

钒冶金原理

A·Ю·波良可夫著

饒渡崎譯

中国工业出版社

前 言

苏联有着世界上最丰富的天然钒资源。为提高钢和合金的质量而扩大钒的应用范围，将可锻钒和钒基合金作为一种具有特殊物理性质的新结构材料而使用到现代技术中，在我国是有着极其广阔的发展前途的。

苏联的钒铁生产在头几个五年计划的年代就已开始，当时所使用的矿石主要来自庫辛钛磁铁矿矿区。根据所拟定的在近几年内大力扩大含钒钢和合金生产规模的计划，有必要组织从过去未曾使用过的原料中提取钒的工作。

本书对钒的矿石，生产规模，物理化学性质及加工等方面的问题作了概述。这些问题所占的篇幅为前面两章。

书中还叙述了近十年来在提取钒过程方面的研究工作中所获得的成果。在这些研究工作中钒渣的制取问题最受重视。苏联多年来积累的經驗表明，在处理苏联典型的含钒量不高的钒原料（钛磁铁矿或磷铁矿）的工艺过程中，钒渣的制取是一个关键性的问题。钒渣中钒的单位成本能反映钒的提取过程与整个矿石冶炼流程的协调程度，并能预定最终钒产品的成本。钒渣的质量，对以后从钒渣中提取钒的过程的经济价值有着重大的影响。

研究的結果对处理各种类型铁矿的工艺流程之选择能有所帮助。

作者没有将苏联现有钒生产工艺过程中的所有细节问题罗列到本书中。本书所列举的生产试验数据只为了检查决定钒渣制取过程的原则问题是否处理正确之用。

研究和生产試驗結果叙述于第三和第四章中。第五章介紹了可鍛釩的制取方法。

苏联科学院通訊院士 A. M. 沙瑪林在編写本书过程中所給予的經常帮助和提出宝貴意見，作者在此表示感謝。在进行工厂和試驗室試驗的过程中，承蒙 Г. П. 查巴魯耶夫，С. И. 沙比罗，И. Ф. 克拉斯涅，М. С. 馬庫宁，В. М. 波別加依罗工程师，Н. М. 可卡列可，А. В. 魯德涅娃，Р. А. 卡拉雪夫和 Н. П. 列文涅茨科学碩士給予帮助，也在此致以謝意。

作者对曾給該书提出意見并帮助校訂的技术科学碩士 И. Л. 魯列和 М. А. 馬拉烏赫同样致以謝忱。

目 录

前 言

第一章 概論	1
簡史	1
釩的应用	4
釩矿	8
苏联的矿石基地	11
生产規模	14
第二章 釩的性质	18
物理性质	18
机械性质	18
防腐蚀性质	24
加工	28
釩合金	28
第三章 从铁矿原料中提取釩的基本原理	38
一般流程	38
釩渣	41
溶解于熔融体中的釩和氧的反应	47
轉炉內衬的选择	84
第四章 由各种铁矿原料中提取釩的工艺流程	86
概述	86
用庫辛矿床和第一烏拉尔矿床的鈦磁鉄矿熔炼的生鉄	86
普多司可耳生鉄	93
磷生鉄	109
第五章 可鍛釩的制取	129
鈣热法	129
氯化物法	130
真空碳热法	135
参考文献	146

第一章 概 論

簡 史

釩是在1801年由墨西哥矿物学家节里力欧在齐馬潘矿床的鉛矿試样中發現的。因为这种新元素的盐溶液在加热过程中具有鮮艳的紅色，故称之为《爱里特罗尼》^①。当时法国化学家果列-杰可傑里曾认为是把杂质所沾污了的鉻試样当作了新元素，后来节里力欧还同意了他的这一錯誤的結論。

1830年謝弗斯特連（瑞典）在分析达別尔克矿床的鉄矿試样时发现了其中有新元素存在，他根据斯堪的那維亞神話学的神名，将这种新元素称之为《釩》。同年Φ.魏列尔（德国）証实了謝弗斯特連和节里力欧的發現是同样的。

