

铸石在冶金工业中的应用



冶金工业出版社

铸石在冶金工业中 的 应 用

《铸石在冶金工业中的应用》编写组

冶 金 工 业 出 版 社

内 容 提 要

本书内容主要包括铸石生产工艺、铸石制品的应用和铸石制品衬里施工等。书中重点地介绍了铸石制品在冶金工业中的应用；对于其他工业部门应用铸石制品的实例也作了一些介绍。

本书可供冶金企业广大技术人员、工人和干部在推广使用铸石工作中参考。

铸石在冶金工业中的应用

《铸石在冶金工业中的应用》编写组

（限国内发行）

*

冶 金 工 业 出 版 社 出 版
新 华 书 店 北 京 发 行 所 发 行
冶 金 工 业 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

*

850×1168 1/32 印张 12 1/8 字数 321 千字
1978年 12 月第一版 1978年 12 月第一次印刷
印数00,001~9,600册
统一书号：15062·3394 定价（科三）1.15元

前 言

铸石是以某些天然岩石（辉绿岩、玄武岩等）或某些工业废渣为原料，经配料、熔化、成型、结晶和退火等工艺过程制成的一种新型工业材料，具有很高的耐磨和耐腐蚀性能，在各个工业部门中都得到了广泛的应用。

几年来，冶金工业战线的广大职工在毛主席的无产阶级革命路线指引下，在发展铸石生产、推广使用铸石制品方面，取得了不少成绩。在利用冶金废渣生产铸石制品的试验研究工作中，成功地研制出了铁合金硅锰炉渣铸石、钼铁渣微晶铸石和化铁炉渣铸石等新品种，并且形成了一定的生产能力，可满足一部分冶金企业对铸石制品的需要。这些冶金渣铸石新品种不仅在主要性能上都达到了一般铸石的性能指标，而且省掉了熔化设备，节约了燃料，降低了成本，为铸石生产的发展开辟了一条新路。在铸石制品的推广使用方面，冶金企业应用铸石制品的数量日益增多，应用范围逐步扩大。实践证明，应用铸石制品不仅可以节约钢铁、有色金属和橡胶等材料，而且可以延长设备的使用寿命、减少维修的工作量、解决生产中的一些关键问题，从而提高了生产能力。因此，发展铸石生产并大力推广使用铸石制品，对于多快好省地发展冶金工业是有很大作用的。

为进一步做好铸石的生产 and 推广使用工作，我们编写了《铸石在冶金工业中的应用》一书，希望通过它对冶金企业铸石的生产、使用及施工的经验进行交流。本书内容主要包括铸石的生产工艺、铸石制品在冶金工业中的应用、铸石衬里的施工等。书中着重总结了冶金企业在生产与使用铸石的工作中积累的经验；归纳整理出冶金工业推广使用铸石制品的一百三十个部位，对其中可在设计中采用的七十五个部位作了比较详细的介绍；还介绍了其他工业部门的一些经验，供冶金企业在推广使用铸石制品的工

作中参考。

作为一种新型工业材料，铸石制品目前还存在质地较脆、热稳定性能较差等弱点，尚待进一步研究改进。

我们相信，冶金工业战线的广大职工，在各级党委的领导下，高举毛主席的伟大旗帜，贯彻落实华主席为首的党中央提出的抓纲治国的战略决策，深入开展“工业学大庆”运动，大搞技术革新和技术革命，不断总结经验，一定会把冶金企业生产与使用铸石的工作向前推进一步。

本书由冶金工业部节约办公室组织北京钢铁设计院、北京有色冶金设计院、冶金部建筑研究院、鞍山矿山设计研究院、鞍山焦耐设计研究院、长沙矿山设计院、鞍钢化工总厂、湘潭钢铁厂等单位共同编写。在编写过程中得到了许多单位的大力支持，在此表示感谢。

