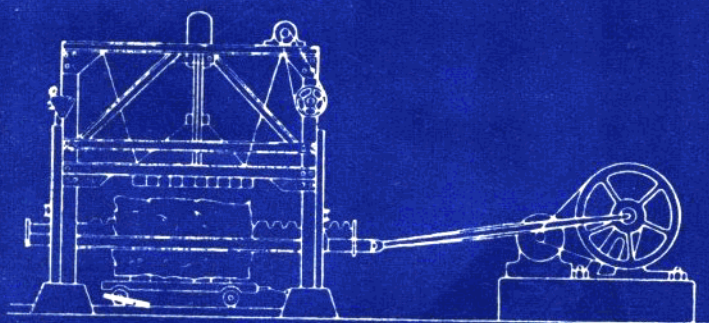

鋸截岩石的硬質合金鋸

A. A. 馬穆羅夫斯基

E. A. 馬爾迪紐克

著



建筑工程出版社

前 言

鋸截石灰岩和大理岩用的硬質合金鋸是苏联建筑科学院建筑技术科学研究所石料實驗室建議採用的。它可以提高机床的生产率，減少維護机床的劳动力和鋸条金屬的消耗量，还能在鋸截过程中节省石英砂。地下鉄道建筑工程局的大理石工厂对硬質合金鋸进行的試用，証實了它在鋸截碳酸質岩时具有很多优点。

对石料加工中产生的切削力进行精密的試驗研究，就可使石料加工最有效地使用硬質合金鋸刀具。石料實驗室着手研究了大理岩的切削力，并在研究过程中制訂了研究方法和总结了一些初步資料，这将有助于鋸和鋸床的設計。

本書敘述了这些研究工作的成果，并提出了一系列有关采用硬質合金切割石料的理論問題和实践問題。其中还介紹了鋸截石料用的机械、切割大理岩时产生的切削力的示波和快速显微鏡电影攝影。示波是由苏联建筑科学院建筑技术研究所石料實驗室和交通部全苏道路与建筑研究所岩石采掘實驗室协作进行的。

目 录

前 言

概 論 (1)

第一章 現代鋸截石料的技术 (8)

第二章 鋸截石灰岩和大理岩用的硬質合金鋸 (16)

1. 硬質合金鋸的結構和制造 (19)

2. 硬質合金鋸在實驗室和工厂中的試用 (27)

3. 硬質合金鋸在生产中的应用 (33)

4. 硬質合金鋸的技术經濟效果 (35)

第三章 用硬質合金刀具切割大理岩时的切削力

的研究 (39)

1. 研究的方法 (39)

2. 實驗和記錄的設備 (48)

3. 試驗說明和結果 (51)

結 論 (62)

参考文献 (64)

附录 石灰岩和大理岩的快速鋸截規程 (采用K-3、 K-3M 和 ДС-3型机床硬質合金鋸) (65)

1. 硬質合金鋸的結構与制造 (65)

2. 硬質合金鋸的驗收規程和保养 (75)

3. 大理岩和石灰岩的鋸截 (76)

概 論

目前苏联在飾面石料的开采和加工方面的成就已远远超过了1940年的水平。卫国战争结束后，在采石場上开采花崗岩、大理岩和石灰岩块石的机械化程度提高了，在新的可作飾面石料（卡尔拉赫金花崗岩、卡布斯金花崗岩、卡尔卡京大理岩、英克尔孟和伐查列姆石灰岩）的产地上开始进行工业化的采掘。近几年来，新建了许多大型机械化的石料加工厂（隶属于苏联建筑材料工业部的石料加工厂在基輔和莫斯科附近，隶属于交通部的石料加工厂在莫斯科）及用天然石料制作板材和构件的生产車間与工場。