英国的化学家波士可在1860年对新元素的化学性质进行了研究，并在1867年利用以氢还原 VCl_3 的方法首次制得了少量的銀白色的金属釩粉。以后，有人多次企图析出純釩，但因为制取含碳、氢、氧、氮和其它杂质量很低的釩尚存在着困难，所以这些企图均未能实现，而以制得脆性試样告終。仅是在1927年，当馬尔捷和里奇〔1〕在一次以鈣还原五氧化二釩的成功試驗中制得了少量的可塑性釩珠后，才推翻了把釩看作是一种脆性金属的錯誤概念。

到上世紀末期为止，釩的应用仍只限于以釩盐形态用做顏料，用量也不大。

① 系一种紅色物——譯者。

仅在 1896—1900 年間发现了钒对钢的性质能产生良好影响以后，钒才具有了工业意义。从此，钒被作为一种合金剂而广泛地用于冶金工业中。直到目前为止，钒在其它工业部門的应用还是很有限的，其用量仅占钒生产总量的 5—10%（作钒催化剂，顏料，化学接触毒剂）〔2〕。例如，1956 年美国各部門用钒量的情况如下〔21〕。

	用钒量，吨	占总量的%
黑色冶金	1428	79.5
有色冶金	237	13.2
化学药品及其它	133	7.3
	共計1798	100.0

在苏联的鑄鋼工业中使用钒鉄，根据ГОСТ的規定，钒鉄中钒的含量应在35—45%。在一等合金（牌号Ⅵ）中下列杂质的允許含量为（不大于）：0.75% C、2.50% Si、0.10% P、0.10% S、1.0% Al。苏联所采用的钒鉄标准符合于在鉄—钒系中能达到最低熔点的組成范围（图1）。

苏联钒鉄的工业生产是于1936年1月开始的。与美国及其它国家不同，苏联沒有主要是含钒矿石的高钒精矿，因而不得不制定从貧钒鉄矿原料中提取钒的工业方法。仅仅为了鉄矿石中所含的百分之零点点的钒而来处理含钒鉄矿石是不合理的，只有将钒的提取过程和矿石的整个冶炼工艺流程结合起来，才能做到經濟上合理。

为解决这个問題，曾經吸收了一大批苏联研究人員参与工作。

由于在1931年制定出了从刻赤生鉄中提取钒的盛桶法（列宁格勒金属研究院，工程师魯列）和钒渣的化学处理法（国立稀有金属研究院，教授M.H.索博列夫），于是在刻

赤的沃依可夫冶炼厂建立了苏联第一个钒试验车间，并于1933年1月投入了生产，这个试验车间的生产能力是每年生产72吨含25% V_2O_5 的钒酸钙。

与此同时，还进行了寻找从乌拉尔钒磁铁矿提取钒的工艺流程的工作，当时这个矿床的勘探工作是做得最彻底的。所采用的原料是摩辛矿床的矿石。钒生铁的制取要采用高炉冶炼过程，所用的原料为烧结磁铁矿，这种方法是由H.A.沙德隆教授（实用矿物学研究院乌拉尔分院）制定的，并于1932年在下达吉尔冶炼厂进行了试验。

研究工作是和制定处理钒生铁的冶炼方法同时进行的，这种冶炼方法应能保证制得钒渣。1931年实用矿物学研究院和列宁格勒金属研究院工作组（K.X.达吉罗夫和C.B.德里捷克工程师）在彼得洛夫斯克工厂采用酸性转炉进行了钒生