由于我们的水平所限，书中不妥之处，欢迎读者批评指正。

编 者

一九七八年九月

目 录

前言

第一篇 铸石及其生产工艺

第一章 铸石的原料和配料	1
第一节 铸石的化学成分和矿物组成	1
第二节 生产铸石的原料	6
第三节 铸石炉料的选择和配方	18
第二章 炉料的熔化	22
第一节 炉料的熔化过程	22
第二节 熔化工艺的控制	23
第三节 熔融体的粘度和电导率	26
第三章 铸石熔融体的结晶和矿相形成	31
第一节 铸石熔融体的结晶作用	31
第二节 铸石的矿相	37
第四章 铸石制品的生产工艺	44
第一节 铸石板材和异型制品的生产工艺	44
第二节 铸石管材生产	49
第三节 铸石粉生产	58
第五章 热工设备	59
第一节 熔化设备	59
第二节 结晶设备	66
第三节 退火设备	68
第四节 烟道、烟囱及燃油喷嘴	72
第六章 冶金炉渣铸石	75
第一节 钨铁渣铸石	76
第二节 硅锰渣铸石	79
第三节 化铁炉渣铸石	83

第七章	铸石的物理化学性能及测试方法	84
第一节	铸石的物理化学性能	84
第二节	铸石物理化学性能的测试方法	88
第八章	铸石制品衬里的结构设计	104
第一节	衬里结构设计的基本要求	104
第二节	常用衬里结构	110

第二篇 铸石制品的应用

第一章	铸石制品在冶金工业中的应用	121
第一节	冶金矿山	121
第二节	焦化耐火	144
第三节	钢铁	155
第四节	有色金属	171
第二章	其他工业部门应用铸石制品实例介绍	216
第一节	铸石管道	216
第二节	设备衬里	223

第三篇 铸石制品衬里施工

第一章	铸石制品耐磨衬里	231
第一节	铸石砖板和异型铸石件的施工	231
第二节	铸石管材的安装施工	234
第二章	铸石砖板防腐衬里	237
第一节	衬里结构形式选择	237
第二节	衬里材料选择	239
第三节	衬里施工技术	256
第四节	水玻璃胶泥衬砌	271
第五节	树脂胶泥衬砌	275
第六节	沥青胶泥衬砌	278
第七节	硫磺胶泥衬砌	281
第八节	施工中常见的缺陷及其修补	282
第三章	铸石粉耐酸混凝土施工	284
第一节	施工准备	284
第二节	配料	287
第三节	铸石粉耐酸混凝土的配制和施工	288

第四节	铸石粉耐酸混凝土的施工注意事项	290
第四章	水玻璃胶泥防腐抹层的施工	291
第五章	铸石的加工	292
第六章	铸石施工安全技术	294
第一节	表面处理的安全技术	294
第二节	调制水玻璃胶泥、砂浆和铸石粉 耐酸混凝土的安全技术	294
第三节	配制树脂胶泥的安全技术	295
第四节	熬制沥青与硫磺胶泥的安全技术	295
第五节	铺贴隔离层与衬砌砖板的安全技术	296
附录一	冶金工业常用铸石制品	297
附录二	全国铸石厂概况	348
附录三	各种胶泥耐腐蚀性能	351
附录四	一些胶泥的物理力学性能比较	360
附录五	材料消耗指标参考表	361
附录六	材料价格	364
附录七	某些酸碱溶液的克/升与重量百分比浓度换算表	372
附录八	比重与波美度换算表	374
附录九	粘度值换算表	375
附录十	正方筛孔筛网换算表	376
附录十一	主要耐酸绝缘材料技术要求	378
附录十二	本书所用统一名词表	379

第一篇 铸石及其生产工艺

铸石按生产工艺可分为熔铸铸石和烧结铸石；按所用原料的种类可分为玄武岩铸石、辉绿岩铸石、钼渣铸石、硅锰渣铸石、高炉渣铸石和粉煤灰铸石等。

不同品种的铸石其矿物组成也不同。我国大量生产和使用的玄武岩和辉绿岩铸石以辉石矿相为主，称之为辉石型铸石。本篇着重介绍辉石型铸石的生产工艺和一般原理，并结合冶金工业的特点介绍一下冶金矿渣铸石。