苏联机械制造工业的有关人員試制成功，并开始大规模生产巨型的石料銑床、磨床及截断面准备的机床，也正在組織生产开采块石的鋸石机床和切石机。

随着飾面石料工业的发展，硬質合金工具在生产工艺过程中获得广泛的应用。目前苏联建立了能大量生产各种不同硬度和韌性合金鋼的先进工业，因此就有可能采用硬質合金工具开采和加工飾面石料及建筑石料。在金屬加工和鑽探工程中采用国产的硬質合金工具，能加速生产方法的改进，使劳动生产率和設備使用率提高数倍。

应该指出：采用硬質合金进行石料的冲击加工，同样也取得了很大的成就。苏联有色金屬冶金部基輔直屬工厂設計了几种新結構的硬質合金工具，利用这些工具，可使花崗岩的鑽眼、砍和劈的劳动生产率提高数倍。該厂生产的标准硬

質合金工具，是用来生产各种花崗岩的产品，以支援各采石場及石料加工企业。

利用硬質合金工具鋸截石灰岩和大理岩的效果很好。某些石料加工厂已不用石英砂鋸截石灰岩，而改用硬質合金鋸。

几乎所有的有关石料开采和加工方面的发明創造和合理化建議，都在不同程度上建議采用硬質合金工具。但是这些建議純粹是凭經驗出发，本身缺乏理論根据。尤其在进一步改进硬質合金鋸时，只有在經過切削过程的理論研究和切削力的計算后才有可能。在这方面，石料實驗室的工作与其他單位的研究一样，为用硬質合金刀具切截石料的切削理論提供了根据。

金屬切削理論已建立很多年了，目前也还繼續在發展着。但是石料切削理論，一般來說还未确定下来，目前在这方面，仅停留在零星的研究上。同时，石料的切削条件比金屬的切削条件要复杂些，这是因为各种岩石的組成和构造大不相同的緣故。

对于硬質合金工具加工金屬的問題已进行过多次的科学研究，但是对用硬質合金工具加工石料的研究却很有限。

* * *

在偉大的卫国战争以前，A·M·伊格那齐也夫曾提出有关統一韌性材料和脆性材料（金屬，岩石）切削过程的假說。他認為，切削的實質在于在刀具作用下，一定体积的材料遭到破坏。

建筑师B·A·罗戈津斯基在发展这个假說的同时，断定了切削是在产生破坏应力的时候，在刀具作用下形成的；破

环应力区域是球形的。在这种情况下，锯屑的两向度截面（平方）就与应力区的三向度（立方）相适应。可见，当切屑面积减少90%时，切削的功也约减少99%。因此，任何一种切石方式（锯截、铣）都不应采用单一材料制成的工具，而应采用由许多细小的切削刃组成的《组合式》刀具。金刚砂圆盘和铣刀都是这种类型的刀具，这两种刀具可以利用不规则排列的磨料粒进行岩石的微量切削。