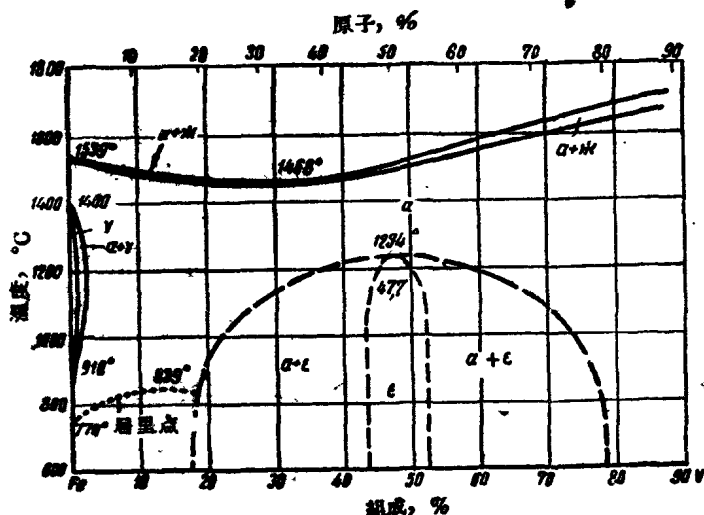


图 1 Fe-V系状态图

铁的吹炼试验，次年И.И.鲁列和А.И.赫德奇工程师在下达吉尔工厂实现了在碱性平炉中生产钒渣的过程，以后这一方法得到了推广。

平炉钒渣的化学处理法（М.Н.索博列夫教授和К.А.保日沙可夫，Н.С.克拉西列尼克工程师）于1934年在刻赤的沃依可夫工厂试验车间进行了试验。以后裘索夫斯基冶炼厂化学车间的工作人员又制定了更好的钒渣化学处理法，于1936年顺利地进行了试验，以后被用于生产中。

1934年莫斯科钢铁学院和国立稀有金属科学研究所（В.А.雅细可夫，В.С.莫司哥沃依和К.А.保日沙可夫工程师）一起制定了从钒酸钙中熔炼钒铁的方法，这个方法拟定在电炉中以硅还原钒氧化物。

麻辛矿石的富集和精矿的烧结是在1935年扩建的哥洛布拉哥达茨克工厂进行的。

裘索夫斯基冶炼厂被选作具有完整的钒冶炼工序的生产基地，该厂于1935年建成了由化工段和电冶炼工段所组成的钒车间。车间的年设计生产能力为500吨40%的钒铁。

毋庸置疑，在制定从铁矿原料中提取钒的工业方法方面苏联是领先的。

《霍里克林格耳尤捷》工厂（西德）是德国所有从托马斯生铁中提取钒的工厂中最先进行，该厂完全采用了1931年刻赤沃依可夫冶炼厂所采用的工艺流程。《霍里克林格耳尤捷》工厂的半工业试验于1933年开始，而将这种工艺流程用于生产中则是1935年的事〔3〕。

钒的应用

钒作为一种合金元素而在炼钢工业中被广泛使用，是因

为以少量的钒作添加物对铁合金的性质就能产生重大的影响。仅须往钢中加入 0.15—0.25%V, 就会大大提高钢的强度、韧度、抗疲劳能力和耐磨损能力。加入少量的钒能使钢的屈服点提高, 并能提高屈服点和强度极限的比率。

少量的钒就能对铁碳合金的性质产生影响, 其原因在于钒具有能生成稳定的碳化物的性质, 在钒钢中此种碳化物总是在渗碳体析出之前就从固溶体中析出。在室温下 Fe-V-C 系的相组成如图 2 所示〔4〕。

碳化钒和别的复杂的含钒碳化物从固溶体中呈细散状分离出来, 难溶于奥氏体中, 也不易溶于铁素体中。碳化物杂质能引起钢和生铁组织的激烈细化, 因而使晶粒加热时的增长速度减慢。少量未加入碳化物组成的钒在铁素体中生成固溶体, 使钒在铁素体中的溶解度提高, 这对清除铁素体内晶界上的氧化物杂质能起到良好的作用, 有这些杂质存在时会使铁素体的机械强度降低。

表 1 中所列举的数据, 表明钒对碳含量不超过 0.01% 的退火软铁试样中铁素体的强度提高的影响。

表 1 钒对软铁机械性能的影响

钒的含量 %	σ_s 公斤/平方毫米	σ_b 公斤/平方毫米	δ , %	φ , %
0.80	24.5	5.1	57	93
1.63	27.5	7.2	54	91
2.75	29.6	10.6	51	89