第一章 铸石的原料和配料

第一节 铸石的化学成分和矿物组成

一、铸石的化学成分和矿物组成

铸石的化学成分主要是二氧化硅 (SiO_2)、三氧化二铝 (Al_2O_3)、氧化钙 (CaO)、氧化镁 (MgO)、三氧化二铁 (Fe_2O_3) 和氧化亚铁 (FeO) 等；还有少量的二氧化钛 (TiO_2)、氧化钾 (K_2O)、氧化钠 (Na_2O)、氧化锰 (MnO) 和三氧化二铬 (Cr_2O_3) 等。

铸石的化学成分含量以氧化物的重量百分数表示。我国和一些国家的主要铸石制品的平均化学成分见表1-1。

从表1-1看出，不同品种的铸石制品，化学成分虽不同，但其主要氧化物的成分含量却有一定的波动范围。根据我国铸石厂生产的经验，控制在下列波动范围(%)比较适宜：

SiO_2	44~49	Al_2O_3	9~20
CaO	8~12	MgO	6~8
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$	9~15	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	2~4

我国和一些国家的主要铸石制品的平均化学成分

表 1-1

铸 石 品 种	各 种 氧 化 物 的 含 量 (%)							备 注
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	FeO+Fe ₂ O ₃	Na ₂ O +K ₂ O	Cr ₂ O ₃	
辉绿岩铸石	48.67	17.2	9.18	9.15	7.6	2.47	2.17	5.65
钼铁渣铸石	48~55	9.5~12	6~15	2~5	14.5~19.8	1.5~2		
铅渣铸石	48.79	16.41	12.58	12.84	4.54	0.99	3.47	
玄武岩铸石	45~51	10~18	8~12	7~11	8~13		1~3	
铜渣铸石	48~49	16~19	17~22	5~9	3~6	3~5		
玄武岩铸石	43.47	11~13	10~12	8~11	9~15	3~5.5		
辉绿岩矿渣铸石	46.3	12.9	12.4	8.4	11.7	2.9	2~3	
玄武岩铸石	45.25	13	11	9.5	12	4.25		

北京铸石厂

吉林铁合金厂

新城化工厂

白银有色金属公司

东 德

法 国

苏 联

捷克斯洛伐克

这些氧化物相互化合，形成一定的硅酸盐矿物。辉石型铸石的主要矿物组成是辉石及少量的磁铁矿，质量较差的则有斜长石、橄榄石出现，工业废渣铸石中常有黄长石和硅灰石出现。铸石理想的矿相结构应是均匀的细粒辉石结晶相（由0.05~0.1毫米的普通辉石球体或羽毛状雏晶交织而成）。这种密实的内部结构，能够提高铸石的硬度和耐磨性。另外，由于普通辉石具有在一般酸碱中几乎不溶解的特点，所以使铸石具有良好的耐酸碱性能。铸石的矿物组成中的磁铁矿含量不宜过多，否则会严重地影响铸石的化学稳定性和介电性能。当铸石的矿物组成中有大量斜长石和橄榄石存在时，制品容易炸裂，并影响制品的物理化学性能。在生产中应力求使铸石制品形成单一的辉石矿相，而不生成其他的矿物。由于矿物组成和化学成分有直接的关系，因此为了保证形成单一辉石矿物相，必须将各种氧化物的成分含量限定在一定的范围内。

铸石的化学成分和矿物组成对制品的质量和工艺性能有直接的影响，在生产中它是正确进行配料的主要依据。

二、各种氧化物在铸石中的作用

为了掌握铸石的配料规律，获得优质的铸石制品，必须研究各种氧化物在铸石中的作用以及它们的含量对形成铸石矿物的影响。

1. 二氧化硅

二氧化硅（ SiO_2 ）是构成硅酸盐的骨架，它在硅酸盐矿物中呈硅氧四面体的形式存在。 SiO_2 的含量对熔融体的粘度、结晶性能以及制品的质量有很大的影响。

当炉料中的 SiO_2 含量在40%以下时，熔融体的粘度较低，在析晶过程中熔融体将首先形成不饱和二氧化硅矿物，如橄榄石、钙镁橄榄石和黄长石等。这些矿物的晶格比较简单，结晶性能很高，结晶的颗粒粗大，制品易形成不均匀结构，并且生成的矿物和残余玻璃相之间的热膨胀系数差别很大，从而造成了很大的内应力，这种内应力很难在退火过程中消除，使制品容易产生碎裂