下面简短地介绍一下锯截岩石方面的研究。

1. B·A·罗戈津斯基建议的刀具，带有粒状硬质合金（图1）。苏联建筑科学院工程安装实验室在作试验时（1934—1954），是用普鲁霍洛状—巴兰达大理岩做试件的。当压力为1公厘锯齿1.9—5.7公斤时，锯口深度每小时达171.6公分。

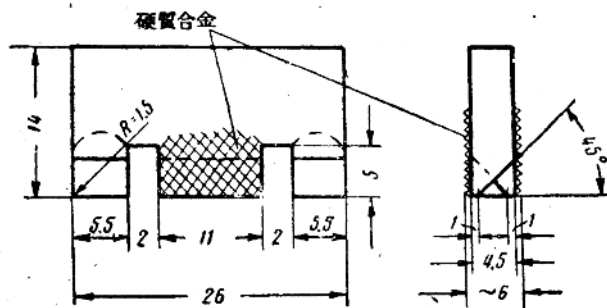


图1 带粒状硬质合金的罗戈津斯基刀具

2. 苏联建筑工程部建筑科学研究院塞瓦斯托波尔分院对伊克尔马石灰岩的切削进行了研究，他们得出的抗压极限强度为50—90公斤/平方公分。

切削力是在专门装有BK-8硬质合金锯齿的圆盘锯机床

上，根据走刀速度、走刀量和刀具的几何形状进行研究的。切削的深度由零增加到规定的走刀量，而切削力也是从零增加到与切削截面相称的最大数值。平均切削力可用电表来算出。楔形锯齿成 45° 、 $12^\circ-15^\circ$ 和 0° 角焊接在 $d=1200$ 公厘的圆盘上；刀具各角要保持经常的磨钝。安装角度为 45° ，楔角为 30° 的锯齿切削力，最初是以锯齿框合进固定为 0.6 公厘计算的，它在切削速度 7.1 公尺/秒时 1.77 公斤/平方公分。

其次就是在各种石料的切削速度和走刀量相同之情况下，用抗压强度 $R_{\text{сж}}=50-75$ 公斤/平方公分的石灰岩进行试验的。梯形切削刀的刀具（图2）安装角成为 $12-15^\circ$ 角。

试验的结果，得出了走刀量固定时的切削速度和单位压力的关系：即当切削速度为每秒 2.1 ； 3.1 ； 4.7 ； 7.1 公尺时，单位切削压力就相应为每平方公分 1.66 ； 1.86 ； 2.02 ； 2.3 公斤。

当走刀量为 $0.5-1.0$ 公厘时，最小的（亦最佳的）单位切削压力应该是 3.25 公斤/平方公分。在切削速度提高到 7 公尺/秒时，单位压力就会增长；如果切削速度再继续增长，则对切削刀就不再起影响。在切削速度为每秒 $15-18$ 公尺时，硬质合金薄片开始发软。

3. 苏联交通部全苏道路和建筑科学研究所岩石采掘实验室进行了石灰岩和大理岩切削研究，他们采纳了斯大林奖金获得者H·E·契尔卡索夫工程师设计的摆动式自动磨钝刀具的建议（图3）。这种刀具在锯框作往复运动的锯齿机床上，是只作一个方向切削的；而在锯框返回的行程中，这种刀具便被磨钝。为此，摆动式刀具在返回行程中转了一个后角，同时，刀具的后面，在沿着开岩石滑动时，也受到磨耗，因而大大地磨钝了切削刃。在实验室里，用刀具尝试切

削加茲甘大理岩时就是这样裝置的。

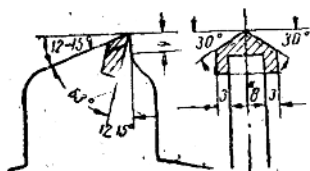


图 2 建筑科学研究院塞瓦斯托波尔分院的圆盘鋸刀具

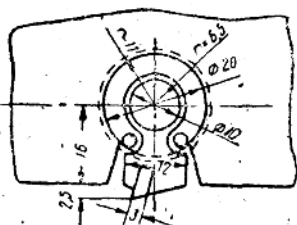


图 3 H·E·契尔卡索夫式摆动刀具

H·E·契尔卡索夫是使用牛头刨床，以不同速度和走刀量对科也耳京和加茲甘产地的大理岩作切削力来进行研究的。记录器具用九迴录示波器装置成的。它将寬5公厘和7公厘的BK-β号硬質合金薄片的刀具成10°角装在特殊的刀杆（刀夹）中。刀夹有两个薄片弹簧，其上粘有导綫傳送器。弹簧承受了分开切屑的力 P_z 和刀具切入岩石的力 P_y 。通过增强器与示波器接通的导綫傳送器，根据弹簧负载后的弯度而改变电阻；切削力的大小就由示波器在膜片上记录下来。

表 1 是科耶耳京大理岩在走刀量固定为0.18公厘时，切

表 1

切 削 速 度 (公尺/秒)	單 位 切 削 力(公斤)	
	P_z	P_y
0.75	9.0	6.3
1.20	22.2	22.2
1.50	22.2	24.2
3.30	28.6	35.0