在奥氏体的晶粒细化并使其在加热时很难增长的同时, 分散的碳化钒杂质能促使淬火的制品保持很高的可塑性, 这点在大型制品淬火时尤为重要。钢中有钒存在时, 能使钢对过热的敏感度降低, 并使生成淬火裂纹的倾向减小。在低碳

渗碳鋼中若有少量的钒添加物存在，則会使奥氏体晶粒在渗碳过程中的增长产生困难。淬火以后，钒鋼中渗碳层的特点是硬度高，而其結壳下层和深下层則仍具有可塑性。

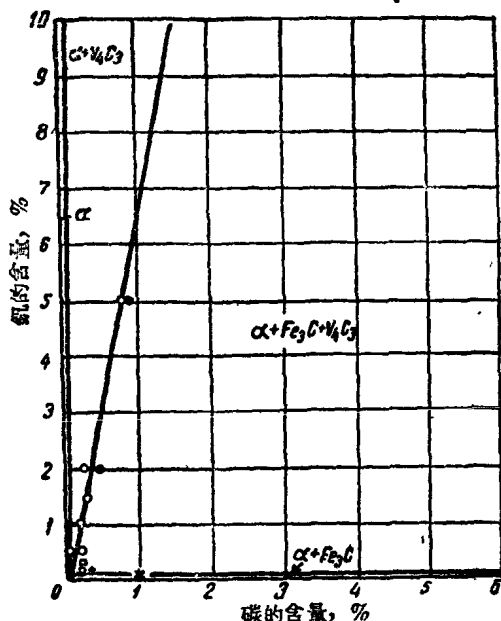


图 2 Fe-V-C三元系在室温下的横截面 (E.古德列蒙〔4〕)

适用于做承受变向载荷的中型或大型制品的结构鋼是主要的钒合金鋼之一。例如，約含1%Cr和0.20%V的铬钒鋼，無論在淬火或退火状态下，都具有比类似組成的铬钒鋼更高的强度和可塑性。第二类含钒的鋼是工具鋼，对这种鋼的要求是在高温下硬度能保持不变。属于这一类的最重要的钒鋼中有高速

切削鋼，其含钒量为1—2%。

近年以来钒开始应用于沸騰鋼中，此沸騰鋼可用来制成鋼板，然后用深冲压法加工。有0.03—0.05%V存在时就能消除由于有氮存在所引起的使鋼板易于产生时效的現象。使用这种方法与用鋁来消除时效現象不同，它不会使鋼板表面质量变坏〔5〕。

Co-Fe-V三元系合金具有很高的磁性，因而最近被广泛

地用来制造永久磁铁。这些合金約含有 50%Co 和 10%V，它与高矫頑磁性的鎳鋁合金（在热状态下不变形，不能进行切削加工）不同，而容易受鍛造，在机床上也容易加工〔6〕。

鈳还可有效地用于建筑鋼，铁路运输用鋼和其它用途很广的各种鋼中。最常用的低鈳合金鋼在古德列蒙的专题論文〔4〕中作了詳細探討。

近年来И.И.門捷列夫元素周期系IV、V和VI族难熔和化学性能活泼的金属的生产有了迅速的发展。这些金属中的某些金属，如鈦和鋳，使用时对其純度要求很高，同时这些金属也是許多新技术中用的重要合金的基体。上述金属的生产在第二次世界大战年代里还是处在試驗室試驗阶段，但现在已經开始大规模生产了。

鈳作为一种新的具有特种性质的材料而获得独特的意义是晚于过渡族其它难熔的和化学性能活泼的金属，这主要是因为它的物理性质的特点給制取可鍛鈳造成了极大的技术困难。关于可鍛鈳和鈳基合金应用方面的数据在文献上还記載得很少〔7〕。

目前，正在詳細研究鈳基合金的性质，同时也研究应用可鍛鈳来改善以其它难熔和化学性能活泼金属为基体的合金性质的問題〔8、9、10〕。現代的技术水平已經可以克服在組織可鍛鈳工业規模生产的道路上所存在的困难。因此可以相信，最近的几年将是鈳历史的轉折点。这种金属将一定会和过渡族的其它难熔及化学性能活泼金属一样而成为現代工业技术上必需的一种金属。

