

耐火材料文集

第一輯

高铝耐火材料

冶金工业出版社

耐火材料文集

第一輯

高鋁耐火材料



冶金工业出版社

耐火材料文集 第一輯

編輯：徐忠本 校對：趙崑方

冶金工業出版社出版(北京市燈市口甲45號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第003號

西四印刷廠印 新華書店發行

1959年7月第一版

1959年7月北京第一次印刷

印數4,520 冊

850×1168 • $\frac{1}{32}$ • 125,000字 印張4 $\frac{28}{32}$

統一書號15062·1696 定價0.60元

編 者 的 話

我国冶金工业，在社会主义建設总路綫的光輝照耀下，正在突飞猛进地发展着。

耐火材料工业是冶金工业的先鋒。过去几年来，特别是1958年，随着冶金工业的发展，首先是随着鋼鐵工业的发展，我国耐火材料工业工厂和企业取得了許多成就。耐火材料工业工作者們从世界上各个工业发达的国家，尤其是从苏联介紹了一些有关生产工艺和科学研究的成果和先进技术。但是，由于国内目前还没有一种全国性的专业杂志，所以仅仅发表的一些資料多半分散在一些其他刊物上，讀者参考时頗感不便。因此，我社正在和繼續将国内外有关耐火材料工业方面的文献資料，按內容性質汇集成册陸續出版，以弥补上述缺陷。

本文集就是为上述目的而編輯出版的，主要介紹了有关高鋁原料和高鋁耐火制品的一些重要問題。本文集主要选自杂志“鋼鐵”、“矽酸盐”和苏联杂志“Огнеупоры”。在編选过程中我社在文字和內容上作了一些修改。

因为这个編輯工作我們刚开始做，一定会有很多缺点，希望讀者提出意見，并且希望广大的耐火材料工作者給予支持，使得这一工作能做得更好。

目 录

高鋁耐火材料的技术发展問題.....	1
唐山产高矾土的燒結性.....	13
古冶矾土化学組成的若干規律.....	26
高岭石—水鋁石質矾土在燒結过程中的变化.....	47
用天然高鋁原料制造高鋁制品.....	60
論高鋁耐火材料生产的工艺过程.....	63
对H.E.鮑古斯拉夫斯基的“論高鋁耐火材料生产的工艺过程”一文的意見.....	69
应用工业氧化鋁制造高鋁砖.....	79
用水鋁石精矿制造高鋁砖.....	90
用水鋁石精矿生产高鋁耐火材料的問題.....	98
热稳定莫来石刚玉耐火材料的試制.....	106
用含水矾土制造高鋁耐火材料.....	110
高炉用体积稳定的致密高鋁制品的生产工艺.....	112
一些加入物对于高鋁砖泥料燒結作用的影响.....	127
二等高鋁砖制造工艺中的几个問題.....	138

高鋁耐火材料的技术发展問題

鍾 香 崇 刘 克 寬

(冶金工业部鋼鐵生产技术司)

一、高鋁耐火材料在第一个五年計劃期間的技术成就

高鋁耐火材料在第一个五年計劃期間的試制成功和迅速发展,是我国耐火材料工业的一項重大技术成就。这不仅標誌着耐火材料工业技术水平的显著提高,而且为强化冶炼过程創造了有利条件。五年来高鋁砖生产从无到有,从少到多,质量逐年提高,品种逐年增多,生产工艺过程不断改善,設備条件逐渐改进,使用范围愈来愈广泛,使用效果也很显著。

1953年唐山鋼厂在苏联专家斯米尔諾夫同志的指导和帮助下,利用古冶矾土試制成功质量优良的高鋁砖,翌年即組織正式生产;同时山东厂和重庆公司先后利用当地原料試制成功高鋁砖;此后各厂积极采取措施,扩大产量和品种并推广使用。几年来高鋁砖的发展速度很大,1957年的产量比1954年增加了8.7倍,目前高鋁砖占全国耐火材料产量的生产比例已达到2.1% (苏联1955年为0.5%〔1〕,美国1954年为4%〔27〕)。产量的增长情况,如表1所示。