削力 P_z 和 P_y 随着切削速度而增長的数据情况。

同样，研究的結果也証明了分力 P_z 随着切削刃長度的增加而減少，而分力 P_y 則增大（表2）。

表 2

大理岩	$b = 5$ 公厘时		$b = 7$ 公厘时	
	P_z		P_z	P_y
科也耳京	34.9	26.0	22.4	29.6
加茲甘	35.9	27.9	27.4	32.3

在准备进行摆动式自动磨銳刀具的生产性試驗时，曾对MC和K-3型机床的鋸截条件进行了研究，并对机床傳动系統加以配置对在不同切削规范下鋸截大理岩所需的电能加以測定。

4. 用硬質合金鋸鋸截其他石灰岩方面，建筑工程部建筑科学研究院H·E·諾西科曾进行了研究。他主要研究摆式框架鋸的运动学和动力学，对于两种型式的硬質合金刀具的工作以及根据齿型和它的几何形状来計算切削力方面也作了很多探討。首先是确定摆式机床框架的运动特点，因为鋸框在鋸截岩石的开始和終了时与水平中心綫所成的偏斜不同。H·E·諾先科还証明了由于机床框架的过重，其慣性力很大，因此他建議在操持机床座的稳定性和框架剛性的同时，应尽量地減輕框架重量和增加框架的工程行程数。他研究了标准硬質合金薄片的刀具（B型，№1307薄片）和用BK-8合金碎屑做的和《尔埃利特》粒状合金澆在青鋼上做的刀具。第二种型式的鋸齿和在鋸截过程自动磨銳的鋸齿一样，适用于强度大于400公斤/平方公分石灰岩的鋸截。鋸齿的間距是根据

刀具的伸出長度規定的，其計算結果見表 3 示。

表 3

齿 距 (公厘)	50	75	100	125	150	175	200	250	300
刀具伸出長度 (公厘)	0.3	0.7	1.2	1.9	2.7	3.7	4.8	7.5	10.8

功率和單位切削功是在一次行程中，走刀量为 0.03 和 0.06 公厘时測定和計算的。

單位切削功几乎与石灰岩的强度直接有关，而与切削速度和走刀量成反比。用标准薄片做鋸齿的硬質合金鋸在切削中要比用碎屑做鋸齿的鋸消耗能量少。在研究切削力中应采用示波法。

有关用硬質合金鋸之截碳酸質岩石的專題工作就是通过上述四种方法来研究的。但有关用硬質合金刀具切削碳酸質岩石的問題在有关岩心鑽进的書籍中闡述得較多。

第一章 現代鋸截石料的技术

如上所述，要了解鋸石過程中的物理機械現象，暫時還沒有有一套公認的理論；這方面发展的技術理論在很大的程度上是凭經驗的。但畢竟根據實踐，制訂了一些無需懷疑的條例。這些條例確定了在運動學、動力學和工具結構方面各種不同鋸床的使用範圍。在其它條件相同的情況下，鋸截的生產率是直接取決於以下兩個主要因素：切削的綫速度（或圓周速度）和走刀量（切削壓力）。因此各種不同結構的鋸床的分類和評價，主要取決於切削速度的大小和切削的走刀量。從這一觀點出發，所有的鋸石機械可以分為以下三類：

1. 使用最普遍的是框式鋸，其工作機件——鋸框是由鋼條制成。用此鋸進行鋸截時，既可用粒狀磨料（砂、鋼末），也可用硬質合金齒（刀具）。這類機床的共同點是使用曲柄連杆機構，通過變速度使鋸框作往復運動。框鋸可以借助強制走刀機構達到相當高的切削壓力。因為切削速度受到鋸框的慣性限制，現在所用的鋸床切削速度，每秒鐘可以不超过 2 公尺。