现象。

当炉料中的 SiO_2 含量在40~50%时，熔融体的粘度将增加，熔融体中二氧化硅的不饱和程度减小，形成晶格比较复杂的硅酸盐矿物（辉石类）的可能性增大，此时制品的结晶时间也相应地增加，结晶结构变得均匀一致。另外，玻璃体中由于酸性成分（ SiO_2 ）增多，它的体膨胀系数更接近于结晶体，制品中的内应力减少了，有利于提高制品的质量。

当炉料中的 SiO_2 含量超过50%时，熔融体的粘度更高。熔融体中析出的矿物晶格更复杂，直到形成架式结构（斜长石类）。这种熔融体所需的浇铸温度往往很高，制品结晶时间也长，有时产生假结晶现象，因而使铸石生产工艺过程复杂化。

经验证明，在配料时，二氧化硅含量控制在44~49%的范围内较宜。当然也有例外，对于单纯用于耐磨而不要求耐腐蚀的热熔渣制品， SiO_2 含量可以低于40%。

2. 三氧化二铝

三氧化二铝（ Al_2O_3 ）以两种状态出现于铸石的硅酸盐矿物中。铝离子可呈六次配位，以阳离子形式存在于辉石矿相中，也可呈四次配位，以络阴离子形式存在于斜长石、黄长石、辉石矿相中，起着与硅相似的作用。

Al_2O_3 在熔融体中能控制结晶作用。当 Al_2O_3 含量小于9%时，熔融体粘度小，结晶速度加快，制品易老化，工艺制度也不易控制；当 Al_2O_3 含量多于20%时，熔融体粘度加大，结晶速度很慢，制品易产生玻璃相；当 Al_2O_3 和 CaO 的含量同时过高、氧化铁含量不足时，则有利于出现斜长石矿物相，使制品收缩、变形。

一般天然的普通辉石， Al_2O_3 含量为2~4.5%，最多不超过7%。铸石中普通辉石的 Al_2O_3 含量一般在9%以上。 Al_2O_3 含量适当，能提高制品的热稳定性。

3. 氧化钙和氧化镁

氧化钙（ CaO ）和氧化镁（ MgO ）的作用不同于 SiO_2 和 Al_2O_3 。这些组分含量的增加会降低熔融体的粘度并加快炉料熔

化、澄清过程和结晶速度。在铸石炉料中加入石灰石、白云石等附加料，目的是提高这些组分的含量，以便增强熔融体的流动性和加快结晶速度。

但是，这些组分含量的增加应适当。当CaO含量超过12%时，结晶出的矿物常常不是普通辉石，而是透辉石。由于透辉石的生长速度比普通辉石大得多，因而造成制品在结晶过程中易老化、收缩、挠曲和变形。另外，透辉石的热膨胀系数也比普通辉石大得多，这就会造成较大的内应力，使制品易炸裂。

MgO的含量对熔融体性能的影响程度与CaO相似，甚至更大些。MgO的含量适当对铸石制品的化学稳定性和机械强度产生有利的影响。当其含量超过10%时，除生成普通辉石外，还与FeO形成橄榄石 $(\text{MgFe})_2(\text{SiO}_4)$ 一类简单硅酸盐矿物，使制品易老化、炸裂，并降低制品耐化学腐蚀的能力。

若CaO和MgO含量同时过高时，则会有钙镁橄榄石 $(\text{Ca} \cdot \text{Mg} \cdot \text{SiO}_4)$ 和镁黄长石 $(\text{Ca}_2 \cdot \text{Mg} \cdot \text{Si}_2\text{O}_7)$ 析出，不利于提高制品的物理化学性能。CaO和MgO的总含量应严格控制在18~24%。

4. 氧化铁

氧化铁包括三氧化二铁 (Fe_2O_3) 和氧化亚铁 (FeO) 。铁离子在硅酸盐矿物中起主要作用的是六次配位的二价铁，但也有可能在普通辉石中出现四次配位的三价铁。铁在硅酸盐晶格中的配位数依矿物生成条件而定，特别是熔化气氛对其影响很大。