高鋁 砖 产 量 增 长 情 况

表 1

年 度	1954	1955	1956	(預計)1957
增长率*(%)	100	290	650	970
逐年增长率**(%)	—	290	223	150

* 增长率: 各年产量/1954年产量。

** 逐年增长率: 各年产量/1954年产量。

各种高铝砖的质量指标

表 2

2

产 品 名 称	Al ₂ O ₃ 含量 (%)	耐 火 度 (°C)	荷重软化开始 温度(2千克/ 厘米 ²) (°C)	重 烧 收 缩 (%)	气 孔 率 (%)	耐压强度 ($\frac{\text{千克}}{\text{厘米}^2}$)
唐山厂 I 等高铝砖〔3〕	76.2~80.2	1860	1580~1620	(1600°-3小时) 0.38	15.8~20.2	750~2169
唐山厂 II 等高铝砖〔3〕	60.3~62.9	>1790	1540~1580	(1550°-3小时) 0.1~0.48	18~25	900~1327
唐山厂 III 等高铝砖〔3〕	53.3~52.1	>1770	1520~1560	(1500°-3小时) 0.07~0.52	14.7~19.1	650~1050
唐山厂平炉爐頂高铝砖〔3〕	75.44	>1825	1580	—	14.1~15.4	1875~2349
山东厂高铝砖〔4〕	71.48	—	1550	—	22.3	625
重庆公司高铝砖*〔5〕	87.37	—	1600	(1550°) 0.284	14.32	1230
重庆公司高铝砖**〔5〕	86.18	—	—	(1550°) 0.213	20.1	610
苏联高铝砖〔6〕	63~64	>1800	1570~1590	(1500°) 0.3~0.5	13~17.5	600~1100

* 为重烧熟料制造的高铝砖。

** 为轻烧熟料制造的高铝砖。

續表 2

产 品 名 称	Al ₂ O ₃ 含量 (%)	耐 火 度 (°C)	荷重软化开始 温度(2千克/ 厘米 ²) (°C)	重 烧 收 缩 (%)	气 孔 率 (%)	耐压强度 (千克) (厘米 ²)
苏联高铝盛鋼桶磚〔 6 〕	55.75~62.77	>1800	—	(1500°) 0.62~1.03	17~18.6	1137~1390
加拿大电爐爐頂磚〔 7 〕	71.8	1830	1790	—	—	—
美国墨西哥耐火材料公司						
高铝磚(50%)[8]	50	1760~1785	—	—	22~26	98~140
高铝磚(60%)[8]	60	1785	—	—	27~34	147~175
高铝磚(70%)[8]	70	1810~1820	—	—	29~36	98~140
英国高铝磚〔 9 〕	62	—	1500	(1500°-2小时) 0.1	23.8	310
英国高铝磚〔 9 〕	70	—	1560	(1500°-2小时) 0.2	24.9	593
英国高铝磚〔 9 〕	95	—	1340	(1500°-2小时) 0.3	26.2	527

各厂在高铝砖制造工业方面已经积累了相当多的经验，成品率有所提高：1956年成品率为88.8%，1957年预计为95.1%。制品的窑业物理指标与苏联高铝砖比较并不逊色，而且还显著地超过资本主义国家的水平，如表2所示。

品种也是逐渐增加的。各厂到目前为止，已基本上掌握各等 Al_2O_3 含量不同的高铝砖制造技术；品种包括：电炉炉顶砖、平炉水套砖、盛钢桶衬砖、塞头水口砖、平炉蓄热室格子砖、平炉炉顶砖、高炉砖、热风炉砖、加热炉砖，水泥回转窑衬砖、隧道窑窑顶砖等。在1957年唐山钢厂还试制成功高质量高炉高铝砖，

唐山厂高质量高炉高铝

产 品 名 称	化 学 成 分, %			
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2
唐山试制品(1)	16.13	79.74	1.4	2.96
唐山试制品(2)	15.69	79.47	1.36	3.28
苏联谢米卢基制品	—	65	—	—

其特点是具有高密度和高荷重软化点[10]，质量指标不亚于苏联谢米卢基工厂制造的高密度高炉砖[6]，如表3所示。

随着产量的迅速增长和品种的逐步扩大，高铝砖的使用范围日益宽广。几年来所制造的高铝砖大量供应生产上和基本建设上的需要，使用效果甚为满意，如表4所示。

高铝砖在电炉炉顶的使用成绩最为显著，一般寿命比矽砖提高3~6倍。大冶钢厂在改进炉顶设计，提高修砌质量并加强炉体维护之后，高铝砖炉顶寿命还能提高50~100%；个别炉役曾达到602次，比矽砖寿命高10倍以上。由于采用高铝砖炉顶，电炉作业率显著提高，对提高优质钢的产量和降低成本起了很大的作用；而且还减少了冶炼过程中炉顶的流淌现象，保证炉渣碱度和活度的相对稳定性，有利于提高钢的质量。