第一類機床根據鋸框移動的軌跡特征和工具分有三種型式：

a) 最老和使用得最普遍的是鋸框成擺式運動的機床（圖 4）；我國許多工廠都生產這種機床。機床上的鋸框是懸掛在剛性杆件（連杆）上或槽中，弧形擺動的半徑約為 1 公尺。框每結束一次工作行程，就提升 1.5—2 公分，这样可以保證

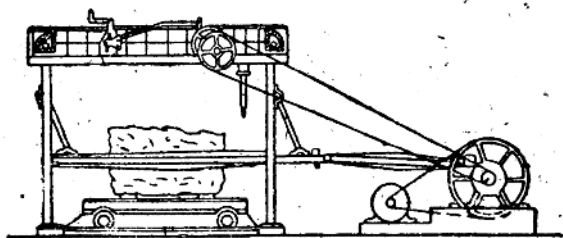


图 4 框架摆式移动的机床

在锯的切削刀下撒满散状磨料。走刀锯框的下降借助于转轮机构的作用来进行（如K-3、K-3M、ЛС-3和其他类型的机床），或是靠卷筒转动，使拉锯框的钢丝绳从卷筒上松开来进行的（如ЛС-2机床）。走刀量为3-12公分/时。目前采用的摆式锯装有30—100个钢片（ШТРИПС），以用来将各种岩石锯截成薄的石板料。

这种型式机床的主要缺点在于锯与石之间的接触长度受到限制，它不超过锯框行程的30—50%。它的优点是结构简单，操纵和维护方便。机床的技术性能见表4。

6) 锯框成直线移动的机床（图5）是在本世纪的30年代才出现的，它在国外石料加工业中用得较广泛。它主要用以将岩石锯截成厚板料和建筑用构件的坯件。这种机床的特点是锯框作直线水平移动时，切削工具与要锯开的石料密切接触。为了能在切削刀下撒满散状磨料，必须在锯上露出凹口。

走刀机床放下锯框时的速度达50公分/时。锯框由轧钢焊接而成，它按导向移动，较浇铸的框架重量要轻得多。从技术性能（表4）上也可看出，这种机床具有很大的行程数，

表 4

指 标	机 床 型 号		鋸框作直綫移 動的机床	《俄国宅石》 公司实验室机 床
	K-3'	K-3M和AC-3		
要鋸开的块石尺寸 (公尺)	2.5×1.4 ×1.25	2.5×1.4 ×1.25	4.2×2.1 ×2.4	1.0×0.8 ×0.65
馬达功率 (瓩)	20.5	25.0	29.4	40
馬达轉数 (1分鐘)	950	950	580	1440
鋸框行程数 (1分鐘)	142—144	160	192	65
鋸框直綫行程長度 (公分)	40	40	61	38
走刀量 (公分/时)	3.0—5.0	5.0—12.0	12—50	—*
最多鋸数 (把)	40	40	10	15
鋸床尺寸 (公尺)	11.3×4.75 ×4.5	11.0×4.0 ×4.5	17.2×3.8 ×4.0	2.9×1.0 ×2.0