釩 矿

作为一种鉄族元素，釩的地球化学分布原理在 A.E. 費尔士曼^[11]，B.M. 哥里德士密特^[12]，A.H. 薩瓦里茨^[13]和 A.A. 沙烏可夫^[14]的著作中已作了詳細的探討。就地壳中的儲量而言，釩处于魏尔納德斯基的第Ⅳ十进級內 (10^{-2} — $10^{-1}\%$ ，重量)，此級內还包括錳，鉻和銅。从表 2 可以看出，釩在岩界中的平均含量超过了鎳，鋅和鈷。

表 2 一些金屬在地壳中的分布情况①

金 屬	%(重量)	金 屬	%(重量)	金 屬	%(重量)
硅	27.6	鎳	0.05	錫	0.004
鉛	8.80	錳	0.04	鈷	0.003
鉄	5.10	鉀	0.03	鉛	0.0016
鈣	3.6	鋅	0.02	鈮	0.001
鈉	2.64	鉻	0.02	鈳	0.00032
鉀	2.60	釩	0.015	鉬	0.0003
鎂	2.10	銅	0.01	鉍	0.0002
鈦	0.6	鎳	0.008	鎢	0.0001
錳	0.09	鋅	0.005	銻	0.00004

①- 按 A.П. 維諾格拉多夫 [14]。

釩虽然相对地分布較广，但因其原子化学迁移率及它的許多化合物易溶解于酸、碱稀溶液和水等特点，故往往是散布在岩石中，极少生成品位高的釩矿。自然界中釩矿物的种类繁多，是因为釩的原子价为可变的，时而具有金属性质，时而具有类金属性质。此外，还有一个原因，就是它能生成許多原子团和絡合物。

在地球的岩圈中大部分的钒是存在于火成岩中，因为 V^{3+} 和 Fe^{3+} 离子半径尺寸相接近，所以火成岩中的钒大部分存在于铁矿中。钒在这种类型的矿床中不生成独立的矿物，而是以三价的正离子状态分散着，同晶形地置换着三价铁的正离子。

现已知道许多含钒的岩浆岩铁矿和水成岩铁矿。在某些岩浆岩矿石中钒的浓度达 $1\%V_2O_5$ ，而在水成岩矿石中则往往在万分之几的范围内。

岩浆岩含钒铁矿通常为钛磁铁矿，在钛磁铁矿中，钒同晶形地置换着磁铁矿晶格中的铁，部分的钒在钛铁矿及閃角石内 [15]。这些矿石中的钒绝大多数都是在磁铁矿的组成内，其原因是钒本来就有生成尖晶石的趋向，这点在钒渣中可以明显地看出。看来，所有这些都说明了磁铁矿中钒的浓度比赤铁矿中钒的浓度更高的原因。

在苏联，瑞典，挪威，美国和加拿大都有含钒钛磁铁矿矿床存在。

瑞典的钛磁铁矿平均含有 0.25% 钒。这些矿石的磁铁矿精矿中钒的含量为 $0.64-0.83\%$ [15]。

达赫瓦士(美国纽约州)矿床的钛磁铁矿含有 $0.40\%V$ ， $10\%TiO_2$ ， $47\%Fe_2O_3$ ， $29\%FeO$ ， $0.2\%Cr$ [16]。美国某些钛磁铁矿矿床的精矿中钒的含量达 1% 。

水成岩含钒铁矿通常为磷褐铁矿，其中钒的含量不超过 0.1% 。在西洛达林吉亚有鲕状构成的含钒的大型褐铁矿矿床，伸延到比利时和卢森堡境内。各种不同品级的褐铁矿含 $25-40\%Fe$ ， $0.5-0.75\%P$ 和 $0.07-0.11\%V$ 。在德国的西南部(巴瓦里雅，巴建)和斯塔吉那维亚也有与洛达林吉亚相类似的大量褐铁矿矿藏。