平炉水套使用高铝砖的寿命比矽砖提高1倍左右,使水套寿命能适应炉顶寿命,从而避免与减少了炉龄中期停修水套而造成的损失。高铝盛钢桶衬砖的使用寿命比粘土砖提高30~100%,有时还要高些,例如重庆钢铁公司在50吨盛钢桶使用了高铝砖[11],其使用寿命较粘土砖提高到210%,耐火材料的消耗定额由10千克/吨钢降低到4.06千克/吨钢。更重要的是由于采用了高铝质衬砖和浇铸砖,钢中的非金属夹杂物有显著的减少,为保证优质钢的质量创造了有利条件。在高炉和热风炉使用高铝砖的效果,虽因时间较短,还不能定论,但是根据目前使用情况良好,以及高

砖与苏联砖质量比较

表 3

物 理 性 能					
气 孔 率 (%)	耐压强度 千克/厘米 ²	耐火度 ℃	在4千克/厘米 ² 荷重下软化温度, ℃		重 烧 收 缩 (1500°)
			开 始 点	4 % 变 形	
10.5~12.5 平均11.5	>2500	>1850	1690	1710	0.03~0.08
13.4~15.8 平均14.9	>2500	>1850	1560~1610	1640~1710	0.07~0.11
9.5~12	>1500	>1800	1540~1570	—	0.2

高 铝 砖 使 用 效 果

表 4

厂 名	设备名称	矽砖使用寿命 (次)	高铝砖使用寿 命 (次)	寿命比较
本溪钢铁公司	电 爐 爐 頂	28~48	135~205	1:4~5
本溪钢铁公司	〃	31~81 (平均71)	375	1:5
太原钢铁厂	〃	20~30	96	1:4~5
大连钢厂	〃	40	70~80	1:2
大冶钢厂	〃	40~56	137~254	1:3~5.7
天津钢厂	平爐水套	150	249~301	1:0.7~1
本溪钢铁公司	盛 鋼 桶	粘土磚 7	9~13	1:1.3~2
重庆钢铁公司	〃	〃 9.5	20	1:2
重庆钢铁公司	蓄热室格子磚	365	450	1:1.3

铝砖抗渣性和高温性能较高的研究资料,预计可以延长使用期

限。

几年来各研究机关和工厂，在高铝耐火材料方面进行了較多的試驗研究工作，对于促进高铝砖生产技术的发展，起着重大的指导作用。在原料方面，进行了高铝矾土基本性能、燒結特征、矿化剂影响、燒結过程变化等方面的研究工作。特别是对古冶高铝矾土作了較多而且比較系統的工作。在工艺方面的試驗研究工作，包括各种高质量高铝砖的試制，輕質高铝砖、全生料砖、輕燒熟料制砖等方面的研究。各厂还根据生产中出現的問題，組織了試驗研究工作，从而促进了高铝砖工艺过程的不断改进和合理化。在性質与使用方法，比較系統地研究了含氟高炉溶渣对高铝耐火制品的侵蝕作用，以及平炉炉頂和电炉炉頂的使用損毀問題。

总之，在第一个五年計劃期間，高铝耐火材料的发展获得了很大的成績，这是学习苏联先进科学技术，并結合我国具体情况，解决重大生产技术的范例。但是由于我国耐火材料工业技术基础比較薄弱，經驗不足，还有很多問題需在今后努力解决：需要加强科学研究工作，加强原料基地工作，进一步改善工艺过程，提高质量和扩大品种。

二、对于高铝耐火材料今后发展的意見

为了滿足冶金工业和其他高溫操作工业对耐火材料不断增长的要求，发展高級耐火材料的生产(主要是碱性和高铝耐火材料)是肯定的技术发展方向。高铝耐火制品具有很高的耐火性能和优良的抗渣性；它在电炉炉頂、平炉水套、盛鋼桶衬砖等方面的使用效果已經充分显出了它的优越性。

近年来，世界各国对高铝耐火材料的发展問題比較注意。特别是苏联在高铝砖制造技术上有显著的发展，产品质量有飞跃的提高；但是由于缺少天然高铝原料，主要是采用工业氧化铝原料，产品成本較高，因此高铝砖产量和使用范围的扩大就受到一定的限制。英美等資本主义国家制造高铝砖虽然較早，但是数十