* 在25—75公斤範圍內調整載荷。

且能提高走刀量，但鋸数受到限制（8—10个）。在鋸数很大时，增高的切削力就要求有特殊的方法来加固块石，而且要加强机床的行走零件。

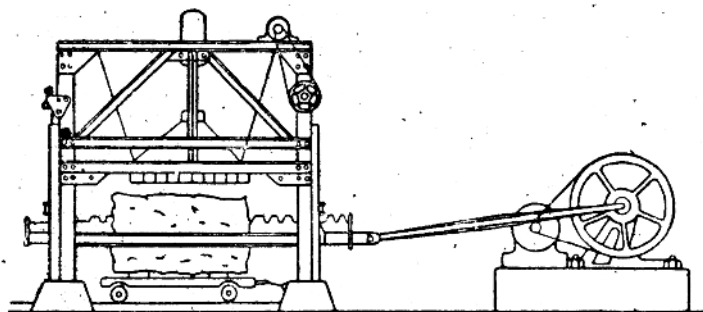


图 5 框架直綫移动的机床

В)第三种是最原始的一种鋸框，也即是《伊利契夫

卡»型(設計師В.И.伊利契夫設計的)。鋸框是«8»字形移動(圖6)。目前該種機床已由«俄羅斯寶石»托赫斯中央科學研究實驗室加以改進,用來鋸截石灰岩。在這種機床上,連杆是以一端成剛性固定在鋸框上,而另一端直接與曲柄連接的。鋸框用鋼絲繩吊上配重,便於調節走刀量。

這種型式的機床沒有得到很大的推廣。

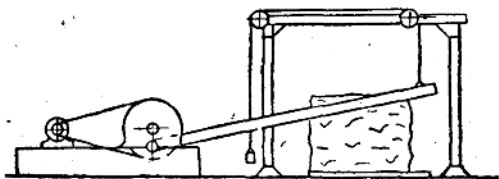


圖6 鋸框按«8»字形軌迹移動的鋸石機

2. 第二類是鋸石機,它採用的是柔性切削工具(鋼絲繩、鋸帶)。在鋸截時,它與岩石處於經常不斷的接觸,和以固定的速度在一個方向移動。因此,使用該種機床不可能達到最好的切削壓力,它只能用來鋸截松軟和中等硬度岩石。這類機床,按其柔性工具來區別,可分成三種型式:

a) 齒形鋼鋸帶的機床(大多是垂直面),其鋸帶繞在二個皮帶輪上(圖7)。

這種鋸木材用的帶式鋸(ЛС80—2型)可以用來鋸截松軟岩石。帶式鋸的技術規格如下:

鋸的皮帶輪直徑	800公厘
皮帶輪轉數(1分鐘)	800轉
岩石鋸下部分的最大寬度	715公厘
鋸帶的最大寬度	35公厘
電動機的功率	3瓩
機床尺寸	1.81×0.95×2.65公尺

在机床使用窄鋸帶进行工作时，可以获得任意弧度的鋸口。带式鋸的缺点不仅是功率有限制，而且鋼帶的成本也較高。

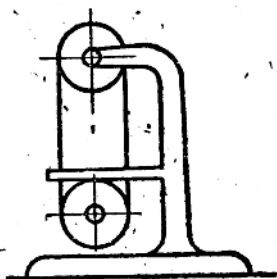


图 7 带式鋸示意图

索式鋸是一种由机床、傳动装置、拉紧装置和滾輪組成的机組，其上的鋼索成环形(图8)。索鋸在采石場上是用来开采大理岩块石，而在石料加工厂中用来进行單一切割的。索式鋸常是用石英砂进行鋸截。最近在尝试采用硬質合金。鋼索的移动速度为5—7公厘/秒。鋼索由三根直徑4公厘的