第二类钒矿床是氧化了的水成岩的銅鉛鋅复合矿石，钒在其中成五价正离子存在，这种正离子与銅鉛鋅化合成不溶解的絡合物。在这些矿石中，钒为下列矿物的組成：钒鉛矿，钒鉛鋅矿，銅钒鉛鋅矿，銅钒鉛矿等，上述矿物都浸染于脉石中。某些这类矿石的精矿，其钒的含量很高，例如：北罗捷西雅和非洲西南部的钒鉛鋅精矿和銅鉛鋅精矿，其 V_2O_5 含量达20%。

第三类钒矿是含钒石英岩，钒在其中以五价的氧化物状态存在，和鉀及鈾的氧化物（鉀钒鈾矿）或鉀，鋁，鎂，鉄及硅的氧化物（钒云母）相結合。这类矿石的大型矿床在美国（可洛拉多和尤特州）正在开采。这些矿床的钒云母精矿含 20% V_2O_5 ，7.5% K_2O ，14% Al_2O_3 ，2% MgO ，1.5% FeO ，47.5% SiO_2 [17]。

第四类钒矿为碳基钒矿床，钒往往存在于矿床的灰份中，灰份内钒的浓度不超过千分之几。某些瀝青石的灰份含钒量較高，但由于灰份的百分比低，所以这些矿床中的钒量在大多数的情况下都是不高的。在瀝青石中，最大的钒矿床是秘魯（南美洲）的綠硫钒矿，它是一种含灰份的矿物，矿物中的五氧化二钒与氧化鈣（薄晶钒鈣石，橙钒鈣石）、硫（钒矾）或鈣和磷的氧化物相化合。秘魯瀝青石的灰份約为1%，灰份中 V_2O_5 的含量达20%。

在苏联发现了許多灰份为2.5—3.0%的瀝青石矿床，灰份中五氧化二钒的含量为7—15%。

上述四类钒矿床仅包括可用于工业制钒的那些矿石。此外，还知道有許多富集了钒的矿物原料，如：某些鋁矾土，地瀝青，石油等。

苏联的矿石基地

苏联的钒工业从开始建立起，就是以乌拉尔的钛磁铁矿矿床为基地进行生产的。最先开采的是库辛矿床，继之开采第一乌拉尔矿床。库辛钛磁铁矿的特点是结晶粗大，可以用磁选法富集，以使钛铁矿与磁铁矿分离。但是在富集过程中，矿石里的一部分钒损失在钛铁矿的尾矿中，而磁铁矿精矿则约含4—5% TiO_2 。如果矿石中钒的含量为100%，则提取入精矿中的钒为70%。

表3中列举了库辛原矿石及其富集产品中最主要成分的含量。

表3 库辛矿石及其富集产品的组成

物料名称	SiO_2	FeO	Fe _总	TiO_2	Cr_2O_3	P_2O_5	V_2O_5
矿石	6.0—7.5	28—29	48—49	13.0—14.0	0.65	0.035	0.68
钛铁矿精矿	3.0	35—36		40—41			
磁铁矿精矿			62—64	4.0—5.0			0.95—1.00
钒烧块		21—22	56—58				0.78

目前库辛矿床的矿石储量不多，因此不能把它作为能保证今后苏联钒生产发展的远景基地。

苏联正在开采的第二个钒矿基地是第一乌拉尔钛磁铁矿矿床，它的特点是储量有限，因而没有独立的意义。这个矿床的矿石只作为库辛矿石的添加炉料，用以调整高炉炉渣的组成，起着钒的辅助矿源的作用。第一乌拉尔矿石含：13—14% SiO_2 ；42—43% $Fe_{总}$ ；20—22% FeO ；0.13% Cr_2O_3 ；4—4.5% TiO_2 ；0.55% V_2O_5 ，这种矿石不能进行富集，所以就直接加入高炉炉料中。