Fe_2O_3 和FeO的含量对制品的工艺性能有很大影响。FeO的含量增加，会降低熔融体的粘度和熔化温度，同时加快结晶速度，降低结晶温度。 Fe_2O_3 的含量增加，使熔融体的粘度增大，其作用与 Al_2O_3 相似。 FeO 和 Fe_2O_3 含量同时增加，会促使磁铁矿形成，这是熔融体结晶过程中最早析出的矿物之一，也是以后析出的各种矿物的结晶中心。 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ 的含量增加，可提高熔融体的结晶性能和制品的机械强度。但是， $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ 的含量过高会析出铁橄榄石 $(\text{Fe}_2\text{SiO}_4)$ 。 $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$ 的含量

在9~15%时比较合适。

5. 氧化钠和氧化钾

在少数情况下，钠离子可以和铝离子（配位数6）一起作为硬玉组分 $\text{NaAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$ 存在于辉石中。氧化钾（ K_2O ）和氧化钠（ Na_2O ）能大大降低熔融体粘度，加大铸造间隔。但是，氧化钾和氧化钠的含量过多时，导致残余玻璃相增加，对制品的耐化学腐蚀性能和热稳定性产生不利的影响。

第二节 生产铸石的原料

一般来说，凡是在化学成分上与铸石制品比较接近的任何天然岩石或工业废渣，都可作为生产铸石的原料。目前，国内外用于生产铸石的主要原料有玄武岩、辉绿岩、安山玄武岩、角闪岩等天然岩石，以及电厂煤灰渣、冶金炉渣、某些矿山的围岩等工业废渣。

此外，在铸石生产过程中，由于铸石制品的化学组成和生产工艺上的要求，除了主要原料外，通常还要加入若干种附加料，用以调整炉料化学成分。附加料有石灰岩、白云岩、菱铁矿、石英砂、角闪岩、蛇纹岩以及工业废料等。

一、生产铸石的主要原料

国内外生产铸石的实践表明，天然岩石中的基性岩浆岩和一些工业废渣均可作为生产铸石的主要原料。

1. 玄武岩

玄武岩是一种基性喷出岩。在喷出岩中它的分布最广泛，其外观通常是黑灰色、暗褐色，风化后多呈紫红色。玄武岩主要矿物组成为基性斜长石（ $\text{An}_{60}\text{Ab}_{40}$ ）和单斜辉石（有时还有橄榄石），此外还有较多的玻璃相和磁铁矿。

从铸石生产工艺来说，玄武岩分为三种类型：

（1）玻基辉橄玄武岩—似碧玄武岩型（ $40\% < \text{SiO}_2 < 44\%$ ）。由于它的硅铝含量低，因此具有较低的熔点，温度在 1200°C 左右时就熔化，在 $1300\sim 1350^\circ\text{C}$ 时就可得到符合浇铸质量要求的岩

浆。岩浆粘度小，结晶能力强，可不加任何附加料，有时甚至可不加结晶促进剂就能自行结晶。这种岩石是离心法浇铸管材的理想原料。

(2) 橄榄石玄武岩—粗面玄武岩型 ($44\% < \text{SiO}_2 < 49\%$)。由于它的硅、铝含量较高，因此在熔化后粘度较大，结晶能力较弱，往往需要加附加料和结晶促进剂才能结晶。但是，用这类玄武岩生产的铸石有比较高的化学稳定性和热稳定性，结晶出的矿相结构致密，不易老化。另外，生产工艺操作也易于控制。

(3) 安山玄武岩型 ($49\% < \text{SiO}_2 < 55\%$)。它的化学成分与铸石的化学成分有一定的差别，其硅铝含量高，熔融体粘度大，流动性不好，结晶能力弱。从生产工艺要求上来看，用这类玄武岩作铸石原料是不够理想的。

我国主要玄武岩的化学成分及产地见表1-2。

2. 辉绿岩

辉绿岩也是一种基性岩石，化学成分和矿物组成与玄武岩相似，只是由于生成条件不同，导致结构上不同。其主要矿物为基性斜长石、普通辉石，次要矿物为磁铁矿和铬铁矿。辉绿岩外观一般呈黑色或深灰色，但由于辉绿岩常发生次生蚀变（如绿泥石化），因而在辉绿岩中常有次生的绿泥石矿物，致使岩石呈灰绿色。

