % (按 重 量)							鹼性 系数	备 注
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO	MnO	S		
塊狀致密 重矿渣.....	39.2	7.5	43.7	3.32	0.81	4.71	0.87	0.99	采自捷尔 任斯基工厂 廢渣棄置場 的矿渣 同上
塊狀多孔 輕矿渣.....	41.25	6.7	41.7	2.44	1.21	4.90	0.60	0.93	
粒度 5 公 厘以下的矿 渣砂.....	40.7	7.40	42.40	3.17	0.99	4.90	0.77	0.95	
塊狀致密 矿渣.....	36.16	5.73	39.22	3.55	4.73	1.94	1.73	1.02	采自彼得 罗夫工厂廢 渣棄置場的 矿渣
矿渣粉...	35.20	4.73	44.02	1.27	2.75	0.58	—	1.15	同上
矿渣砂...	35.96	4.51	37.02	3.34	4.73	1.55	1.64	0.99	同上
粒 狀 矿渣.....	31.08	5.46	49.10	1.78	5.82	1.29	0.97	1.38	同上