年来发展极慢，其根本原因是由于资本主义制度的限制；而原料缺少和成本高亦是原因之一。美国和英国主要原料是依靠由印度运来兰晶石和矽线石，价格颇高，近年来已开始部分采用工业氧化铝。美国还加紧开采高铝矾土矿，以适应高铝耐火材料的发展。

我国高铝矾土资源得天独厚，不但埋藏量丰富，而且颇为广泛地分布于华北、华东、中南、西南等地区；质量也很优良， Al_2O_3 含量由48%至90%以上(煅烧后)，杂质含量一般较低，耐火性能很高。这实在是世界上罕有的宝藏。我国各地高铝原料的化学成分示于表5；世界各国主要高铝原料的化学成分也入表内，以资比较。

我国拥有丰富的铝原料资源，这是我国大力发展高铝耐火材料的优越条件。我们既不必采用价格昂贵的工业氧化铝，也不必进行矿石的精选和富集工作。生产实践已证明，我们直接利用天然高铝矾土即能制造高质量高铝砖，不但原料价格低廉，而且生产过程大为简化，因此我国的高铝砖成本较低，一般比粘土砖仅高70%左右；而在美国 Al_2O_3 不过55%的高铝砖的价格就要比高质量的粘土砖高出6倍。

有人可能提出，高铝矾土是炼铝工业的基本原料，高铝矾土大量用来制造耐火制品是不是会造成资源的浪费？高铝矾土不仅是高级耐火材料的原料，而且还是炼铝、制水泥和研磨材料工业的原料；炼钢也需要用高铝矾土作为熔剂，以稀释稠度过高的炉渣。因此合理利用高铝矾土资源的问题确实应当引起重视。

不同工业对于高铝矾土化学成分的要求是不同的。主要是对于 Al_2O_3 含量和 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例的不同要求。炼铝工业对于高铝矾土 Fe_2O_3 的含量没有特殊要求，因为在生产过程中，氧化铁很容易被去除；但是它对 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例要求很严，一般要求大于3~3.5，而对 SiO_2 含量要求尽可能低，一般要求小于12~15%。研磨材料工业所要求的条件与炼铝工业大致相近。用于耐火材料工业的高铝矾土在 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例方面所包括的范围很广，

表 5

我国及其他各国高铝原料化学成分(%)

原 料 名 称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	碱 分	B ₂ O ₃	灼 减
唐山特A级高铝矾土	1.22~2.98	77.22~79.57	0.60~2.42	2.14~3.61	<0.18	<0.25	—	—	14.22~14.96
唐山A级高铝矾土	3.91~11.98	69.56~76.23	0.60~2.42	2.14~3.61	<0.18	<0.25	—	—	14.22~14.96
唐山B级高铝矾土	12.31~28.72	54.25~67.74	0.54~2.03	1.48~2.87	<0.48	<0.27	—	—	13.34~14.82
唐山C级高铝矾土	28.36~43.86	39.05~50.96	0.54~2.81	0.76~2.27	<0.48	<0.29	—	—	13.47~14.44
山东高铝矾土	10.87	73.00	1.45	—	—	—	—	—	13.79
山东高铝矾土	14.50~21.83	60.20~66.31	1.35~3.64	—	—	—	H ₂ O	—	14.47~14.80
贵阳高铝矾土	2.22~2.90	77.35~80.72	1.30~1.55	1.35~2.24	0.40~0.70	0.43~0.46	0.37~0.7	—	13.52~13.76
巩县0级高铝矾土	7.56	72.51	—	—	—	—	—	—	13.97
巩县I级高铝矾土	20.46	62.57	—	—	—	—	—	—	11.78
巩县II级高铝矾土	13.22	68.46	—	—	—	—	—	—	12.67
巩县III级高铝矾土	25.49	56.63	—	—	—	—	—	—	11.64
苏联水铝石精矿〔12〕	21.40~22.93	62.48~64.24	0.48~0.60	—	0.58~1.15	0.14~0.60	痕跡~0.34	SO ₃ 1.14	11.81~12.72
美国一等水铝石〔8〕	10.9	72.4	1.1	3.2	—	—	—	—	13.5
美国水铝石〔8〕	20.5	60.9	0.6	3.1	0.4	0.3	1.3	—	13.1
美国水铝石〔13〕	15.02	65.22	1.36	2.50	0.52	0.30	1.31	—	13.49~0.62
印度砂綫石〔14〕	32.6~36.26	57.34~62.31	0.54~1.74	0.18~2.74	痕跡~0.48	0.08~0.47	0.26~0.30	0~0.30	5.65
印度藍晶石	33.35~36.5	57.16~62.20	0.20~1.34	0.4~0.57	0.1~0.54	0.14~0.98	0.1~0.58	—	0.55~1.4