由于辉绿岩的结构致密，结晶颗粒较粗大，与玄武岩比较，残存的玻璃相较少，硅、铝含量稍高，所以熔化温度较高，熔融体粘度较大，均化程度及结晶能力较差。但是，通过适当配料仍能生产出优质的铸石制品。国内许多铸石厂用辉绿岩作为主要原料进行生产，并取得了较丰富的经验。辉绿岩的化学成分见表1-3。

3. 高炉矿渣

用工业废渣作原料生产铸石是综合利用，化害为利的有效途径之一。高炉矿渣是高炉冶炼生铁时排出的废渣。一般来说，生产1吨铁要出0.6吨渣。随着我国钢铁工业的发展，高炉矿渣已成为数量较大的工业废渣之一。

我国主要玄武岩的化学成分及产地

表 1-2

类 别	产 地	化 学 成 分 (%)					
		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO
玻基辉橄玄武岩	似碧玄武岩						
	嫩 江	42.84	2.49	12.13	5.86	4.43	0.17
	万 全	42.56	2.28	14.55	4.70	8.57	0.25
	泰 安	42.64	3.44	12.32	5.56	7.85	0.06
橄辉石玄武岩	粗面玄武岩						
	海 南 岛	43.95	1.57	17.23	4.71	7.91	0.19
	大 同	45.03	3.25	14.37	3.19	10.18	0.18
	玉 门	49.52	0.88	16.70	0.68	1.54	0.08
玻基辉橄玄武岩	似碧玄武岩						
	峨 嵋 山	45.45	4.00	13.72	5.24	10.74	0.17
	大 同	8.07	7.88	4.31	2.31	0.62	1.07
	玉 门	8.75	5.90	2.29	0.16	0.23	5.11
橄辉石玄武岩	粗面玄武岩						
	峨 嵋 山	4.64	7.46	2.90	1.65	0.35	3.63

高炉矿渣的主要化学成分是SiO₂、Al₂O₃、CaO和MgO等，其次还有少量的Fe₂O₃、FeO、MnO，以及硫化物等。我国一些地区高炉矿渣的化学成分见表1-4。

高炉矿渣按其冷却方法和外观特征可分为：

(1) 水淬矿渣(粒状矿渣)。热熔渣经过急冷所得的高炉矿渣，称为水淬矿渣或粒状矿渣。其显微结构绝大部分是不稳定

的玻璃体。

(2) 重矿渣(块状高炉矿渣) 把热熔矿渣倾倒在矿渣场、铸坑或铸模内经缓慢冷却所得的产物,称为重矿渣或块状高炉矿渣。由于热熔矿渣的化学成分、温度和冷却速度的不同,重矿渣的结构及容重也不相同,一般呈密实的、多孔的或密实带孔的。

高炉矿渣按碱度大小可分为:碱性矿渣(碱性率 $M_0>1$);中性矿渣(碱性率 $M_0=1$);酸性矿渣(碱性率 $M_0<1$)。

辉绿岩的化学成分

表 1-3

产 地	化 学 成 分 (%)									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
北 京	51.20	15.92	7.83	4.32	7.12	2.19			1.27	
白 银	51.00	14.00	9.60	7.30	8.40	1.60	4.00			
富 阳	45.65	16.73	7.44	7.48	3.51	7.25	0.68	3.70		
各 国 (平均)	50.12	15.68	8.80	5.89	4.55	6.73	1.38	2.25	1.41	0.37

我国一些地区的高炉矿渣化学成分

表 1-4

地 区	化 学 成 分 (%)								碱性率 (M_0)
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	MnO	S		
鞍 山	38.9	8.02	46.43	1.96	0.68	0.10	0.75		1.02
北 京	37.42	14.97	39.89	8.05	—	0.87	0.85		0.92
武 汉	34.06	15.02	43.45	5.35	0.68	0.21	0.66		0.99

碱性率(亦称碱度)即碱性氧化物与酸性氧化物的百分含量之和的比值。

$$M_0 = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$