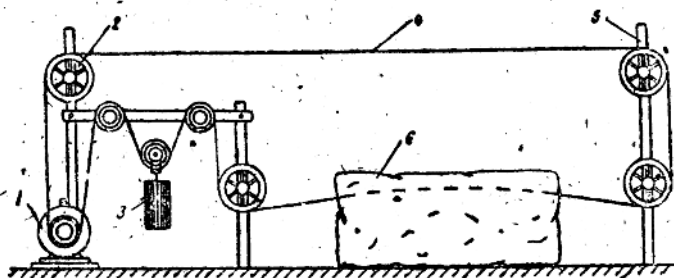


图 8 切割块石用的索式鋸

1—电动机；2—槽形輪；3—張紧用荷重；4—鋼索；5—支柱；6—块石
鉄絲摩成。根据鋼索的長度（300—800公尺），馬达功率为5—10仟伏左右。

索式鋸的缺点是每單位鋸口面积的鋼索損耗太大；优点是結構簡單，維護方便。

3. 鏈条鋸（鋸齒可換）在煤炭工業中大多 是作為 礮煤機上的切削工具用的（圖 9），而在采石場上則用來開采較軟的石灰岩塊石。

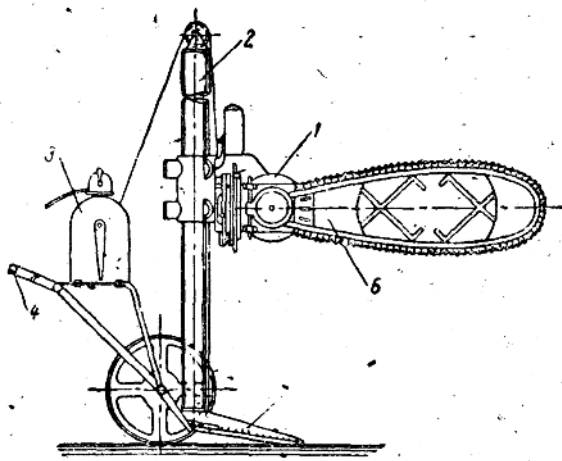


圖 9 在采石場上開采筑牆用石料的KBQ-3a 型鏈条式割煤機
1—電動機；2—立柱；3—卷揚機；4—手柄；5—托架；6—切割器

鏈条鋸是由許多鉸鏈環節構成的，因此成本很高，鋸口的寬度也很大，磨損也較快。

第三類鋸石機就是圓盤鋸式銑床，這類機械在其他材料的加工方面也廣泛採用。它的主要優點是結構簡單，而且具有固定的和很高的切削圓周速度。在其他條件相同的情況下，圓盤鋸發動機功率的增長與圓盤的半徑成正比。發動機功率的大小對鋸口的深淺影響很大。如果採用直徑大的圓盤和功率高的發動機時，就可得到深的鋸口。圓盤鋸的功率增長還

与锯截岩石的强度直接相关。因此，在采石料的銑床上使用直徑达600公厘的圓盘鋸最为广泛；而使用直徑約1公尺的圓盘鋸就較少，使用直徑更大的圓盘鋸則更少。

在一般的銑床上，切削圓盘是固定在二个墊圈之間的軸上，鋸口的可能深度要比圓盘的半徑小，因此A·M·斯托辽洛夫設計的环形銑刀就特別有用。这种銑刀是一种偏心的固定圓盘（图10）。圓盘周圍是一圈齒輪緣，装硬質合金的外齿

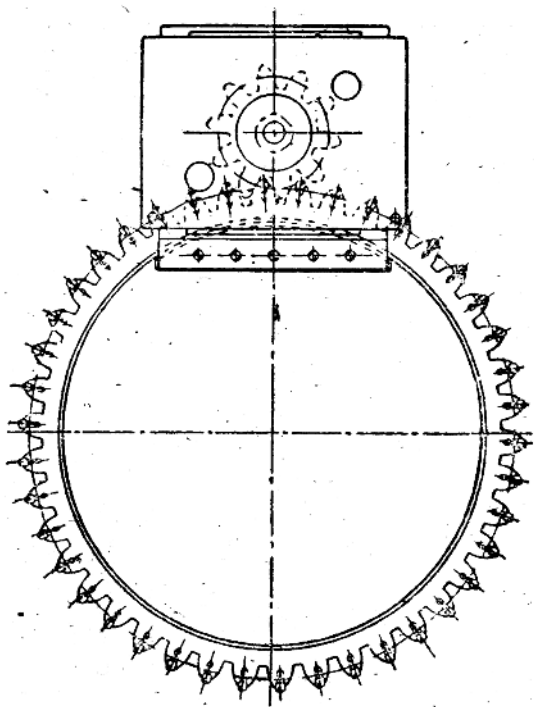


图 10 A·M·斯托辽洛夫設計的环形銑刀