• 为Al₂O₃ + TiO₂

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例在0.9~1以上的原料都可用来制造不同等级的高铝砖，以适应不同用途的需要；但是高铝耐火材料对于 Fe_2O_3 等杂质含量却要求严格控制，一般 Fe_2O_3 含量不宜超过3%。不同工业部门所要求的矾土技术条件举例于表6。由于各工业部门的要求不相同，就完全有可能根据资源实际情况，对高铝矾土制订技术条件，以满足各方面的需要，并据以组织合理分配和综合利用。 Fe_2O_3 含量較低的原料用于耐火材料生产， Fe_2O_3 含量高的用于炼铝工业； $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例高的优先用于炼铝工业， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例低的用于耐火材料。就我国矾土资源情况来看， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2=3$ 以下的矾土埋藏量相当大，一般估计半数以上。这部分原料只要杂质含量合乎要求，全部可以供应耐火材料工业。在 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比例較高的原料里将 Fe_2O_3 含量低的部分供给耐火材料使用也不会影响炼铝和研磨材料工业的需要。因此在我国发展高铝耐火材料生产，天然高铝原料的供应是不成问题的。

不同工业部门对矾土技术条件的要求

表 6

工 业 部 分	Al_2O_3 %	Fe_2O_3 %	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ (按重量)
水泥工业	>47	<17.5	—
研磨材料工业	>60	—	>3.3
炼铝工业	>45	—	>3
耐火材料工业	>40	<3	>1

我国高铝原料资源丰富而且分布较广，质量优良。几年来在高砖制造和应用技术上已经取得了相当的經驗，并且奠定了良好的基础；这方面的技术成就已经充分证明了利用我国高铝矾土制成的高铝砖在质量上和使用效果上的优越性。从资源条件和使用需要考虑，从技术可能性和经济合理性考虑，高铝耐火材料的发展在我国有独特的重要意义。因此今后应在已取得成绩的基础上，进一步积极扩大高铝耐火材料的产量、品种和使用范围，以适应国家的需要。

为此，应不断采取措施，保证产量的迅速增长，并改进工艺过程和設備条件，以促进扩大品种，提高质量，特别是提高热稳定性、热机械性能和密度方面。此外，还应根据资源条件和使用要求，掌握各等高铝砖*产量的正确比例。过去几年偏重于发展Ⅰ等和Ⅱ等高铝砖的倾向应予纠正。从资源情况来看，适于制造Ⅲ等高铝砖(Al_2O_3 含量48~60%)的高铝矾土在多数矿区占全部原料矿量的一半以上。从充分利用资源的角度来考虑，这些低级高铝矾土不适于炼铝工业，可以大量用来制造耐火砖。从使用需要方面来估计，消耗量最大的部位如盛钢桶砖、浇铸砖、高炉炉腰及炉身砖、热风炉砖等主要应采用Ⅲ等高铝砖，不必或不宜使用 Al_2O_3 含量过高的Ⅰ等或Ⅱ等砖。从经济方面来分析，Ⅲ等砖的制造工艺相对地比较简单，熟料煅烧和制品烧成温度都可以较低，产品成本也较低，因此今后应当重视Ⅲ等高铝砖的发展。根据现有资源条件和使用情况来估计，Ⅲ等砖的生产比例应占全部高铝砖产量的50~60%以上。

在使用上，一方面应该根据用途合理分配品种，防止滥用现象，作到合理使用；另一方面还应继续推广使用高铝砖，并逐步扩大使用范围。高铝砖品种分配的初步意见提出如表7所示。

凡是已经肯定使用效果的(如电炉炉顶和平炉水套)，必须保证供应，并进一步改进质量和使用条件，以期取得更大的成绩。凡是使用过而效果尚未最后肯定的(如盛钢桶衬砖、塞头水口砖、平炉蓄热塞格子砖、高炉砖和热风炉砖等)，应继续推广使用，系统积累资料，并总结经验，以确定所要求的质量条件，并达到最大的使用效果。此外，在水泥迴转窑、玻璃熔炉、隧道窑等热工设备上，应组织试用，并在取得经验后逐步推广。