除上述两个矿床以外，在苏联的其它許多鈦磁鉄矿和磷鉄矿中也有着极其丰富的钒儲量，例如：普多司可耳和卡契卡那尔矿床的鈦磁鉄矿，刻赤，阿雅特和里沙可夫褐鉄矿等。

普多司可耳矿石（奥涅斯湖东岸，卡累利阿苏維埃社会主义共和国）是一种浸染于偏輝綠岩中的細結晶结构的鈦磁鉄矿，属于貧鉄矿石，可以用湿式电磁选法进行富集。它与庫辛矿石不同之处是，矿石中絕大部分的二氧化鈦能随钒一起轉入磁鉄矿精矿中。所以普多司可耳精矿的燒結块不能在高炉中熔炼，而应在低壓式电炉中处理。

在哥洛布拉哥达茨克选矿厂以工业性試驗富集这些矿石时所制得的精矿中含下列組成：約 52%Fe_总；31% FeO；6.5%SiO₂；0.023%P₂O₅；15%TiO₂；0.4%MnO；1.03%V₂O₅。就儲量而言，普多司可耳矿床可以作为钒和鈦的巨大原料基地。因为精矿中钒和鈦的含量大，純度高（磷含量少），所以这种精矿是极其貴重的冶金原料。与庫辛精矿相比較，普多司可耳精矿的优点是精矿中沒有鉻，因为当有鉻存在时，会使钒的回收过程变得复杂。

1951年在摩尔曼斯克省发现了查根鈦磁鉄矿矿床。查根矿石的含鉄量比普多司可耳矿石高，它約含 7.5%TiO₂ 和 0.13—0.45%V₂O₅。現已查明，这种矿石的儲量极其丰富，因此可把查根矿床作为苏联西北地区鈦和钒的巨大原料基地。

卡契卡那尔鈦磁鉄矿矿床（在斯維尔德洛夫斯克省）的特点是钒的儲量丰富，它是苏联最大矿床之一。这种矿石是浸染性貧鈦磁鉄矿，約含 16%Fe，1.3—1.4%TiO₂，0.12%V₂O₅。精矿和燒結块中主要成分的含量見表 4 [18]。

此矿石用电磁分离法比較容易富集。富集时精矿的实收

表 4 卡契卡那尔矿石及其富集产品的组成

物料名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe _总	FeO	MnO	CaO	MgO	P	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅
精矿	6.3	2.1	59.0	26.9	0.40	2.9	3.1	0.01	2.7	0.07	0.58
烧结块 (加增剂的)	7.12	—	54.4	13.0	—	7.93	—	—	—	—	0.45

率为18—20%。卡契卡那尔生铁与用库辛矿石所熔炼出来的生铁之不同点是钒的含量低（前者为0.40—0.45%，后者为0.50—0.55%）。但是，由于矿石中铬的含量低，故能制得钒的含量与裘索夫斯基工厂转炉渣相近的钒渣。裘索夫斯基工厂系处理库辛矿石和第一乌拉尔矿石。

在裘索夫斯基工厂转炉中试验吹炼卡契卡那尔生铁时所制得(1958年4月)的炉渣内，钒的含量为10—11%V₂O₅。

在刻赤（乌克兰苏维埃社会主义共和国克里米亚省），阿雅特和里沙可夫（哈萨克苏维埃社会主义共和国库斯塔奈省）矿床的鲕状磷褐铁矿中，钒的储量也极其丰富。

这些矿石的铁和钒的含量均低，故在高炉熔炼之前需要经过选矿。由这些矿石所制得的精矿中，其铁和钒的含量（换算成V₂O₅）为^[19]：

	Fe _总	V ₂ O ₅
刻赤精矿	50	0.125—0.160
阿雅特精矿	50	0.20—0.25
里沙可夫精矿	53	0.15—0.20

虽然这些精矿中钒的含量低，但这些矿床仍然可作为大规模生产钒的基地。库斯塔奈省鲕状磷褐铁矿的储量实际上是取之不竭的，露天开采的可采量很大。刻赤矿石的可采量也很大。根据苏联黑色冶金工业的发展远景规划，拟定要大量增加刻赤矿石的开采量，而且还要用库斯塔奈省的磷