为了促进高铝耐火材料今后的技术发展，必须加强组织科学

* 根据冶金工业部部颁标准规定，高铝质耐火制品按不同 Al_2O_3 含量分为：

- (1) Ⅰ等高铝砖含 Al_2O_3 >75%，为莫来石—刚玉制品；
- (2) Ⅱ等高铝砖含 Al_2O_3 60~75%，为莫来石制品；
- (3) Ⅲ等高铝砖含 Al_2O_3 48~60%，为砂线石(低莫来石)制品。

高铝砖品种分配初步意见

表 7

工作部位及特征	所用制品名称	品种分配等级
电炉炉顶:		
(1)容量 8 吨以上的	高铝质电炉炉顶砖	I 等高铝砖
(2)容量 8 吨以下的	高铝质电炉炉顶砖	I、II 等高铝砖
平炉水套	高铝质水套砖	I、II 等高铝砖
平炉蓄热室上部砌砖	高铝质格子砖	II、III 等高铝砖
高炉炉底和炉缸:		
(1)容积 600 米 ³ 以上的	高铝质高炉砖	I 等高铝砖
(2)容积 150~600 米 ³ 的	高铝质高炉砖	I、II 等高铝砖
(3)容积 150 米 ³ 以下的	高铝质高炉砖	II 等高铝砖
高炉炉身	高铝质高炉砖	III 等高铝砖
热风炉	高铝质热风炉砖	III 等高铝砖
盛钢桶:		
(1)内衬	高铝质衬砖	II、III 等高铝砖 (主要是 III 等砖)
(2)塞头、水口	高铝质塞头水口砖	III 等高铝砖
(3)塞棒	高铝质袖砖	III 等高铝砖
加热炉燃烧室	高铝质耐火制品	III 等高铝砖
水泥回转窑煅烧带	高铝质耐火制品	II、III 等高铝砖
竖窑煅烧带和隧道窑窑顶	高铝质耐火制品	II、III 等高铝砖

研究工作，主要包括以下几个方面：

(1) 系统研究全国各地高铝原料的基本性能，逐步掌握它的特点和规律性。目的是制订原料的分级标准和技术条件，确定合理使用范围；并阐明煅烧过程的物理化学变化，确定煅烧熟料的条件。

(2) 系统研究工艺因素对制品质量的影响，以改进现在工艺过程，并确定进一步提高质量，主要是热稳定性、热机械性能和密度的方法，同时还为增加新品种和建设新厂，研究新的工艺过程。

(3) 联系使用条件，系统研究不同 Al_2O_3 含量和不同密度的高铝制品的特殊性能，如抗渣性、对各种化学剂和气体侵蚀的

抵抗性能、热稳定性和热机械性能等。

(4) 进行使用观察, 并研究高铝耐火制品在使用过程中的物理化学变化和损毁机理; 重点在烧铸系统(特别是盛钢桶)、平炉蓄热室和高炉的使用情况的研究。

参考文献

1. Г.Т. Бардагов. Внедрение Новой Техники и перспективы дальнейшего развития огнеупорной промышленности.
2. Научно-техническая информация по огнеупорам(6).
3. 唐山钢厂: 高铝砖生产技术和试验研究工作经验总结。
4. 山东耐火材料厂: 二等高铝砖制造工艺中的几项问题。
5. 重庆钢铁公司: 利用轻烧水铝石熟料制造高铝砖问题的探讨。
6. И.А. Савкевич. Производство высокоглиноземистых изделий на семилукском заводе, качество изделий и результаты их применения.
7. Огнеупоры, [3]141, 1956.
8. Я.А. 戈尔金: 美国耐火材料现况, “国际新技术通讯”(黑色冶金)[7]1957.
9. J. H. Chesters. Steelplant Refractories.
10. 唐山钢厂: 高质量高炉砖试制总结。
11. 重庆钢铁公司: 高铝氧弓形钢桶衬砖试用总结, “钢铁”[14]27~29 1955.
12. Огнеупоры, [9]397, 1950; [10]435, 1951.
13. Jour. Amer. Cer. Soc., 389, 1952.
14. The Refractories Journal, [1]1955.

(原载于“钢铁”, 第4期, 1958年)